



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Διπλωματική Εργασία

Ροδοκανάκης Ιωάννης

Επιβλέπων Καθηγητής:

Τσουκαλάς Ελευθέριος

Βόλος 2018



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Διπλωματική Εργασία

Ροδοκανάκης Ιωάννης

Επιβλέπων Καθηγητής:

Τσουκαλάς Ελευθέριος

Βόλος 2018



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**POWER GENERATION UNITS IN MODERN POWER
SYSTEMS**

Diploma Thesis

IOANNIS RODOKANAKIS

Supervisor:
Tsoukalas Eleftherios

Volos 2018

Η διπλωματική αυτή καθώς και το πτυχίο, είναι αφιερωμένα στα δύο πρόσωπα που με στήριξαν και με καθοδήγησαν όλα αυτά τα χρόνια... Στην μνήμη του αδερφού μου και στην μητέρα μου..

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι οι "Μονάδες Παραγωγής σε Σύγχρονα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας".

Κύριος στόχος είναι η παρουσίαση και ανάλυση της λειτουργίας των μονάδων αυτών και ακολούθως η μελέτη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων τους, μέσα από μια βιβλιογραφική επισκόπηση. Παράλληλα πραγματοποιείται και μια προσπάθεια αποτύπωσης των μελλοντικών δυνατοτήτων που διαμορφώνονται στον τομέα, συγκριτικά με το κόστος και τις γενικότερες ακολουθούμενες πολιτικές. Μεταβλητές όπως η βιωσιμότητα και η αειφορία λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη.

Στο πρώτο τμήμα της εργασίας αναφέρονται εισαγωγικά στοιχεία και βασικές πληροφορίες, που βοηθούν τον αναγνώστη να κατανοήσει το ρόλο και τη σημαντικότητα της ενέργειας στο σύγχρονο περιβάλλον. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται δεδομένα που αφορούν την τεχνολογική εξέλιξη που έχει επιτευχθεί στον κλάδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ακολούθως αναλύονται σε ξεχωριστό κεφάλαιο τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και τα πιθανά μειονεκτήματα που μπορεί να έχουν. Αναλύονται οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες αλλά και το γενικότερο θεσμικό πλαίσιο που υφίσταται και έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια της διασφάλισης της βιωσιμότητας και της αειφορίας.

Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στην πυρηνική ενέργεια, στους τρόπους αξιοποίησης της, καθώς και στα οφέλη αλλά και τα μειονεκτήματα που διαμορφώνονται από αυτήν.

Παράλληλα η εργασία δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των σταθμών παραγωγής συνδυασμένου κύκλου, που αποτελούν συνδυασμό αεριοστροβιλικού και ατμοηλεκτρικού σταθμού. Αναλύονται επίσης με λεπτομέρεια οι παράμετροι και τα δευτερεύοντα συστήματα των σταθμών. Για την εξαγωγή ορθών και πολύπλευρων συμπερασμάτων δίνονται τέλος πληροφορίες που αφορούν το κόστος λειτουργίας ενός Σ.Η.Ε.

ABSTRACT

The subject of this Diploma Thesis is the "Production Units in Modern Power Systems". The main objective is to present and analyze the function of these units and then to study their advantages and disadvantages through a bibliographic overview. At the same time, an attempt is made to capture the future potential of the sector, compared to the cost and general policies pursued. Variables such as sustainability and sustainability are particularly taken into account. In the first part of the paper are introduced introductory elements and basic information, which help the reader to understand the role and importance of energy in the modern environment. At the same time, data concerning the technological development achieved in the electricity industry are presented. Particular importance is given to the transmission and distribution networks of electricity.

The benefits of renewable energy sources, as well as the possible disadvantages they may have, are then analyzed in a separate chapter. It analyzes the technologies used as well as the general institutional framework that exists and has been developed in the framework of ensuring sustainability and sustainability.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vi
Ευρετήριο Εικόνων.....	ix
Ευρετήριο Πινάκων.....	ix
Ευρετήριο Γραφημάτων.....	ix
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
1.1 Ιστορικά και εισαγωγικά στοιχεία.....	1
1.2 Η Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα.....	4
1.3 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	5
Κεφάλαιο 2: Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	8
2.1 Μονάδες παραγωγής.....	8
2.2 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί.....	10
2.2.1 Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί.....	11
2.2.2 Είδη καυσίμων –Τεχνολογίες.....	14
2.2.3 Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).....	15
2.2.4 Οικονομική κατανομή φορτίου στους θερμικούς σταθμούς.....	16
2.2.4.1 Μορφή του προβλήματος οικονομικής κατανομής φορτίου.....	18
2.2.4.2 Κόστος εκκίνησης θερμικών μονάδων.....	19
2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – μειονεκτήματα.....	21
2.3.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	23
2.3.2 Όξινη απόθεση.....	25
2.3.3 Φωτοχημικό νέφος.....	26
2.3.4 Θερμική ρύπανση.....	28
2.4 Σταθμοί Συνδυασμένου Κύκλου.....	29
2.4.1 Πλεονεκτήματα μονάδων συνδυασμένου κύκλου.....	30
2.4.2 Διατάξεις μονάδων συνδυασμένου κύκλου.....	31
2.4.3 Λειτουργία μονάδων συνδυασμένου κύκλου.....	32
2.5 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής.....	33
Κεφάλαιο 3: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	39
3.1 Γενικά στοιχεία.....	39
3.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	41
3.3 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	42
3.4 Κλιματική αλλαγή και σχεδιασμός.....	44

3.5 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο και εφαρμογές.....	45
Κεφάλαιο 4: Πυρηνική ενέργεια.....	48
4.1 Εισαγωγή στην πυρηνική ενέργεια.....	48
4.2 Σχάση και Σύντηξη.....	48
4.3 Τύποι αντιδραστήρων.....	50
4.4 Διαφορές συμβατικών και πυρηνικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.....	53
4.5 Υπέρ και κατά.....	54
4.5.1 Οικονομία.....	57
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα-Προοπτικές.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 0. Nicola Tesla & William Stanley.....	2
Εικόνα 1. Michael Dolivo-Dobrowolsky & Haselwander.....	3
Εικόνα 2. Μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος.....	4
Εικόνες 3, 4. Εκσκαφείς εξόρυξης λιγνίτη.....	8
Εικόνα 5. Συμβατική μονάδα παραγωγής Η.Ε. με χρήση λιγνίτη.....	10
Εικόνα 6. Ατμοηλεκτρικός Σταθμός Πτολεμαΐδας.....	10
Εικόνα 7. Λειτουργία θερμοηλεκτρικού σταθμού.....	11
Εικόνα 8. Εγκατάσταση μετατροπής καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια.....	12
Εικόνα 9. Εγκατάσταση ατμού- ύδατος ατμοηλεκτρικού σταθμού.....	13
Εικόνα 10. Τομείς που ευθύνονται για την παραγωγή αερίων θερμοκηπίου.....	24
Εικόνα 11. Διάγραμμα Υδροηλεκτρικού Σταθμού.....	36
Εικόνα 12. Τύποι συστημάτων αιολικής ενέργειας.....	42
Εικόνα 13. Πυρηνική σχάση με βομβαρδισμό με νετρόνιο.....	49

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Πηγές και τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	6
Πίνακας 2. Συμμετοχή ενεργειακών πρώτων υλών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	15
Πίνακας 3. Χρόνοι εκκίνησης ανάλογα με τον χρόνο κράτησης.....	20
Πίνακας 4. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας.....	23
Πίνακας 5. Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης αερίων του θερμοκηπίου.....	24
Πίνακας 6. Εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικής ενέργειας ΑΠΕ.....	40
Πίνακας 7. Ενεργειακές επενδύσεις.....	45
Πίνακας 8. Κόστος kWh (cents/kWh) για το έτος 2015.....	58

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1. Η κατανομή της εγχώριας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (έτος 2013).....	7
Γράφημα 2. Εκτίμηση διείσδυσης ΑΠΕ.....	40
Γράφημα 3. Πρωτογενής προσφορά ενέργειας.....	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

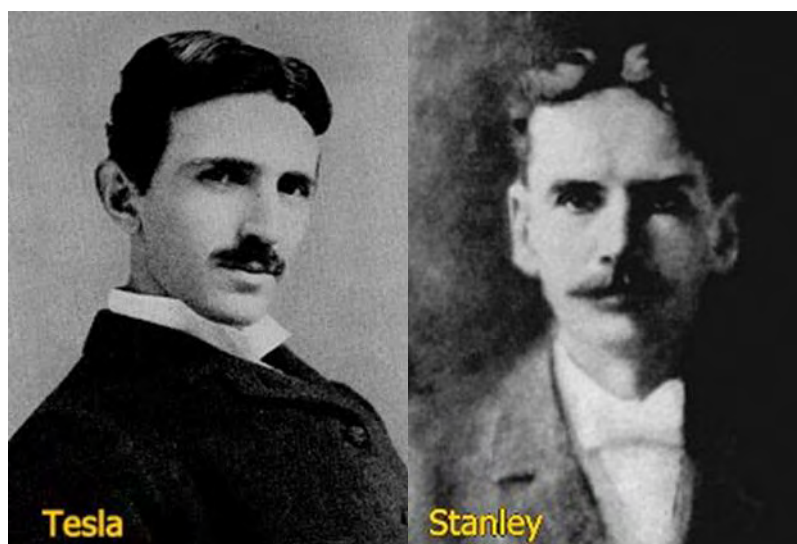
1.1 Ιστορικά και εισαγωγικά στοιχεία

Αναμφίβολα και αποδεδειγμένα πλέον στην εποχή μας η ηλεκτρική ενέργεια βρίσκεται στον πυρήνα των σύγχρονων δραστηριοτήτων. Η επιβίωση αλλά και η ευημερία του σύγχρονου ανθρώπου στηρίζεται σε αυτό το είδος ενέργειας, αλλά και στα υπόλοιπα που συνδέονται με αυτήν.

Από τα μέσα του 19ου αιώνα, μεγάλη μερίδα επιστημόνων, μελετητών, ακόμη και οραματιστών γενικότερα, ασχολήθηκαν και ερεύνησαν την ηλεκτρική ενέργεια εισάγοντας έννοιες όπως το εναλλασσόμενο και πολυφασικό ρεύμα, τους επαγωγικούς κινητήρες κ.α. και κατ' επέκταση διαμορφώνοντας τα θεμέλια ανάπτυξης της επιστήμης της ηλεκτρικής μηχανικής. Πρόκειται σε κάθε περίπτωση για την επιστήμη αυτή που συνδυάστηκε με άλλες και εξακολουθεί να αποτελεί βασικό παράγοντα που λαμβάνεται υπόψη σε ποικίλες εκφάνσεις της καθημερινής σύγχρονης ζωής. (Μαυρογιάννης, 2006)

Πως ορίζεται όμως ουσιαστικά η ηλεκτρική ενέργεια; Είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα και αυτό προσδιορίζεται στο πλαίσιο μιας διαφοράς δυναμικού μεταξύ 2 πόλων, όπου τα ηλεκτρόνια αναπτύσσουν μια κινητική ενέργεια.

Έτος ορόσημο αποτέλεσε για τον εξεταζόμενο κλάδο το έτος 1881, όπου ξεκίνησε η λειτουργία της πρώτης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο Godalming της Αγγλίας, με ισχύ 746 kW. Πρόκειται φυσικά για την περιοχή αυτή που απέκτησε και τον πρώτο δημόσιο ηλεκτρικό φωτισμό, αρχικά με 3 λάμπες βολταϊκού τόξου και 7 λάμπες πυρακτώσεως και έπειτα από λίγα χρόνια με 4 και 27 λάμπες. Εκ της εταιρείας Siemens ήταν η παροχή της πρώτης μονοφασικής γεννήτριας που υποστήριζε 250V/12A με 1.200 στροφές/ min. Η γεννήτρια ωθείτο σε κίνηση από δύο υδρόμυλους και η λειτουργία της ήταν πλήρης σε περιόδους βροχοπτώσεων. (Μαυρογιάννης, 2006)



Εικόνα 0. Nicola Tesla & William Stanley

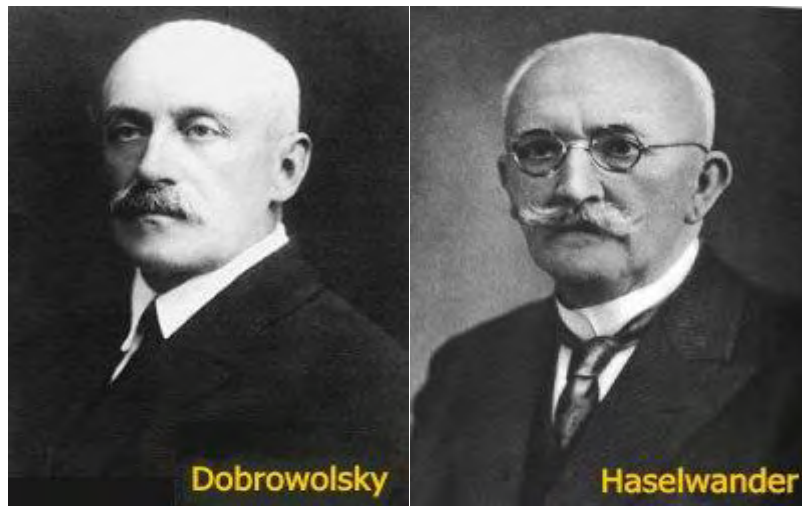
Ένα έτος αργότερα η Γερμανία ακολούθησε τα βήματα της Αγγλίας και υποστήριξε την εγκατάσταση της πρώτης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Στουτγάρδη. Βάσει αυτής μπορούσε να τροφοδοτήσει συνολικά έως 30 λάμπες πυρακτώσεως (δηλαδή περίπου 1,5 KW). Πρόκειται για το έτος αυτό όπου απέκτησαν φωτισμό πολλοί δρόμοι της πόλης του Βερολίνου με χαμηλής ισχύος λάμπες. Στην περιοχή αυτή το 1885 έγινε η εγκατάσταση του μεγαλύτερου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που τροφοδοτούσε καταναλωτές σε απόσταση έως και 800μ. (Μαυρογιάννης, 2006)

Στο προαναφερόμενο έτος (1885) εντάσσεται και η κατασκευή του πρώτου μετασχηματιστή ισχύος από τον William Stanley. Βάσει αυτής, ήταν δυνατή η μεταβολή της εναλλασσόμενης τάσης ανάλογα με συγκεκριμένες απαιτήσεις. Έτσι επικράτησε σταδιακά το εναλλασσόμενο ρεύμα. Το ίδιο χρονικό διάστημα πραγματοποιήθηκαν και πολλά πειράματα που σχετίζονταν με ανεξάρτητα εναλλασσόμενα ρεύματα. Στον Ιταλό Ferraris αποδίδεται η ανακάλυψη πως δύο εναλλασσόμενα ρεύματα ίδιας συχνότητας αλλά διαφορετικής αρχικής φάσης δημιουργούσαν στο χώρο ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. (Μαυρογιάννης, 2006)

Το έτος 1886 ο George Westinghouse κατάφερε να εγκαταστήσει επιτυχώς μία μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας με εναλλασσόμενη τάση στο Barrington της Μασαχουσέτης. Πρόκειται για το έτος αυτό όπου κατασκευάστηκε και στη Γερμανία μια τριφασική γραμμή που τροφοδοτείτο από 3 μονοφασικούς κινητήρες. Στον Haselwander το 1887 αποδίδεται η κατασκευή της πρώτης τριφασικής γεννήτριας, ενώ στον Ρώσο-Γερμανό Michael Dolivo-Dobrowolsky η κατασκευή του πρώτου επαγωγικού τριφασικού κινητήρα. (Μαυρογιάννης, 2006)

Η ανάπτυξη του κλάδου ήταν τέτοια μέσα στα επόμενα έτη, όπου το 1891 τροφοδοτήθηκε η πόλη της Φραγκφούρτης, σε απόσταση 175 km από το εργοστάσιο παραγωγής με βαθμό αποδόσεως 70%. Το έτος 1893 τροφοδοτούσε η εταιρία Westinghouse περί τις 250.000

λαμπτήρες στην παγκόσμια έκθεση εμπορίου του Σικάγου. Αξίζει να επισημανθεί πως ο Haselwander είχε δηλώσει την κατασκευή του για απονομή διπλώματος ευρεσιτεχνίας, αλλά κάποιες διαπλοκές των αρμόδιων υπαλλήλων με εταιρίες οδήγησαν στην εξαπάτησή του. Το έτος 1932, μετά το θάνατο του εφευρέτη, αναγνώρισαν οι εταιρίες Siemens και AEG ότι η ευρεσιτεχνία των μηχανών που κατασκεύαζαν προερχόταν από την αίτηση και τα τεχνικά σχέδια του Haselwander. (Μαυρογιάννης, 2006)



Εικόνα 1. Michael Dolivo-Dobrowolsky & Haselwander

Αναμφίβολα δεκαετίες ορόσημα στον ηλεκτρολογικό κλάδο αποτέλεσαν το 1880 και το 1890, καθώς σε αυτές σημειώθηκαν σημαντικές εφευρέσεις και εξελίξεις.

Η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τη μια πλευρά έθεσε σημαντικά προβλήματα στην παραγωγή και από την άλλη λειτούργησε ως μοχλός εύρεσης τρόπων επίλυσης των προβλημάτων αυτών και εντοπισμού διεξόδων. Ουσιαστικά αναζητήθηκε μια νέα κινητήρια μηχανή, καθώς η ατμομηχανή δεν ήταν δυνατό να καλύψει και να υποστηρίξει τις ανάγκες. Η κατασκευή ατμοστροβίλων αποτέλεσε μια σημαντική λύση. Οι πρώτες μονάδες σταθερής απόδοσης κατασκευάστηκαν το 1884 από τον Parsons και το 1899 από τον Laval. (Μαυρογιάννης, 2006)

Έτος σταθμό αποτελεί και το 1893 όπου ο Γερμανο-Αμερικάνος μηχανικός Charles Steinmetz διατύπωσε τη μαθηματική περιγραφή των εναλλασσόμενων μεγεθών του ηλεκτρικού κυκλώματος, χρησιμοποιώντας το μιγαδικό συμβολισμό προς απλοποίηση των πολύπλοκων τριγωνομετρικών εξισώσεων.

Το έτος 1903 κατασκευάστηκε ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός στην πόλη Nexaca του Μεξικού με ισχύ 6,25 MVA και η λειτουργία του συνεχίζει ακόμη και σήμερα. Δύο χρόνια αργότερα ξεκίνησε η λειτουργία της γραμμής υψηλής τάσης 50kV στην περιοχή του Μονάχου

και το 1909 της γραμμής 100kV με μήκος 290 km στο Sohshona-Boulder των ΗΠΑ. (Μαυρογιάννης, 2006)

Η καθολική ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας συνέβαλε καθοριστικά στην μεταβολή του αστικού και μη αστικού τοπίου (γενικότερα του περιβάλλοντος). Καθοριστική είναι η συμβολή των εναέριων γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2. Μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος

1.2 Η Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα

Η χώρα μας υποδέχθηκε τον ηλεκτρισμό το έτος 1889. Αναφορικά με σχετικά στοιχεία της ΔΕΗ, η "Γενική Εταιρεία Εργοληψιών" ήταν αυτή που κατασκεύασε στην Αθήνα και συγκεκριμένα επί της οδού Αριστείδου, την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα Ανάκτορα αποτέλεσαν το πρώτο κτίριο της χώρας που φωτίστηκε. Σταδιακά ο ηλεκτροφωτισμός επεκτάθηκε σε όλο το κέντρο της Αθήνας και την Θεσσαλονίκη¹.

Ο φωτισμός της Αθήνας ήταν έργο που ανέλαβε η "Βελγική Εταιρία" από τις τουρκικές αρχές με την κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Έπειτα από μια δεκαετία εμφανίστηκαν στην Ελλάδα πολλές πολυεθνικές εταιρίες ηλεκτρισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αμερικανική εταιρία Thomson- Houston, όπου υπό την υποστήριξη της Εθνικής Τράπεζας ίδρυσε την «Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρία» και ανέλαβε ως έργο την ηλεκτροδότηση πολλών άλλων μεγάλων αστικών και ημιαστικών κέντρων¹.

¹ http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/history.csp, Προσπελάστηκε στις 10/09/2018

Αξίζει σε αυτό το σημείο να επισημανθεί πως σε οικισμούς και γενικά απομακρυσμένες από τα αστικά κέντρα περιοχές, δεν υπήρξε ενδιαφέρον από εταιρείες να ασχοληθούν με την κατασκευή μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το έργο αυτό ανέλαβαν ιδιώτες και κυρίως κοινοτικές και δημοτικές αρχές. Χαρακτηριστικά το 1950 υπήρχαν στη χώρα περίπου 400 εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το σύνολο των υφιστάμενων μονάδων παραγωγής καθώς και τα καύσιμα που εισάγονταν ήταν οι κύριοι παράγοντες των επιπέδων που άγγιζαν οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις η τιμή διαμορφωνόταν 3-5 φορές υψηλότερα από ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Η ΔΕΗ ιδρύθηκε μετά το 1950 και οι δραστηριότητες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας συγκεντρώθηκαν πλέον σε ένα δημόσιο φορέα. Αυτό αν και εξαρχής όρισε μόνο πλεονεκτήματα, σταδιακά αποδείχθηκε πως κρύβει και μειονεκτήματα. Έτος ορόσημο αναμφίβολα αποτέλεσε το 2001, όπου πραγματοποιήθηκε η απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας βάσει σχετικής ευρωπαϊκής οδηγίας (96/92/EK). Ουσιαστικά δόθηκε έτσι η δυνατότητα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα σε ελληνικές και ευρωπαϊκές εταιρείες (εκτός της ΔΕΗ). Στο πλαίσιο της ορθής λειτουργίας και οργάνωσης αυτών υποστηρίχθηκε η δημιουργία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) και του Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ). Βασικό βέβαια στοιχείο αποτελεί το γεγονός πως οι γραμμές μεταφοράς και διανομής παρέμειναν δημόσιες και χρησιμοποιούνται με ανάλογο κόστος από τις ιδιωτικές εταιρείες.

1.3 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας (σε θεωρητικό βέβαια πλαίσιο) είναι δυνατό να επιτευχθεί από οποιαδήποτε άλλη μορφή ενέργειας. Ουσιαστικά αυτό σημαίνει πως είναι δυνατή η μετατροπή δυναμικής, θερμικής, πυρηνικής και άλλων μορφών ενέργειας σε κινητική παράγοντας κατ' επέκταση ηλεκτρικό ρεύμα. Βασική διαφορά επί της ανωτέρω μετατροπής είναι φυσικά το είδος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. (Ζιώμας, 2014)

Πλέον η παραγωγή ενέργειας στηρίζεται στις διαρκώς αναπτυσσόμενες τεχνολογίες οι οποίες και διαρκώς αναβαθμίζονται. Η εξέλιξη αυτή έχει οδηγήσει στη διαμόρφωση ενός ευρύτατου φάσματος ποικίλων τύπων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι και στηρίζονται σε διαφορετικές ενεργειακές πηγές.

Βάσει της αξιοποιούμενης πηγής ενέργειας διαμορφώνονται δύο κύριες κατηγορίες ηλεκτροπαραγωγής:

α) από συμβατικά καύσιμα, στα πλαίσια αξιοποίησης ορυκτών, στερεών, υγρών ή αερίων ευρισκόμενων στη στάθμη του υπεδάφους, σε ποικίλα βάθη.

β) από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με βασικότερες την ηλιακή και την αιολική ενέργεια.

Με βάση το χρησιμοποιούμενο καύσιμο κατά την παραγωγή διακρίνονται οι ακόλουθοι σταθμοί²:

- Πυρηνικοί σταθμοί
- Θερμικοί σταθμοί
- Υδροηλεκτρικοί σταθμοί.
- Σταθμοί ΑΠΕ που περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:
 - Ηλιακά- φωτοβολταϊκά, που στηρίζονται στην ηλιακή ενέργεια
 - Αιολικά πάρκα
 - Μικρά υδροηλεκτρικά
 - Θερμικοί σταθμοί με βασικό καύσιμο τη βιομάζα
 - Γεωθερμικοί σταθμοί
 - Συστήματα εκμεταλλεζόμενα την κινητική ενέργεια των κυμάτων και την παλιρροϊκή ενέργεια.

Επί των θερμικών σταθμών επιτυγχάνεται μετατροπή της θερμότητας σε μηχανική ενέργεια και έπειτα σε ηλεκτρική. Ανάλογα και επί των υδροηλεκτρικών σταθμών πραγματοποιείται μετατροπή την ενέργειας του νερού πρώτα σε μηχανική και έπειτα σε ηλεκτρική.

Τα χρησιμοποιούμενα μέσα και οι μηχανές καθορίζουν την διάκριση των θερμικών σταθμών σε ατμοηλεκτρικούς και αεριοστροβιλικούς. Αντίστοιχη διάκριση υφίσταται και για τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, που χαρακτηρίζονται ως σταθμοί χαμηλής πίεσης (<20 m), μέσης (20-100 m) και υψηλής (>100 m). Μια επιπλέον διάκριση διαμορφώνεται και βάσει της προέλευσης του νερού. Αν η προέλευση είναι από την συνεχή ροή ενός ποταμού ή από μια δεξαμενή έχουμε τους σταθμούς φυσικής ροής ή δεξαμενής.

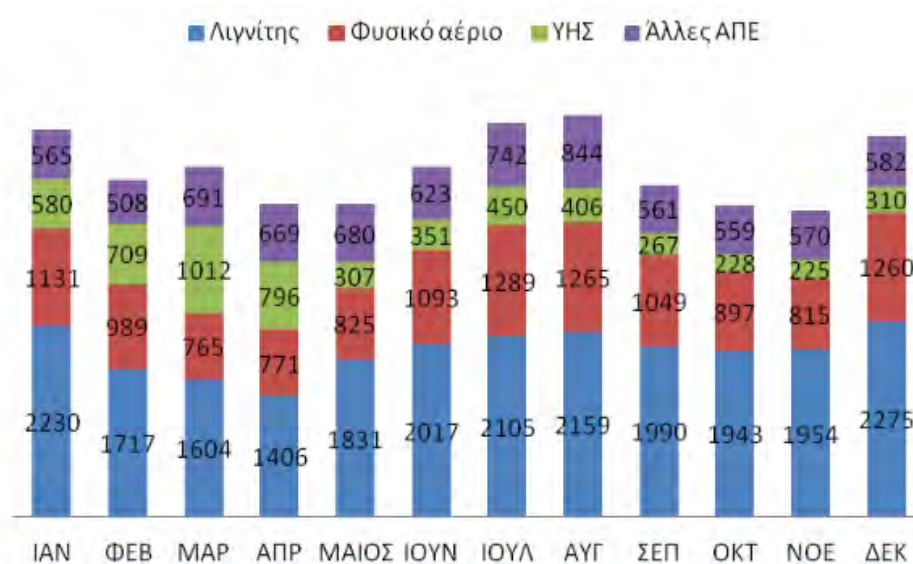
Πίνακας 1. Πηγές και τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμβατικά καύσιμα	Στερεά	1α. Λιθάνθρακας 1β. Λιγνίτης
	Υγρά	2α. Ντίζελ 2β.Μαζούτ

² <http://www.ypeka.gr/>

	3. Αέρια	2γ.Νερό Φυσικό αέριο (Φ.Α.)
<u>Α.Π.Ε.</u>	Ηλιακά/ΦΒ Αιολικά Βιομάζα Γεωθερμία Κύματα/Παλίρροια	

Στο ακόλουθο γράφημα παρουσιάζεται η κατανομή της εγχώριας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2013. Πρόκειται για δημοσιευμένα στοιχεία προερχόμενα από τον ΑΔΜΗΕ. Τα ποσοστά που κατέχει ο λιγνίτης αποδεικνύουν την μεγάλη εξάρτηση του κλάδου από αυτόν.



Γράφημα 1. Η κατανομή της εγχώριας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (έτος 2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Μονάδες παραγωγής – Τεχνολογίες

Επί των θερμικών, υδροηλεκτρικών και γενικότερα εναλλακτικών σταθμών πραγματοποιείται η παραγωγή της ηλεκτρικής ισχύος που διοχετεύεται στα διασυνδεδεμένα δίκτυα.

Αξίζει να επισημανθεί πως τα καύσιμα ή και το μίγμα αυτών που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι το ίδιο για κάθε χώρα. Αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα διαθέσιμα ενεργειακά αποθέματα και τις διαθέσιμες πρώτες ύλες αξιοποίησης, το πολιτικό και νομικό πλαίσιο κάθε κράτους και φυσικά τις υπόλοιπες ιδιαιτερότητες του. Συγκεκριμένα στη χώρα μας, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υποστηρίζεται σε μεγάλο βαθμό (σχεδόν 50%) από την καύση του λιγνίτη στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Πλέον σημαντικό ποσοστό κατέχουν και οι σταθμοί χρήσης φυσικού αερίου (25%), καθώς και οι ΑΠΕ και τα υδροηλεκτρικά έργα (17%).

Ένας εκ των σημαντικότερων χώρων των λιγνιτικών κέντρων είναι τα ορυχεία. Πρόκειται για κρατήρες μεγάλου πλάτους και βάθους (έως και 300 μ.) διαμορφωμένους σε επίπεδα. Στους χώρους αυτούς η εξόρυξη γίνεται με μεγάλους εκσκαφείς (Εικόνες 3, 4). Τα προϊόντα εκσκαφής είναι εκτός από τον λιγνίτη και πολλά άλλα άγονα χώματα, τα οποία μέσω των αποθετών τοποθετούνται σε ειδικούς χώρους.



Εικόνες 3, 4. Εκσκαφείς εξόρυξης λιγνίτη

Μέσω των ατμοηλεκτρικών σταθμών πραγματοποιείται η μετατροπή της χημικής ενέργειας του λιγνίτη σε ηλεκτρική. Ο εξορυγμένος λιγνίτης μεταφέρεται στο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ταινιόδρομων και κατόπιν είτε αποθηκεύεται, είτε θρυμματίζεται (από τους σπαστήρες) σε μικρότερα κομμάτια μέγιστης διαμέτρου 4 cm. Ο λιγνίτης που έχει υποστεί θρυμματισμό, μεταφέρεται σε ειδικά σιλό και η καύση του πραγματοποιείται στο λέβητα της μονάδας. Με την καύση εκλύεται ποσότητα θερμικής ενέργειας που ατμοποιεί το νερό. Ο υπέρθερμος ατμός που δημιουργείται εκτονώνεται σε στρόβιλο υψηλής πίεσης προς παραγωγή ωφέλιμου έργου. Ακολούθως ο ατμός οδηγείται και πάλι στο λέβητα της μονάδας με σκοπό την αναθέρμανση του και εν συνεχεία εκτονώνεται σε στρόβιλο μέσης και χαμηλής πίεσης προς παραγωγή νέου ωφέλιμου έργου.³

Η μονάδα διαθέτει επίσης ψυγείο, όπου εκεί ο εισερχόμενος ατμός συμπυκνώνεται με χρήση ψυκτικού νερού. Ο ατμός που συμπυκνώνεται προθερμαίνεται μέσω εναλλακτών θερμότητας και ακολούθως ειδικές αντλίες τον κατευθύνουν στο λέβητα. Έτσι ορίζεται ένας θερμικός κύκλος.³

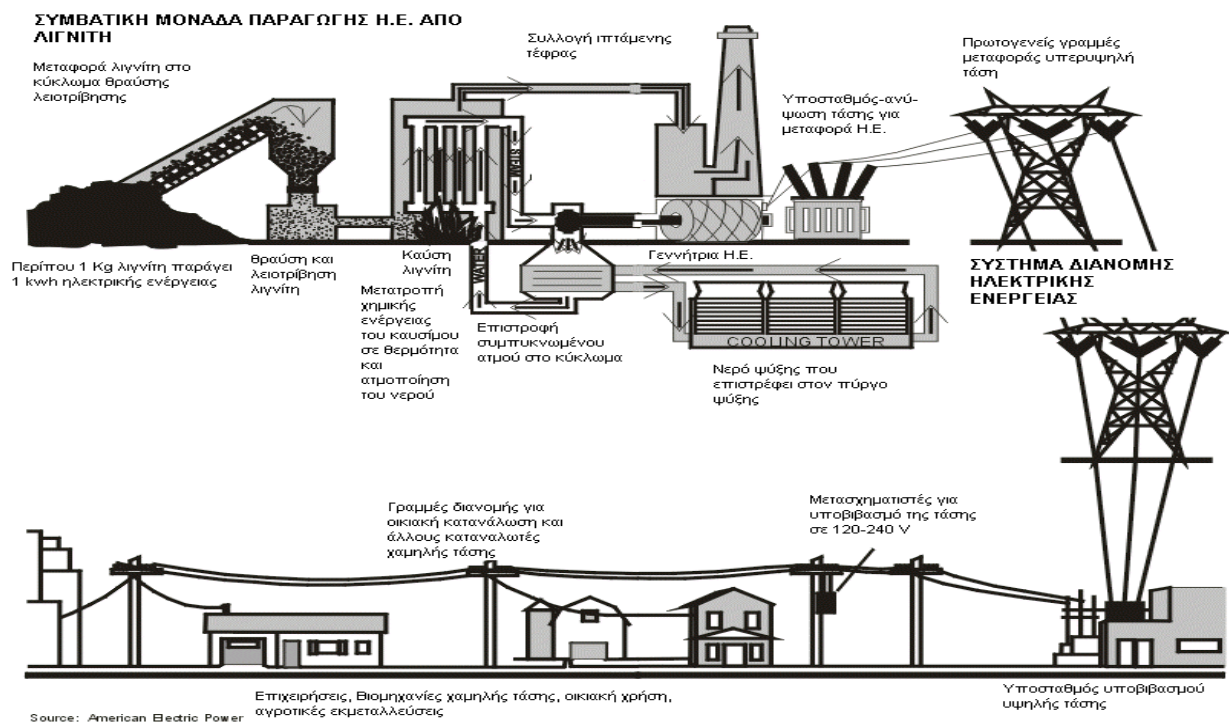
Η θερμική ενέργεια από το ψυκτικό νερό, αποβάλλεται στον πύργο ψύξης και μέσω της διαδικασίας του καταιονισμού εξάγεται μια ποσότητα νερού ως ατμός ή σταγονίδια. Στον άξονα του στρόβιλου υπάρχει συνδεδεμένη γεννήτρια, μέσω της οποίας μετατρέπεται η κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. (ΙΤΕΣΚ)

Αξίζει να επισημανθεί ότι μετά την εκμετάλλευση του λιγνίτη από τις αντίστοιχες περιοχές όπου εντοπίζονται τα κοιτάσματα του, γίνονται όλες οι απαραίτητες επεμβάσεις προς αποκατάσταση της φυσικής ισορροπίας. Η αποκατάσταση αυτή πραγματοποιείται με κατάλληλη τοποθέτηση άγονων χωμάτων, φύτευση των εκτάσεων, δημιουργία τεχνητών λιμνών και ταυτόχρονη παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων (ποιότητα αέρα, υπόγειων και επιφανειακών νερών, θορύβου κ.α.). Χαρακτηριστικά στην Πτολεμαΐδα έχουν φυτευτεί πειραματικές καλλιέργειες και έχει διαμορφωθεί θερμοκήπιο, ενώ στη Μεγαλόπολη έχουν δημιουργηθεί κατάλληλοι χώροι για εκτροφή θηραμάτων και πτηνών. (ΙΤΕΣΚ)

Στην ακόλουθη εικόνα περιγράφονται όλα τα συστήματα που συμμετέχουν σε μια συμβατική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση λιγνίτη.

³ Περιβάλλον και διαχείριση ενέργειας

<http://www.allaboutenergy.gr/LigniteMacedonia.html>



Εικόνα 5. Συμβατική μονάδα παραγωγής Η.Ε. με χρήση λιγνίτη.

Τόσο τα λιγνιτωρυχεία όσο και οι σταθμοί παραγωγής είναι σε λειτουργία συνεχώς όλο το χρόνο φροντίζοντας για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στη χώρα.



Εικόνα 6. Ατμοηλεκτρικός Σταθμός Πτολεμαΐδας

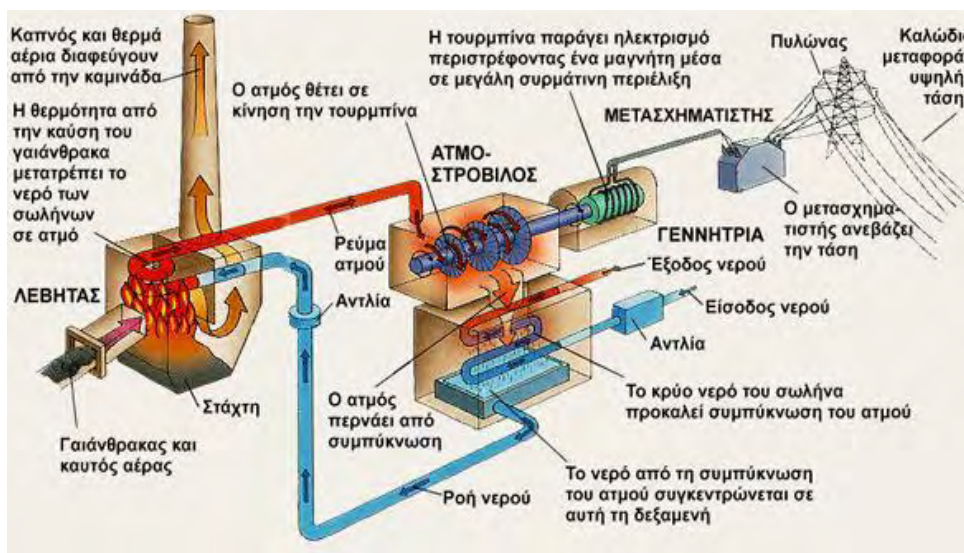
2.2 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΘΗΣ)

Οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΘΗΣ) διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (ΑΗΣ)
- πυρηνικούς σταθμούς

Η λειτουργία των θερμοηλεκτρικών σταθμών (εικόνα 7) στηρίζεται σε λέβητες -ο αριθμός των οποίων ποικίλει- και ως βασικό υλικό/ καύσιμο έχουν τον λιγνίτη, το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο.

Πέραν των ατμοηλεκτρικών ή πυρηνικών σταθμών βέβαια υπάρχουν και οι πετρελαϊκοί σταθμοί, καθώς και οι σταθμοί φυσικού αερίου που βάσει των χρησιμοποιούμενων μηχανών εσωτερικής καύσης διακρίνονται σε εμβολοφόρες ντιζελογεννήτριες (Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη) και αεριοστρόβιλους (gas turbines).



Εικόνα 7. Λειτουργία θερμοηλεκτρικού σταθμού

2.2.1 Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής (ΑΗΣ)

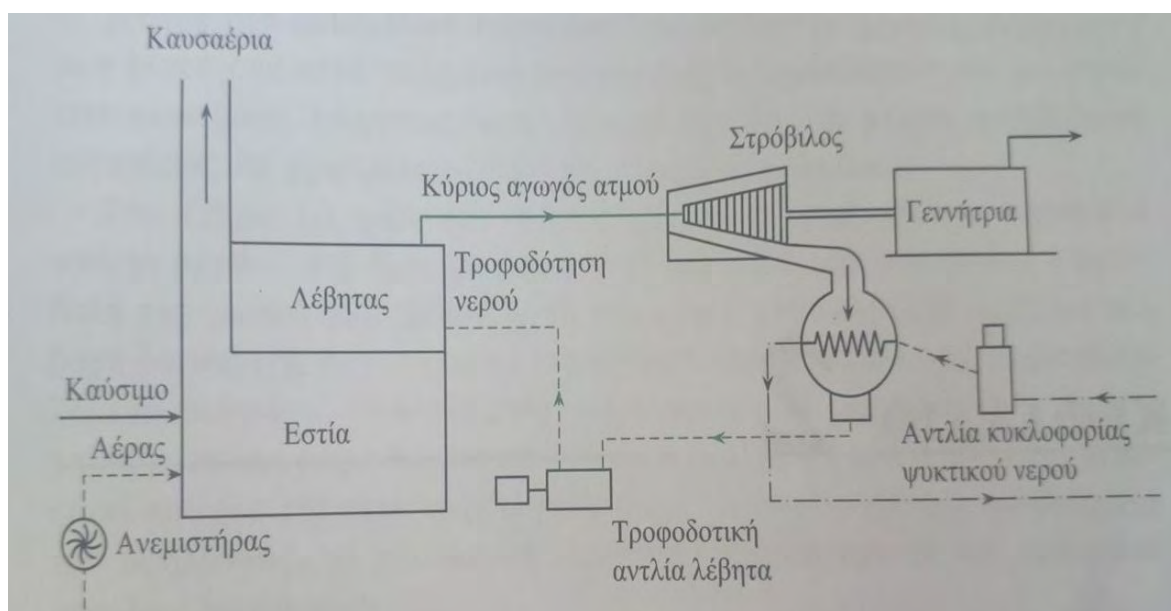
Στο πλαίσιο της επίτευξης του στόχου για υψηλές ποσότητες παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά βάση χρησιμοποιούνται οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί, όταν βασικός συντελεστής που τίθεται είναι η οικονομία και τα χαμηλά κόστη παραγωγής. Ειδικότερα στην Ελλάδα βασικό χρησιμοποιούμενο καύσιμο αυτών (όπως ήδη προαναφέρθηκε) είναι ο λιγνίτης και σε δεύτερο βαθμό το πετρέλαιο. Κύριο πλεονέκτημα των ατμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής είναι η συνεχής εργασία αυτών επί μεγάλα χρονικά διαστήματα, με ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης. Περιλαμβάνουν δύο μέρη: το μηχανολογικό μέρος και το ηλεκτρολογικό μέρος.

Ο λέβητας, ο στρόβιλος και ο συμπυκνωτής αποτελούν τον κορμό του μηχανολογικού μέρους. Εκ της καύσης που πραγματοποιείται στο λέβητα θερμαίνεται νερό μέχρι την ατμοποίηση του. Ακολούθως με την εκτόνωση του ατμού προωθείται η κίνηση του ατμοστρόβιλου και επιτυγχάνεται υγροποίηση. Το νερό με την υψηλή θερμότητα που έχει, θερμαίνεται εκ νέου μέσω του λέβητα και ακολουθεί ατμοποίηση. Εδώ ουσιαστικά επιτυγχάνεται μετατροπή της χημικής ενέργειας σε μηχανική.

Μια ηλεκτρογεννήτρια και ένας μετασχηματιστής αποτελούν αντίστοιχα τα βασικά μέρη του ηλεκτρολογικού μέρους. Η ηλεκτρογεννήτρια θέτεται σε κίνηση μέσω της περιστροφής του αμοστροβίλου και έτσι παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μετασχηματίζεται από 15 KV σε επιλεγόμενη τάση. Εδώ ουσιαστικά επιτυγχάνεται μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

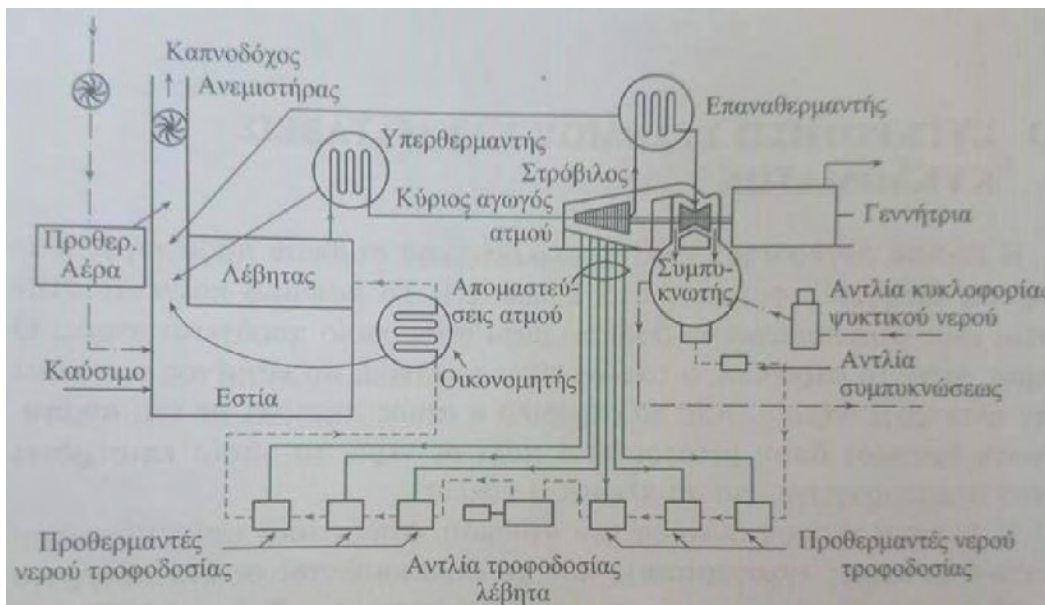
Σύνηθες φαινόμενο είναι η παράλληλη λειτουργία πολλών αμοηλεκτρικών σταθμών με ειδικό- ξεχωριστό μετασχηματιστή για κάθε μονάδα. Αυτόματοι διακόπτες αναλαμβάνουν την προστασία γεννήτριας και μετασχηματιστών από βραχυκυκλώματα και λοιπά απρόβλεπτα προβλήματα.

Στην ακόλουθη εικόνα 8 παρουσιάζεται η "συνδεσμολογία" και τα μέρη λειτουργίας ενός αμοηλεκτρικού σταθμού. Ο στρόβιλος κινείται από τον ατμό, ο οποίος με τη σειρά του κινεί την ηλεκτρογεννήτρια. Ο ατμός ουσιαστικά οδηγείται σε ένα συμπυκνωτή για να μετατραπεί σε υγρό (νερό) και να επανέλθει στον αμοπαραγωγό. Πρόκειται για ένα κλειστό κύκλωμα. Σημαντικός είναι ο ρόλος του υπερθερμαντή που λειτουργεί ένα στάδιο πριν την βαθμίδα υψηλής πίεσεως του στροβίλου. Στο κύκλωμα ένα στάδιο μετά τον συμπυκνωτή συμμετέχει και μια σειρά προθερμαντών και αντλιών, που έργο τους είναι η προθέρμανση του ύδατος και η τροφοδότηση του λέβητα. Η θέρμανση των προθερμαντών πραγματοποιείται με ατμό.



Εικόνα 8. Εγκατάσταση μετατροπής καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια

Στην ακόλουθη εικόνα 9 παρουσιάζεται το κύκλωμα του ύδατος ψύξεως του συμπυκνωτή με την αντλία κυκλοφορίας του, ο προθερμαντής του αέρα καύσεως και οι ανεμιστήρες αέρα και καυσαερίων.



Εικόνα 9. Εγκατάσταση ατμού- ύδατος ατμοηλεκτρικού σταθμού

Θα πρέπει να επισημανθεί πως τα επίπεδα των καταναλώσεων είναι πολύ υψηλά για μια ατμοηλεκτρική μονάδα. Συγκεκριμένα, για την υποστήριξη της κίνησης των κινητήρων, των αντλιών, του φωτισμού κ.α. αξιοποιείται ποσοστό 10% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται. Ειδικότερα αναφορικά με την επιλεγόμενη θέση του σταθμού παραγωγής σημαντικά ζητήματα που τίθενται και που ανακύπτουν είναι τα επίπεδα ζήτησης, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και φυσικά το κόστος για την μεταφορά του καυσίμου.

Αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την κατασκευή ατμοηλεκτρικών σταθμών θα πρέπει να επισημανθούν τα ακόλουθα. Η λειτουργία των σταθμών στηρίζεται στην χρήση μεγάλων ποσοτήτων νερού που ψύχονται. Το νερό που επιστρέφει όμως στη λίμνη ή τη θάλασσα από την οποία προέρχεται έχει πλέον χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την ισορροπία των φυσικών υδάτων. Η μόλυνση της ατμόσφαιρας επηρεάζεται καθοριστικά από την καύση άνθρακα και πετρελαίου. Τα οξείδια του θείου και του αζώτου που εκλύονται προκαλούν επιπλέον επιβάρυνση. Ο περιορισμός της εκπομπής επικίνδυνων σωματιδίων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση ειδικών φίλτρων.

Ειδικότερα τα εκπεμπόμενα οξείδια του αζώτου συνδυαστικά με τους άκαυστους υδρογονάνθρακες σε κατάλληλο ατμοσφαιρικό περιβάλλον δημιουργούν την καλούμενη φωτοχημική καπνομίχλη.

2.2.2 Είδη καυσίμων – Τεχνολογίες

ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Η δημιουργία του ξεκίνησε πριν από εκατομμύρια χρόνια σε μεγάλα πάχη στρωμάτων (της τάξης των εκατοντάδων μέτρων). Διαμορφώθηκε ουσιαστικά από υπολείμματα ποικίλων ζωντανών οργανισμών της θάλασσας κατά την ανάμειξη τους με γεωλογικά υλικά (πετρώματα κλπ). Τα διάφορα είδη γεωλογικά φαινόμενα που έλαβαν χώρα ανά τους αιώνες, οδήγησαν στον εγκλωβισμό της οργανικής αυτής ύλης εντός στρωμάτων/ στοιβάδων με πόρους. Συνθήκες όπως υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες συνέβαλαν στον μετασχηματισμό της οργανικής ύλης σε υγρούς υδρογονάνθρακες.

Το πετρέλαιο αποτέλεσε το υλικό αυτό που χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σταδιακά και κυρίως λόγω της ενεργειακής κρίσης και της αύξησης της τιμής του πετρελαίου, επισημάνθηκε και υπερτονίστηκε ο περιορισμός των αποθεμάτων και τα ζητήματα εξάντλησης τους. Παράλληλα αποτέλεσε θέμα ποικίλων συζητήσεων η αντικατάσταση του με άλλα υλικά και η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η μεταφορά όμως του πετρελαίου και η υψηλή θερμογόνος δύναμη του είναι στοιχεία που διαμορφώνουν σημαντικά πλεονεκτήματα για τη χρήση του και το αναδεικνύουν κορυφαίο καύσιμο έναντι άλλων.

Βέβαια το αργό πετρέλαιο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί μόνο μέσα από την πραγματοποίηση ειδικών διεργασιών προς διαχωρισμό του σε υδρογονάνθρακες ποικίλου ειδικού βάρους και σημείου ζέσεως.

ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Πρόκειται για ένα φυσικό προϊόν ευρισκόμενο σε υπόγεια στρώματα της γης. Είναι δυνατό να εντοπισθεί είτε μόνο του είτε πλησίον κοιτασμάτων πετρελαίου. Αποτελεί μίγμα υδρογονανθράκων αέριας μορφής και βασικότερο εξ' αυτών είναι το μεθάνιο σε ποσοστό που καταλαμβάνει το 80%.

Για την μετατροπή του σε ηλεκτρική ενέργεια είναι απαραίτητη η ακολουθία μιας σειράς μεθόδων επί των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής. Μια εξ' αυτών των μεθόδων είναι η καύση με την οποία συντελείται παραγωγή ατμού. Η καύση αυτή υποστηρίζεται από ειδική τουρμπίνα. Μια άλλη διαδικασία καύσης απαιτεί ειδικούς στροβίλους προς επακόλουθη κίνηση

τουρμπίνας ατμού. Πρόκειται για την τεχνολογία αυτή που είναι γνωστή και καλείται ως "συνδυασμένου κύκλου". Με αυτήν είναι δυνατή η επίτευξη υψηλότερης απόδοσης.

ΛΙΓΝΙΤΗΣ

Οι λιγνίτες αποτελούν προϊόντα μεγάλης ενανθράκωσης της τύρφης. Κυμαινόμενο χαρακτηρίζεται το χρώμα τους καθώς διαμορφώνεται από ανοικτό έως σκούρο καστανό και λόγω της ξυλώδους μορφής τους διακρίνονται από τους πισσάνθρακες. Είναι μεγαλύτερης ηλικίας από την τύρφη και μικρότερης από τους λιθάνθρακες. Τα κοιτάσματα τους εντοπίζονται συνήθως μέσα σε λιμναία ιζήματα. Όπως ήδη προαναφέρθηκε στην Ελλάδα κοιτάσματα λιγνίτη εντοπίζονται και εκμεταλλεύονται στην Πτολεμαΐδα, τη Μεγαλόπολη, το Αλιβέρι, αλλά και τις Σέρρες και την Κύμη (Ευβοίας).

Στην Ελλάδα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από λιγνίτη αποτελεί το 67% (έτος 2004) της συνολικής παραγόμενης, εξοικονομώντας συνάλλαγμα περίπου 2,8 δις ευρώ ετησίως. Στον ακόλουθο πίνακα 2 παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν τη συμμετοχή ενεργειακών πρώτων υλών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αποδεικνύουν τη σημαντικότητα του λιγνίτη. (Παπανικολάου – Κώτης, 2005)

Βάσει στοιχείων του 2012, το ποσοστό συμμετοχής του λιγνίτη στη συνολική παραγόμενη ενέργεια είναι περίπου 50% και ακολουθούν το φυσικό αέριο με 25%, οι ΑΠΕ και τα υδροηλεκτρικά με 13%. Το υπόλοιπο ποσοστό παραγόμενης ενέργειας διαμορφώνεται από εισαγωγές γειτονικών χωρών.

Πίνακας 2. Συμμετοχή (%) ενεργειακών πρώτων υλών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Έτος	Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο	Υδροηλεκτρικά
1998	75,8	10,0	4,2	10,0
2000	69,2	9,2	12,5	9,1
2002	69,8	7,6	15,0	7,6
2004	67,5	5,6	16,7	10,2

(Πηγή: http://library.tee.gr/digital/m2069/m2069_papanikolaou.pdf)

2.2.3 Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ)

Στο πλαίσιο συγκεκριμένων συνθηκών και για χαμηλά επίπεδα ισχύος υποστηρίζεται η εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μηχανές εσωτερικής καύσης.

Πρόκειται για σταθμούς που προτείνονται προς εγκατάσταση σε περιοχές με μικρή ζήτηση και όταν οι εγκαταστάσεις απαιτούν για την κατασκευή τους υψηλό κόστος. Βασικά πλεονεκτήματα των μηχανών εσωτερικής καύσης είναι τα ακόλουθα:

- εύκολη λειτουργία
- απλές απαιτούμενες εγκαταστάσεις
- υψηλός βαθμός απόδοσης
- απαιτήσεις για μικρούς χώρους των εγκαταστάσεων
- απαιτήσεις για περιορισμένο δυναμικό

Αναφορικά με τα βασικότερα μειονεκτήματα των μηχανών diesel, αυτά είναι οι τακτικές ανάγκες συντήρησης λόγω των βλαβών που παρουσιάζονται συχνά και το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτείται.

Εξαιρετικός χαρακτηρίζεται ο βαθμός απόδοσης των μηχανών όταν η λειτουργία τους αγγίζει το 75-80% της ονομαστικής τους ισχύος. Αυτό που πραγματοποιείται ουσιαστικά είναι συμπίεση ενός μίγματος καυσίμου και αέρα από κάποιο κύλινδρο μέσω εμβόλων και ακολουθεί την διαδικασία πρόκληση ανάφλεξης. Από την καύση δημιουργούνται πιέσεις που θέτουν τα έμβολα σε κίνηση και συγκεκριμένα ορίζουν μια παλινδρομική κίνηση, η οποία ακολούθως γίνεται περιστροφική.

Επί των μηχανών εσωτερικής καύσης η θερμότητα δεν αποτελεί την τελική μορφή ενέργειας. Οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες που στηρίζονται στις μηχανές εσωτερικής καύσης κατηγοριοποιούνται στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Σε αυτούς τους σταθμούς η τάση που παράγεται κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, είναι τριφασική και δεν απαιτείται η ύπαρξη μετασχηματιστών και διακοπών. Απαιτούμενα όργανα είναι το αμπερόμετρο, το βολτόμετρο και μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί πως είναι χαμηλές οι απαιτήσεις για το απαραίτητο προσωπικό εργασίας και παρακολούθησης των σταθμών αυτών.

2.2.4 Οικονομική κατανομή φορτίου στους θερμικούς σταθμούς

Από την στιγμή που δύο ή περισσότερες μονάδες παραγωγής συνεργάζονται για να ικανοποιήσουν την ηλεκτρική ζήτηση μιας περιοχής τίθεται το ερώτημα τι μέρος της συνολικής ζήτησης θα πρέπει να καλύψει κάθε μονάδα. Το πρόβλημα αυτό έχει προφανώς πολλές λύσεις : Αρκεί το άθροισμα των ισχύων εξόδου των μονάδων να ισούται με το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί. Αν όμως θέσουμε ως κριτήριο την όσο το δυνατόν πιο οικονομική λειτουργία του συστήματος, το πρόβλημα αποκτά μια βέλτιστη λύση. Ο προσδιορισμός αυτής της βέλτιστης λύσης είναι ο στόχος της οικονομικής κατανομής φορτίου. Οι πρώτες on-line

εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας προέκυψαν από την ανάγκη για οικονομική κατανομή του φορτίου στις θερμικές μονάδες. Σε ένα αυτόνομο, καθαρά θερμικό σύστημα το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής φορτίου ορίζεται ως το πρόβλημα του προσδιορισμού της βέλτιστης ισχύος εξόδου των εν λειτουργία θερμικών μονάδων, έτσι ώστε να καλυφθεί η ζήτηση των καταναλωτών (σε μια δεδομένη χρονική στιγμή) με το ελάχιστο συνολικό κόστος λειτουργίας των μονάδων του συστήματος.

Το κόστος λειτουργίας των θερμικών μονάδων εξετάστηκαν νωρίτερα. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες δεν αντιμετωπίζονται στα πλαίσια της οικονομικής κατανομής φορτίου, αφού το νερό δεν έχει κόστος. Τα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν ποικίλες διασυνδέσεις με γειτονικά συστήματα και είναι στη γενική περίπτωση υδροθερμικά. Το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής φορτίου ορίζεται ως εξής :

Σε μια δεδομένη χρονική στιγμή της λειτουργίας ενός συστήματος με N θερμικές μονάδες σε λειτουργία είναι γνωστά :

- α) Η συνολική ζήτηση φορτίου από τους καταναλωτές, P_d .
- β) Η συνολική παραγωγή των υδροηλεκτρικών σταθμών, P_h .
- γ) Οι συνολικές ανταλλαγές ισχύος με τα γειτονικά δίκτυα, P_{int} ($P_{int} > 0$, για εξαγωγή ισχύος).

Ζητείται η βέλτιστη έξοδος των θερμικών μονάδων P_i , $i=1,2,\dots$, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος λειτουργίας του συστήματος.

Το κόστος λειτουργίας των θερμικών μονάδων περιγράφεται από τις καμπύλες ωριαίου κόστους που είναι δεδομένες, η παραγωγή δε των υδροηλεκτρικών σταθμών θεωρείται γνωστή από την λύση του προβλήματος της υδροθερμικής συνεργασίας. Οι ανταλλαγές ισχύος με τα γειτονικά δίκτυα θεωρούνται επίσης γνωστές από την λύση του προβλήματος ανάλυσης οικονομικών ανταλλαγών. Είναι χαρακτηριστικό, ότι κατά την διάρκεια της ημέρας ο αριθμός των θερμικών μονάδων σε λειτουργία αλλάζει. Κατά την περίοδο αιχμής λειτουργούν περισσότερες μονάδες. Το πότε και ποιες θερμικές μονάδες θα λειτουργήσουν το επόμενο 24ωρο υπολογίζεται από την επίλυση του προβλήματος της ένταξης των μονάδων. Το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής φορτίου είναι ένα πρόβλημα στιγμιαίας βελτιστοποίησης. Τα δεδομένα και τα ζητούμενα του προβλήματος αναφέρονται σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή της λειτουργίας του συστήματος. Αντίθετα τα προβλήματα της ένταξης μονάδων της υδροθερμικής συνεργασίας αναφέρονται στον προγραμματισμό της λειτουργίας του συστήματος για κάποιο χρονικό ορίζοντα.

2.2.4.1 Μορφή του προβλήματος οικονομικής κατανομής φορτίου

Το πρόβλημα της οικονομικής κατανομής φορτίου μπορεί να διατυπωθεί και να επιλυθεί ως πρόβλημα βελτιστοποίησης με περιορισμούς. Στόχος του προβλήματος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους λειτουργίας, F_t , υπό τον περιορισμό η συνολική παραγωγή των θερμικών μονάδων να ισούται με την ζήτηση φορτίου από τις θερμικές μονάδες, P_r . Το φορτίο P_r που πρέπει να καλύψουν οι θερμικές μονάδες σε ένα διασυνδεδεμένο υδροθεμικό σύστημα είναι σύμφωνα με τους προηγούμενους ορισμούς $P_r = P_d - P_h + P_{int}$.

Χωρίς να χρειάζεται να υπεισέλθουμε σε περαιτέρω λεπτομέρειες θα δώσουμε ένα απλό παράδειγμα για να κατανοήσουμε την φύση του προβλήματος της οικονομικής κατανομής φορτίου:

Το σύστημα παραγωγής μιας μικρής εταιρείας αποτελείται από τρεις μονάδες :

Μονάδα 1: Μέγιστη Έξοδος: $P_{1max} = 600$ MW

Ελάχιστη Έξοδος: $P_{1min} = 150$ MW

H_1 (Gcal/h) = $165,8 + 2,32P_1 + 0,0005P_1^2$

Καύσιμο: Φυσικό αέριο Κόστος καυσίμου : 3,48 ευρώ/Gcal

Μονάδα 2: Μέγιστη Έξοδος: $P_{2max} = 400$ MW

Ελάχιστη Έξοδος: $P_{2min} = 100$ MW

H_2 (Gcal/h) = $78,3 + 2,018P_2 + 0,0005P_2^2$

Καύσιμο: Μαζούτ Κόστος καυσίμου : 3,96 ευρώ/Gcal

Μονάδα 3: Μέγιστη Έξοδος: $P_{3max} = 200$ MW

Ελάχιστη Έξοδος: $P_{3min} = 50$ MW

H_3 (Gcal/h) = $39,4 + 2,048P_3 + 0,0012P_3^2$

Καύσιμο: Μαζούτ Κόστος καυσίμου: 3,96 ευρώ/Gcal

Να υπολογισθεί το οικονομικό σημείο λειτουργίας των μονάδων του συστήματος όταν η ζήτηση φορτίου είναι 900 MW.

Λύση: Αρχικά υπολογίζονται οι καμπύλες του ωριαίου κόστους των μονάδων :

$F_1(P_1) = H_1(P_1) * 3,48 = 577 + 8,078P_1 + 0,00173P_1^2$ ευρώ/h

$F_2(P_2) = H_2(P_2) * 3,96 = 310 + 7,992P_2 + 0,002P_2^2$ ευρώ/h

$F_3(P_3) = H_3(P_3) * 3,96 = 156 + 8,11P_3 + 0,00474P_3^2$ ευρώ/h

Οι διαφορικές παραγωγίσεις δίνουν :

$$dF1/dP1 = 8,078 + 0,00346P1 = \lambda$$

$$dF2/dP2 = 7,992 + 0,004P2 = \lambda$$

$$dF3/dP3 = 8,11 + 0,00948P3 = \lambda$$

Η εξίσωση διατήρησης της ισχύος λόγω αρχής διατήρησης της ενέργειας, μας δίνει επίσης :

$$P1 + P2 + P3 = 900 \text{ MW}$$

Το παραπάνω σύστημα των τεσσάρων γραμμικών εξισώσεων λύνεται εύκολα ως προς $P1, P2, P3$ και λ ως εξής: Από τις εξισώσεις συνεργασίας υπολογίζουμε τα $P1, P2$ και $P3$ ως συναρτήσεις του λ και αντικαθιστούμε στην εξίσωση διατήρησης ισχύος που λύνεται εύκολα για το λ . Δηλαδή έχουμε:

$$P1 = (\lambda - 8,078) / 0,00346$$

$$P2 = (\lambda - 7,992) / 0,004$$

$$P3 = (\lambda - 8,11) / 0,00948$$

$$\text{Και } [(\lambda - 8,078) / 0,00346] + [(\lambda - 7,992) / 0,004] + [(\lambda - 8,11) / 0,00948] = 900 \Rightarrow \lambda = \mathbf{9,446 \text{ ευρώ / MWh}}$$

$$\mathbf{P1=395,5 \text{ MW, } P2=363,5 \text{ MW και } P3=141 \text{ MW.}}$$

Παρατηρούμε ότι όλοι οι περιορισμοί ικανοποιούνται, αφού όλες οι μονάδες λειτουργούν εντός των ορίων λειτουργίας των (P_{\min}, P_{\max}) και το άθροισμα των εξόδων τους ισούται με το φορτίο 900 MW. Επίσης όλες οι μονάδες λειτουργούν με το ίδιο διαφορικό κόστος, $\lambda = 9,478$ ευρώ/KWh, που εκφράζει το κόστος παραγωγής μιας πρόσθετης κιλοβατώρας από το σύστημα.

2.2.4.2 Κόστος εκκίνησης θερμικών μονάδων

Βασικός συντελεστής στο πλαίσιο του προγραμματισμού λειτουργίας των μονάδων παραγωγής είναι το κόστος εκκίνησης των μονάδων αυτών. Γενικά η διαδικασία εκκίνησης όπως και ότι σχετίζεται με τους αεριοστροβίλους δεν έχει σημαντικό κόστος. Περισσότερο πολύπλοκη είναι η ίδια η διαδικασία της εκκίνησης, η οποία απαιτεί ένα σημαντικό κόστος όπως και χρόνο.

Το μέγεθος της μονάδας, το χρησιμοποιούμενο καύσιμο καθώς και ο "νεκρός" χρόνος της μονάδας (δηλαδή η διάρκεια μη λειτουργίας) καθορίζουν το κόστος και τη διάρκεια των σχετικών διαδικασιών. Ειδικότερα από τον "νεκρό" χρόνο προσδιορίζεται η εκκίνηση και καλείται ως "ψυχρή εκκίνηση" ή "θερμή εκκίνηση".

Σε κάθε περίπτωση το κόστος θερμής εκκίνησης κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι το αντίστοιχο της ψυχρής εκκίνησης. Γενικά το κόστος εκκίνησης εξαρτάται (αναλογικά) από τον "νεκρό" χρόνο της μονάδας και είναι δυνατό να επιτύχει κορεσμό επί του κόστους της ψυχρής εκκίνησης.

Η εκκίνηση μιας ατμοηλεκτρικής μονάδας έχει υψηλή χρονική διάρκεια. Στον ακόλουθο πίνακα 3 παρουσιάζονται ενδεικτικά αριθμητικά δεδομένα σχετικά με χρονικές διάρκειες ψυχρής και θερμής εκκίνησης μιας λιγνιτικής μονάδας 300 MW. Ειδικότερα για την θερμή εκκίνηση υπάρχει μια διαμόρφωση τριών υποπεριπτώσεων.

Πίνακας 3. Χρόνοι εκκίνησης ανάλογα με τον χρόνο κράτησης

Εκκίνηση	Χρόνος κράτησης μονάδας (h)	Ενδεικτικός χρόνο εκκίνησης (h)
Ψυχρή	>48	10
Θερμή	24-40	4,5
	6-8	3,5
	1-2	2

Η ταχύτητα εκκίνησης και φόρτισης ατμοηλεκτρικών μονάδων επηρεάζεται από τις ακόλουθες παραμέτρους.

A) Η θερμική τάση που αναπτύσσεται στα μέταλλα

Επί των διαδικασιών της εκκίνησης μιας ατμοηλεκτρικής μονάδας από ψυχρή κατάσταση ή και από θερμή διαμορφώνονται θερμοκρασιακές μεταβολές. Υπάρχει μια εμφανής τάση προς διαστολή του υλικού των θερμαινόμενων επιφανειών όταν ορίζεται αύξηση της θερμοκρασίας επί των τοιχωμάτων. Η διαστολή αυτή συναντά εμπόδια από το υλικό που βρίσκεται εσωτερικά των τοιχωμάτων και οδηγεί στη δημιουργία θερμικής τάσης θλίψης. Είναι πιθανό το ενδεχόμενο εμφάνισης σημαντικών διαφορών επί των θερμοκρασιών των κελυφών, βάσει των συνθηκών που υφίστανται στις μονάδες. Αποτέλεσμα αυτού είναι να εμφανίζονται επικίνδυνες θερμικές τάσεις με τιμές υψηλότερες του ορίου ελαστικότητας του υλικού. Αυτό οδηγεί σε μόνιμη παραμόρφωση ή και γήρανση.

B) Η διαφορική διαστολή του στροφείου και του κελύφους

Η διαφορά αυτή επί του ατμοστροβίλου είναι θετική όταν η διαστολή του στροφείου ξεπερνά την αντίστοιχη του κελύφους και είναι αρνητική όταν η διαστολή του στροφείου είναι μικρότερη αυτής του κελύφους. Η διαστολή του στροφείου είναι ταχύτερη συγκριτικά με του κελύφους κατά το στάδιο της εκκίνησης. Αντίστοιχα η συστολή είναι ταχύτερη όταν ο εισερχόμενος στον στρόβιλο ατμός βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασίας.

Γ) Η παραμόρφωση των μετάλλων των οριζοντίων αρμών των κελυφών

Αυτή αποδίδεται κυρίως στις αναπτυσσόμενες διαφορές θερμοκρασιών μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών τους.

Δ) Οι ταλαντώσεις του ατμοστροβίλου κατά την εκκίνησή του

Με στόχο την αποφυγή των ταλαντώσεων κατά την εκκίνηση είναι απαραίτητη η ελεγχόμενη αύξηση της ταχύτητας περιστροφής του στροφείου. Ο έλεγχος αυτός και η συγκράτηση της ταχύτητας σε συγκεκριμένες τιμές οδηγεί σε σταθερή θέρμανση του ατμοστροβίλου.

2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – Μειονεκτήματα

Από τις ορυκτές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται/ αξιοποιούνται στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς επιτυγχάνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε κάποιο ενδιάμεσο στάδιο των διαδικασιών εμφανίζεται η θερμική ενέργεια που χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμοκρασία. Στα χρησιμοποιούμενα ορυκτά υλικά υπάρχει αποθηκευμένη ενέργεια, η απελευθέρωση της οποίας γίνεται με την καύση προς παραγωγή θερμότητας. Θα πρέπει βέβαια να επισημανθεί πως οι ορυκτές ύλες δεν εντάσσονται στις ανανεώσιμες πηγές.

Αποδεδειγμένα πλέον η χρήση συμβατικών ορυκτών καυσίμων με στόχο την παραγωγή ενέργειας είναι η πιο διαδεδομένη. Το σοβαρότερο ζήτημα που ανακύπτει είναι η περιβαλλοντική επιβάρυνση που προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από την τέφρα και την αποβαλλόμενη υγρασία από τους ψυκτικούς πύργους. Η παραγόμενη ενέργεια από την καύση λόγω των εξώθερμων αντιδράσεων συνδέεται με τα καπναέρια που αποβάλλονται προς το περιβάλλον.

Τα χαμηλά επίπεδα των θερμοκρασιών της καύσης οδηγούν στην διαμόρφωση ατελούς καύσης μέσω της ακόλουθης αντίδρασης:



Από την αντίδραση διαμορφώνονται λοιπόν εκπομπές τέφρας καθώς και των ακόλουθων: CO₂, H₂O, CO, NO_x, SO_x, Pb, λεπτομερή σωματίδια. Σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει πως η καύση των ορυκτών καυσίμων επιδρά στην περιβαλλοντική ισορροπία και κυρίως της ατμόσφαιρας, ενώ υπάρχει επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα σημαντικότερα είδη της ρύπανσης περιγράφονται και αναλύονται ακολούθως.

- **Φαινόμενο του θερμοκηπίου.** Εμφανίζεται σε παγκόσμιο επίπεδο (globally) και οι αυξημένες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου θεωρούνται υπεύθυνες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την προοδευτική δηλαδή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης ή οποία ονομάζεται επίσης κλιματική αλλαγή (climatic change) και παγκόσμια θέρμανση (global warming). Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι το CO₂, το μεθάνιο, τα οξείδια του αζώτου, οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) και το όζον στην τροπόσφαιρα. Η καύση των ορυκτών καυσίμων είναι υπεύθυνη για το μεγαλύτερο μέρος του CO₂. Η ενέργεια είναι επίσης υπεύθυνη και για μέρος των εκπομπών μεθανίου, συνεισφέρει στην παραγωγή NO_x και σε μικρό τμήμα των CFC (εκτός αν ταξινομήσουμε τα συστήματα ψύξης στον ενεργειακό τομέα).
- **Όξινη βροχή.** Εμφανίζεται σε υπερτοπικό επίπεδο και οφείλεται στις εκπομπές οξειδίων θείου και αζώτου από την καύση του γαιάνθρακα και του πετρελαίου.
- Σε παγκόσμιο επίπεδο, με διαφορετική ένταση από περιοχή σε περιοχή, παρατηρείται και **η μείωση της στιβάδας του όζοντος.**
- **Φωτοχημικό νέφος.** Δημιουργείται μόνο σε τοπικό επίπεδο και οφείλεται βασικά στις εκπομπές των αυτοκινήτων (και βιομηχανίας) με τη συνεργία ευνοϊκών κλιματολογικών συνθηκών.
- **Ρύπανση των υδάτινων πόρων** (π.χ. πυρηνικά ή άλλα υγρά απόβλητα στα υπόγεια νερά, σε τοπικό επίπεδο) και υποβάθμιση ποταμών λιμνών και ωκεανών.
- **Πετρελαιοκηλίδες στη θάλασσα ή ποταμούς** και διαρροές σε επιφανειακά νερά.
- **Θερμική ρύπανση.** Παγκόσμια και τοπικά: θερμικά απόβλητα σε θάλασσα, άλλους υδάτινους αποδέκτες, ξηρά και ατμόσφαιρα.

Πίνακας 4. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας

ΚΑΥΣΙΜΑ	ΡΥΠΑΝΤΗΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
Άνθρακας	SO ₂ και SO ₃ (~3 Mt/y) αιθάλη CO ₂	Όξινη βροχή Νέφος Αέριο θερμοκηπίου	Καταλυτική μετατροπή Καθαρότερα καύσιμα Ανακύκλωση, προσωρινή δέσμευση
Πετρέλαιο/ φυσικό αέριο	NO, NO ₂ , CO, υδρογονάνθρακες CO ₂	Φωτοχημικό νέφος Αέριο θερμοκηπίου	Καταλυτική μετατροπή Ανακύκλωση
Πυρηνικά	Ραδιενεργά απόβλητα	Υγεία / περιβάλλον	Ταφή / αποθήκευση υαλοποιημένων αποβλήτων

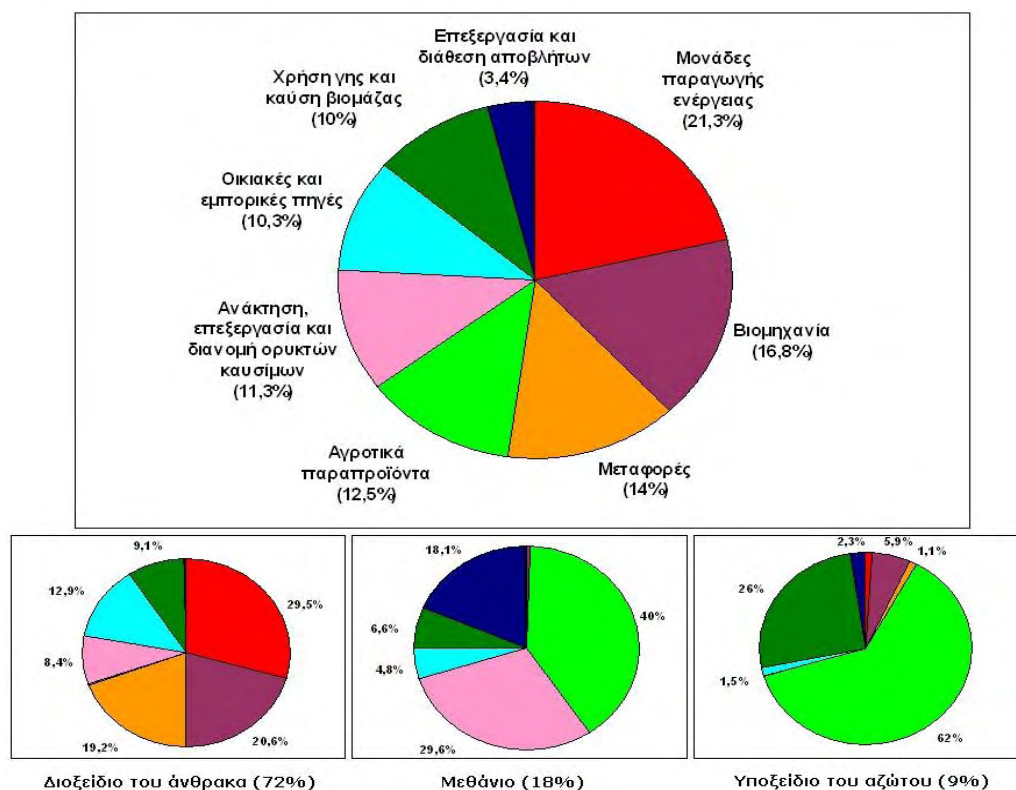
2.3.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Πρόκειται για την φυσική διαδικασία κατά την οποία οι ακτίνες του ηλίου παγιδεύονται και αντανακλώνται στη Γη με τη βοήθεια συγκεκριμένων αερίων. Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι: το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το όζον (O₃), χλωροφθοράνθρακες (CFS) και το μεθάνιο (CH₄).

Οι κυριότεροι παράγοντες που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι:

- Πυρκαγιές και μείωση των δασών
- Αλόγιστη χρήση πετρελαίου και άνθρακα
- Αύξηση των καυσαερίων των οχημάτων και των βιομηχανιών
- Αυξημένη χρήση λιπασμάτων

Στην ακόλουθη εικόνα 10 παριστάνονται αναλυτικά οι κύριοι τομείς που συμβάλουν καθοριστικά στην παραγωγή αερίων θερμοκηπίου.



Εικόνα 10. Τομείς που ευθύνονται για την παραγωγή αερίων θερμοκηπίου
(<http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=145>)

Προβλέψεις για τις εκπομπές CO₂ και την Παγκόσμια θέρμανση

Πριν από 1.000 χρόνια η συγκέντρωση του CO₂ έφτανε σχεδόν τα 280 ppm. Σήμερα τα αντίστοιχα επίπεδα φτάνουν στα 370 ppm με ετήσιο ρυθμό αύξησης περίπου 1,5 ppm. Οι εκπομπές CO₂ που οφείλονται σε ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες ανέρχονται σε περίπου 6 δισεκατομμύρια τόνους άνθρακα/ ετησίως.

Πίνακας 5. Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης αερίων του θερμοκηπίου

Αέριο Θερμοκηπίου	Θέρμανσης*
Διοξείδιο του άνθρακα(CO ₂)	1
Μεθάνιο(CH ₄)	23
Υποξείδιο του αζώτου (N ₂ O)	296
HFC-23	12000
HFC-125	3400
HFC-134a	1300
HFC-143a	4300

CF ₄	5700
C ₂ F ₆	11900
SF ₆	22200
HFE-125	19990
HG-10	2700

Βασίζεται σε χρόνο παραμονής του CO₂ στην ατμόσφαιρα 100 έτη. (Πηγή: IPCC 2003).

Βάσει σχετικών προβλέψεων που έχουν γίνει για την συγκέντρωση του CO₂, υπολογίζεται πως έπειτα από 80 έτη, τα επίπεδα θα επηρεάζονται από τις ακόλουθες μεταβλητές:

- (i) τον πληθυσμό της γης
- (ii) την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα
- (iii) το βαθμό καταστροφής των δασών
- (iv) τα τεχνολογικά επιτεύγματα και τη βελτιωμένη απόδοση μηχανισμών
- (v) την ανάπτυξη των οικονομιών του κόσμου

Επίσης αναμένεται:

- Οι ετήσιες εκπομπές άνθρακα να σημειώσουν αύξηση σε 9,4 δισεκατομμύρια τόνους άνθρακα εντός των επόμενων 2 δεκαετιών.
- Στο πετρέλαιο να αποδίδονται οι μισές εκπομπές του CO₂.
- Να αυξηθούν οι εκπομπές από τις αναπτυσσόμενες χώρες που εξαρτώνται από το κάρβουνο, σε βαθμό που θα υπερβούν τις αντίστοιχες εκπομπές των αναπτυγμένων χωρών.

2.3.2 Όξινη απόθεση

Πρόκειται για φαινόμενο που οφείλεται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας και κατά το οποίο ποσότητες κυρίως θεικού και νιτρικού οξέος φτάνουν στο έδαφος σε υγρή μορφή, μεταφερόμενες μέσω ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, με καταστρεπτικές επιπτώσεις στη χλωρίδα και την πανίδα, καθώς και σε κτίρια και μνημεία. (Κώττης, 1994)

Η όξινη βροχή έχει PH από 2 (όξινη) έως 5 (λίγο όξινη). Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα, που εκλύονται από τα εργοστάσια, τις βιομηχανίες, τα αυτοκίνητα, τις κεντρικές θερμάνσεις των κτιρίων κ.ά. Οι κυριότεροι ρύποι που προκαλούν την όξινη βροχή είναι το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα οξειδία του αζώτου (NO_x), τα οποία αντιδρώντας με το νερό μετατρέπονται σε H₂SO₄ και HNO₃. (Κώττης, 1994)

Πρόσφατες έρευνες έχουν αποδείξει πως πλέον η βροχή γίνεται συνεχώς όξινη με pH εντός των τιμών 3,5 έως 4,5. Αξίζει να επισημανθεί πως βροχή χαρακτηριζόμενη από pH 4,6 είναι 10 φορές πιο όξινη από βροχή με pH 5,6. Νιτρικά και θειικά οξέα ευθύνονται για την αύξηση της οξύτητας.

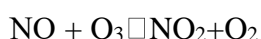
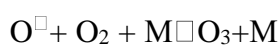
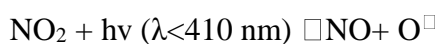
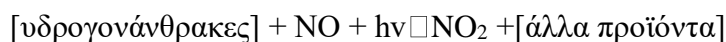
Η άνοδος των ρύπων στην ατμόσφαιρα και η αντίδραση αυτών με υδρατμούς οδηγούν στη δημιουργία των νιτρικών και θεικών οξέων, τα οποία ακολούθως επανέρχονται στην επιφάνεια της γης μέσω κατακρημνήσεων (χιόνι, βροχή, χαλάζι).

Από τα οχήματα κυκλοφορίας, τις κεντρικές θερμάνσεις των κτιρίων, τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τις βιομηχανίες δημιουργείται και εισάγεται στην ατμόσφαιρα το διοξείδιο του θείου. Πολύ μεγάλη βαρύτητα πρέπει να δοθεί στο γεγονός πως υψηλά ποσοστά συγκεντρώσεων ρύπων στα οποία αποδίδεται η δημιουργία της όξινης βροχής, είναι δυνατό να μεταφέρονται μακρύτερα σε μεγάλες αποστάσεις. Τα αέρια ρεύματα επιδρούν στην μεταφορά αυτή.

2.3.3 Φωτοχημικό νέφος

Το φωτοχημικό νέφος (ή νέφος του LosAngeles) είναι η «καφετιά-υποκίτρινη» ομίχλη που ρυπαίνει τις πόλεις, ιδίως τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες. Το κυριότερο συστατικό αυτού του νέφους είναι το όζον. Το είδος αυτό του νέφους δεν πρέπει να συνδέεται με το όξινο νέφος που οφείλεται στις υψηλές συγκεντρώσεις SO₂ (νέφος του Λονδίνου).

Το φαινόμενο οφείλεται κυρίως στις εκπομπές των NO_x (μαζί με πτητικές οργανικές ουσίες, κυρίως άκαυστους υδρογονάνθρακες), τα οποία προέρχονται κυρίως από τις εκπομπές των αυτοκινήτων. Αποτελεί σύνθετο πρόβλημα, που πλήττει κυρίως μεγάλες, ηλιόλουστες πόλεις με θερμό και ξηρό κλίμα. Απλουστευτικά οι κυριότερες αντιδράσεις μπορεί να γραφούν ως εξής:



Εκτός από το όζον, άλλα οξειδωτικά που παράγονται είναι το PAN (CH₃CO₃NO₂) και αλδεΐδες (RCHO, όπου R είναι μια ρίζα υδρογονάνθρακα, όπως η μεθυλική, CH₃). Το ενδιάμεσο προϊόν NO₂ δίνει το καφετί χρώμα στην ατμόσφαιρα. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης η παρουσία CO και CH₄, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη

είναι και η παραγωγή του όζοντος. Τα προϊόντα του νέφους ερεθίζουν τα μάτια και επιδρούν αρνητικά στο αναπνευστικό σύστημα. Οι διάφοροι υδρογονάνθρακες έχουν σημαντικά διαφορετικό δυναμικό να δημιουργήσουν νέφος. Για παράδειγμα, το μεθάνιο δεν είναι καθόλου δραστικό, σε αντίθεση με το αιθυλένιο (C_2H_4) και το προπυλένιο (C_3H_6).

Θερμοκρασιακή αναστροφή

Υπάρχουν διάφορες αιτίες για τη δημιουργία θερμοκρασιακής αναστροφής. Η συνηθέστερη είναι η αναστροφή λόγω της ακτινοβολίας της γης. Κανονικά η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μειώνεται κατά $\sim 7^\circ C$ ανά 1000 m ύψος. Κατά τη διάρκεια μιας ξηρής νύχτας, η γη εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία και ψύχεται, δημιουργώντας κάποια θερμοκρασιακή αναστροφή (σε ύψος μικρότερο από 500 m).

2.3.4 Θερμική ρύπανση

Με τον όρο θερμική ρύπανση νοείται η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα ή του νερού, που προέρχεται από δραστηριότητες ανθρώπινες. Αυτές μπορεί να έχουν χαρακτήρα είτε άμεσο είτε έμμεσο. Το φαινόμενο της θερμικής ρύπανσης (αναφορικά στον αέρα) συνδέεται άμεσα με τις εκπομπές των αερίων που είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς και για την απελευθέρωση θερμότητας. Θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί, όμως, πως ο βαθμός επικινδυνότητας εκ της θερμικής ρύπανσης των υδάτων είναι ακόμη μεγαλύτερος από εκείνον της θερμικής ρύπανσης του αέρα. Αυτό συμβαίνει καθώς με τη θερμική ρύπανση των υδάτων εκλύονται ενεργειακές ποσότητες (υπό μορφή ραδιενεργού ακτινοβολίας αλλά και θερμότητας σε ωκεανούς, ποταμούς και λίμνες) που φθάνουν για να επηρεάσουν αρνητικά το υδάτινο οικοσύστημα που θα τις δεχθεί. Η θερμοκρασιακή μεταβολή των υδάτων μπορεί να προκύψει και με φυσικό τρόπο και αυτός δεν είναι άλλος από τη διαδοχή των εποχών οπότε και η αύξηση ή η μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος επηρεάζει και εκείνη των υδάτων συνεπακόλουθα. Αυτό, που δεν είναι φυσικό όμως είναι η θερμοκρασιακή αλλαγή που προέρχεται από δραστηριότητες των ανθρώπων. Κατά τεκμήριο τα θερμά ύδατα που προέρχονται από τα συστήματα ψύξης θερμικών και πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και λοιπών βιομηχανικών χρήσεων είναι αυτά που ευθύνονται για το φαινόμενο της θερμικής υδάτινης ρύπανσης. Θερμική ρύπανση μπορεί να προκύψει και από λοιπούς παράγοντες όπως είναι επί παραδείγματι: α) η εδαφική διάβρωση και β) η αποδάσωση πλησίον της ακτογραμμής (αυτή προκύπτει από την υψηλότερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα θολά ύδατα). Αυτές οι δύο πηγές θερμικής ρύπανσης δύνανται να αποκληθούν ως έμμεσες. Υδάτινη θερμική ρύπανση μπορεί να προέλθει και από δραστηριότητες όπως η αποστράγγιση υδάτων από κτίρια και ασφάλτινες οδούς ή ακόμη και από πεζοδρόμια. Τα ύδατα που προέρχονται από αυτές τις πηγές αποκτούν αυξημένη θερμοκρασία εντός του εδάφους, που καταλήγουν.

Συνεπώς μια υψηλότερη υδάτινη θερμοκρασία ευθύνεται για την απομείωση του διαλυμένου οξυγόνου με αποτέλεσμα που μπορεί να εκκινήσει με την αλλοίωση της ομαλής αναπαραγωγής και ανάπτυξης μιας πλειάδας υδάτινων ειδών και να καταλήξει ακόμη και στο θάνατο των υδάτινων ειδών ένεκα του φαινομένου που έχει αποκληθεί ως «θερμικός αιφνιδιασμός» (thermal shock). Το φαινόμενο του θερμικού αιφνιδιασμού έχει διαπιστωθεί πως επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη χλωρίδα των οικοσυστημάτων. Αυτές οι αλλαγές συνίστανται στην είσοδο νέων ειδών αλλά και στην αύξηση ορισμένων φυκιών και τέλος στη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών. Συγχρόνως τα υδάτινα ρεύματα που είναι θερμά

εμπεριέχουν ρυπαντές με αρνητική επίδραση στα υδάτινα οικοσυστήματα. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να αποτυπωθεί και η άποψη τινών άλλων επιστημόνων που εκτιμούν των τα θερμά ύδατα μερικές φορές μπορεί να έχουν και ευεργετικές ιδιότητες και αυτές αποδίδονται από τον όρο (thermal enrichment). Ως τυπικό παράδειγμα του φαινομένου του thermal enrichment μπορεί να χαρακτηριστεί ο νυκτερινός ψεκασμός με θερμό νερό καλλιεργειών που βρίσκονται στο όριο του να παγώσουν. Επίσης μια μορφή θετικής επίδραση ενός θερμού ύδατος είναι η θετική επίδραση στις ιχθυοκαλλιέργειες.

2.4 Σταθμοί Συνδυασμένου Κύκλου

Πρόκειται για συνδυασμό αεριοστροβλικών και αρμοηλεκτρικών σταθμών, που κυρίως τα τελευταία χρόνια μελετήθηκαν εξεζητημένα στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος και της υψηλής ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό που μελετήθηκε και εξακολουθεί να μελετάται είναι η αύξηση του βαθμού απόδοσης των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με βάση τη διασφάλιση των αρχών της βιωσιμότητας και της αειφορίας προς κάλυψη των απαιτούμενων αναγκών.

Γενικά την παρούσα δεκαετία και τις δύο προηγούμενες έχει ενισχυθεί η χρήση και λειτουργία μονάδων συνδυασμένου κύκλου προς ηλεκτροπαραγωγή. Το φυσικό αέριο παίζει σημαντικό ρόλο λόγω του χαμηλού κόστους του ως καύσιμο, καθώς και λόγω των πλεονεκτημάτων του.

Οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου έχουν μελετηθεί υπό το καθεστώς της εκπομπής μη επικίνδυνων ρύπων και μη ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Λειτουργούν λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμό των εκπομπών CO₂ και την σύγχρονη τάση προς αντικατάσταση των γαιανθράκων.

Επί των σταθμών αυτών, ακολουθείται διοχέτευση των καυσαερίων που χαρακτηρίζονται από θερμοκρασία 300-600 C από την έξοδο του αεριοστροβίλου σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας προς παραγωγή ατμού κίνησης. Οι σταθμοί υποστηρίζονται από ένα σύνολο αεριοστροβλικών μονάδων με τους λέβητες καυσαερίων που διαθέτουν, καθώς και ένα ζεύγος ατμοστροβίλου – γεννήτριας. Θα πρέπει να τονισθεί πως ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται συνήθως από 30% έως 45% σε έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό και αντίστοιχα 25%-35% σε αεριοστροβλικό σταθμό. Κύρια καύσιμα των αεριοστροβίλων είναι το πετρέλαιο ντίζελ και το φυσικό αέριο, τα οποία χρησιμοποιούνται στους σταθμούς συνδυασμένου κύκλου.

2.4.1 Πλεονεκτήματα μονάδων συνδυασμένου κύκλου

Θα πρέπει να καταστεί σαφές πως συγκριτικά με τις λοιπές θερμικές μονάδες εκείνες που είναι συνδυασμένου κύκλου είναι και αυτές που υπερτερούν.

Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα αυτών των μονάδων είναι κατά κύριο λόγο τα παρακάτω:

- 1) Ο ανώτερος βαθμός απόδοσης: Η εκτόνωση αερίων εκ του θαλάμου καύσεως και η χρησιμοποίηση των καυσαερίων (ένεκα θερμοκρασιών που είναι υψηλές) αυξάνει σε αυτά σε ικανό βαθμό την απόδοσή τους, η οποία μπορεί να φτάνει στο 55%. Αυτό το ποσοστό είναι σε κάθε περίπτωση σαφώς υψηλότερο από την απόδοση των λεγόμενων παραδοσιακών θερμικών μονάδων.
- 2) Γρήγορη απόκριση σε διαταραχές: Σε γενικές γραμμές ο ρυθμός ανάληψης φορτίου ενός αεριοστρόβιλου είναι υψηλός και αγγίζει ανά λεπτό λειτουργίας το 20%. Για να γίνει εύκολα αντιληπτή η απόκλιση του ρυθμού ανάληψης από άλλες μορφές στροβίλων θα αναφερθεί το παράδειγμα των ατμοστροβίλων που έχουν ρυθμό ανάληψης φορτίου της τάξης του 2% το λεπτό. Συνεπώς καθίσταται σαφές πως οι αεριοστροβιλικές μονάδες δύνανται να αντιμετωπίσουν διαταραχές στην ισορροπία παραγωγής ισχύος και φορτίου με ταχύ ρυθμό κάτι που συνάδει με τις απαιτήσεις της αγοράς ενέργειας στη σημερινή εποχή. Στην εποχή μας είναι σε μεγάλο βαθμό η ζήτηση του φορτίου και αυτό είναι μια συνθήκη που σαφώς ευνοεί τις μονάδες συνδυασμένου κύκλου.
- 3) Φιλικότητα προς το περιβάλλον: όταν μια μονάδα κάνει χρήση ορυκτών καυσίμων για να λειτουργήσει τότε δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αποφύγει και τη συνακόλουθη εκπομπή αερίων (CO₂) που ευθύνονται εν πολλοίς για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Όμως ο σχετικά υψηλός βαθμός απόδοσης του συνδυασμένου κύκλου αλλά και η μεγάλη αναλογία υδρογόνου συγκριτικά με τον άνθρακα στο μεθάνιο (CH₄) καταλήγουν σε μια αρκετά χαμηλότερη εκπομπή αερίων στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου από λοιπά είδη θερμικών μονάδων για ορυκτά καύσιμα. 0.81b CO₂/KWh παράγουν οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου. Την ίδια στιγμή οι μονάδες, που χρησιμοποιούν γαιάνθρακες, παράγουν γύρω στα 21b CO₂/KWh, Φυσικά οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου και θείου, καθώς και μονοξειδίου του άνθρακα με τη χρήση καταλυτών παρουσιάζονται σε πολύ μειωμένα επίπεδα συγκριτικά με λοιπές θερμικές μονάδες παραγωγής.
- 4) Ευελιξία: Στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου παρατηρείται μια αυξημένη ευελιξία και αυτό προκύπτει από τη δυνατότητα των τελευταίων να χρησιμοποιούν μια σειρά

καυσίμων (π.χ. φυσικό αέριο, προϊόντα πετρελαίου ή και λοιπές μορφές καυσίμων). Αν και οι μονάδες αυτού του τύπου σαφώς και κοστίζουν περισσότερο στον προϋπολογισμό της αρχικής τους δημιουργίας συγκριτικά με λοιπές συμβατικές ατμοηλεκτρικές μονάδες (ένεκα της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας), ωστόσο τυπικά απαιτούν πολύ λιγότερο χώρο, χρόνο και τέλος κόστος εγκατάστασης .

2.4.2 Διατάξεις συνδυασμένου κύκλου

Αναμφίβολα τα συνδυασμένα συστήματα έχουν πολυπλοκότερη δομή και λειτουργία έναντι των συμβατικών. Βασικά πλεονεκτήματα τους είναι το χαμηλό κόστος και η αύξηση της απόδοσης των σταθμών παραγωγής. Δύο είναι οι κύριες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στους συνδυασμένους κύκλους. Κατά την πρώτη διεργασία ο ατμοπαραγωγός στηρίζεται στην θερμότητα των καυσαερίων και λειτουργεί υπό την πίεση του περιβάλλοντος. Μπορεί και να μην απαιτείται να πραγματοποιηθεί καύση πρόσθετου καυσίμου. Στο στάδιο της δεύτερης διεργασίας διαμορφώνεται σύνδεση συμπιεστή- ατμοπαραγωγού- αεριοστροβίλου.

1. Σύστημα Αεριοστροβίλου- Ατμοπαραγωγού- Ατμοστροβίλου χωρίς καύση πρόσθετου καυσίμου

Εδώ το σύνολο της εκλυόμενης θερμότητας διαμορφώνεται επί του θαλάμου καύσης και παράλληλα τα καυσαέρια αναμειγνύονται με τον αέρα προσεγγίζοντας την θερμοκρασία που ορίζεται ως η επιτρεπόμενη στον αεριοστροβίλο. Βέβαια τα εκλυόμενα καυσαέρια επί της εξόδου του αεριοστροβίλου συνεισφέρουν ποσότητες θερμότητας για την παραγωγή ατμού. Χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι το Diesel ή το φυσικό αέριο, ενώ η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι αυτή που επιδρά καθοριστικά στην πίεση που αποκτούν οι ατμοί.

2. Σύστημα Αεριοστροβίλου-Ατμοπαραγωγού-Ατμοστροβίλου με καύση πρόσθετου καυσίμου

Σε αυτό το σύστημα τα καυσαέρια αποτελούν τα βασικά αέρια καύσης. Στον θάλαμο του αεριοστροβίλου εκλύεται αποκλειστικά η απαιτούμενη θερμότητα για την λειτουργία. Βασικό καύσιμο του αεριοστροβίλου είναι το Diesel ή το φυσικό αέριο. Για την λειτουργία του ατμοπαραγωγού δεν υπάρχει περιορισμός στα καύσιμα. Πρόκειται για σύστημα που στηρίζεται σε διπλή και ξεχωριστή λειτουργία του αεριοστροβίλου και του ατμοπαραγωγού-ατμοστροβίλου.

3. Σύστημα Ατμοπαραγωγού- Αεριοστροβίλου- Ατμοστροβίλου

Στις μονάδες αυτές ο ατμοπαραγωγός αντικαθιστά τον θάλαμο καύσης και συνδέεται μεταξύ του συμπιεστή και του αεριοστροβίλου. Η αναγκαία θερμοκρασία των καυσαερίων στην είσοδο του επιτυγχάνεται με την απόδοση θερμότητας από το εργαζόμενο μέσο στον ατμοπαραγωγό για την παραγωγή ατμού. Λόγω της διάταξης αυτής, ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης μειώνεται ταχύτερα σε σχέση με τις προηγούμενες δυο περιπτώσεις όταν λειτουργεί υπό μειωμένο φορτίο. Αυτό γιατί ο αεριοστροβίλος θα πρέπει να αποβάλει φορτίο παράλληλα με τον ατμοστροβίλο και έτσι δεν είναι δυνατή η λειτουργία του αεριοστροβίλου στην πλήρη ισχύ όπως στα προηγούμενα παραδείγματα όπου επιτυγχάνεται αυξημένος βαθμός απόδοσης.

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου έχουν αρκετά διαφορετικές δυνατότητες διαμόρφωσης και σ' ένα δεύτερο επίπεδο, στο πλήθος των αεριοστροβίλων και ατμοστροβίλων που θα αποτελέσουν την εγκατάσταση.

Ένας τρόπος είναι η εγκατάσταση πολλών αεριοστροβίλων και ενός ατμοστροβίλου οι οποίοι είναι μηχανικά απομονωμένοι καθώς κινούν μια ξεχωριστή γεννήτρια ο καθένας. Αυτή η μέθοδος εγκατάστασης χρησιμοποιούταν κυρίως στο παρελθόν, και για αυτό οι πλειοψηφία των εγκαταστάσεων που λειτουργούν τώρα είναι αυτού του τύπου. Αρκετές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες παλιάς γενιάς έχουν 3-4 ή και περισσότερα ζεύγη αεριοστροβίλου-ατμοπαραγωγού τα οποία τροφοδοτούν με ατμό έναν ατμοστροβίλο. Σήμερα κυρίως χρησιμοποιούνται οι μονάδες με 2 αεριοστροβίλους και 1 ατμοστροβίλο, ενώ οι τελευταίες σειρές εγκαταστάσεων χρησιμοποιούν διαμόρφωση κοινού άξονα.

Η διαμόρφωση κοινού άξονα αποτελεί την δεύτερη μέθοδο διαμόρφωσης των μονάδων συνδυασμένου κύκλου και διαφέρει από αυτήν που περιγράφηκε προηγουμένως στο ότι η εγκατάσταση δομείται πάνω σε έναν άξονα ο οποίος περιστρέφει τη μια και μοναδική γεννήτρια. Έτσι τα τμήματα της εγκατάστασης δεν είναι μηχανικά ανεξάρτητα όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Στις μονάδες αυτές υπάρχει ένας ατμοστροβίλος και ένας αεριοστροβίλος.

2.4.3 Λειτουργία μονάδων συνδυασμένου κύκλου

Η λειτουργία των μονάδων συνδυασμένου κύκλου σε χαμηλό φορτίο γίνεται με μείωση του φορτίου του ατμοστροβίλου ενώ ο αεριοστροβίλος εργάζεται σε πλήρη ισχύ. Ο βαθμός απόδοσης του αεριοστροβίλου σε χαμηλά φορτία είναι πολύ χειρότερος αυτού του ατμοστροβίλου καθώς, σε αντίθεση με τον ατμοστροβίλο, προκειμένου να λειτουργεί σε κενό

φορτίο, ο αεριοστρόβιλος, χρειάζεται αρκετή ποσότητα καυσίμου, οπότε η λειτουργία του σε χαμηλά φορτία είναι οικονομικά ασύμφορη.

Κατά την εκκίνηση της μονάδας οι βαλβίδες αέρα και καυσίμου έχουν το ελάχιστο άνοιγμα. Η ισχύς αυξάνεται σταδιακά καθώς αυξάνεται η ροή καυσίμου. Η θερμοκρασία των καυσαερίων αυξάνει παράλληλα με την παραγόμενη ισχύ. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι το σημείο όπου η θερμοκρασία των καυσαερίων φτάσει την ονομαστική της τιμή οπότε και η βαλβίδα του αέρα αρχίζει να ανοίγει προκειμένου να ελεγχθεί η τιμή της θερμοκρασίας. Στον ατμοστρόβιλο, η ροή ατμού ταυτίζεται με τον ρυθμό παραγωγής του, ο οποίος ορίζεται από τον αεριοστρόβιλο. Ο έλεγχος της ροής του ατμού γίνεται με δύο τρόπους μέσω των βαλβίδων ελέγχου.

- Η πρώτη μέθοδος είναι το πλήρες άνοιγμα των βαλβίδων ελέγχου της ροής του ατμού. Με τον τρόπο αυτό η πίεση μεταβάλλεται παράλληλα με την μεταβολή στην παραγωγή του ατμού.
- Η δεύτερη μέθοδος διατηρεί σταθερή την τιμή της πίεσης όταν η παραγωγή ατμού μεταβάλλεται, με έλεγχο της ροής του ατμού.

Ο ατμοστρόβιλος αλλάζει ισχύ πολύ πιο αργά από τον αεριοστρόβιλο. Οι βασικές χρονικές σταθερές που χαρακτηρίζουν τον εναλλάκτη θερμότητας, την αποθήκευση του ατμού στο τύμπανο και στις σωληνώσεις της εγκατάστασης, αρκετά μεγάλες. Μολονότι οι γρήγορες αλλαγές στην παραγωγή ισχύος του αεριοστρόβιλου προκαλούν γρήγορες αλλαγές στον ρυθμό ατμοπαραγωγής στον λέβητα, οι όγκοι του τυμπάνου και των σωληνώσεων αποτρέπουν αυτές οι γρήγορες αλλαγές να γίνουν αισθητές στον ατμοστρόβιλο.

Επειδή οι διακυμάνσεις της εξόδου του ατμοστρόβιλου μεταβάλλονται αρκετά αργά σε σχέση με την δυναμική συμπεριφορά του όλου συστήματος είναι αρκετό να χρησιμοποιηθεί ένα μοντέλο το οποίο θα αναπαράγει τα βασικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του ατμοστρόβιλου, χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνει τις εσωτερικές λεπτομέρειες των τμημάτων του.

2.5 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής

Η υδραυλική ενέργεια παρέχεται δωρεάν από την φύση, αλλά η εκμετάλλευσή της προϋποθέτει σημαντικές δαπάνες και έργα και έχει επίδραση στο περιβάλλον. Είναι γεγονός ότι ένας υδροηλεκτρικός (ΥΗΣ) σταθμός έχει μηδενικό κόστος καυσίμου και χρειάζεται λιγότερο προσωπικό και μικρότερη συντήρηση από έναν θερμοηλεκτρικό σταθμό του ίδιου μεγέθους, αλλά οι ετήσιες δαπάνες εξυπηρέτησεως κεφαλαίου ενός υδροηλεκτρικού σταθμού

είναι μεγαλύτερες από του θερμοηλεκτρικού, λόγω των μεγάλων δομικών έργων που απαιτεί η διαμόρφωση της όλης υδραυλικής εγκατάστασης. Οποσδήποτε όμως, το κόστος της εγκατεστημένης ισχύος ή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν αποτελεί το μόνο κριτήριο της κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού έργου, δεδομένου ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως η ενεργειακή πολιτική της επιχείρησης, ή της χώρας, ο συνδυασμός της υδροηλεκτρικής εγκατάστασης με άλλες κοινωφελείς εργασίες, όπως άρδευση, ύδρευση κλπ.

Το κόστος της εγκατεστημένης ισχύος ποικίλλει για τους διάφορους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Ο λόγος είναι ότι μέρος του κόστους αυτού είναι ανεξάρτητο από την ισχύ του σταθμού και αφορά αγορές εκτάσεων, απαλλοτριώσεις, έργα διαμόρφωσης, έργα στεγανοποίησης, σήραγγες εκτροπής, κατασκευή φράγματος, δρόμους προσπελάσεων και άλλα απαραίτητα για την εγκατάσταση σταθμού εκμεταλλεύσεως της υδραυλικής ενέργειας. Το ποσοστό αυτό του συνολικού κόστους αυξάνεται εν γένει με την αύξηση του μεγέθους του σταθμού και εξαρτάται όπως είναι φυσικό από την θέση και τις ιδιομορφίες της περιοχής του σταθμού.

Εάν η παροχή του ύδατος δεν είναι συνεχής, όπως ενός μεγάλου ποταμού, αλλά έχει εποχιακές εξάρσεις βασιζόμενη κυρίως σε βροχοπτώσεις και στα χιόνια, το νερό δεσμεύεται και αποθηκεύεται σε τεχνητές λίμνες (ταμιευτήρες) για να χρησιμοποιηθεί κατά βούληση. Ανάλογα με την ποσότητα του αποθηκευόμενου ύδατος και την θέση του ταμιευτήρα ο σταθμός εγκαθίσταται στην βάση του φράγματος, ή σε άλλη θέση χαμηλότερα ώστε να δημιουργείται υψομετρική διαφορά και να γίνεται εκμετάλλευση της υδατοπτώσεως.

Τα τελευταία χρόνια εγκαθίστανται όλο και περισσότεροι αντλητικοί – υδροηλεκτρικοί σταθμοί, για την βελτίωση του συντελεστή φορτίου του συστήματος. Οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου (ή μεγάλης παραγωγής από ΑΠΕ) για να αντλήσουν νερό από μια χαμηλότερη στάθμη, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην συνέχεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες υψηλού φορτίου. Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου άντλησης – παραγωγής είναι χαμηλός (περίπου 70%) αλλά η ενέργεια αντλήσεως κατά τις εκτός αιχμής ώρες είναι πολύ φθηνότερη από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες της αιχμής. Οι απαιτήσεις παροχής ενός αντλητικού σταθμού είναι πολύ μικρές σε σχέση με τους συμβατικούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς διότι χρειάζεται μόνο συμπλήρωση των απωλειών ύδατος από διαρροές ή εξάτμιση.

Ένα βασικό πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών σταθμών έναντι των θερμοηλεκτρικών που είδαμε νωρίτερα, είναι η καθαριότητα και η έλλειψη κάθε είδους ρύπανσης και μόλυνσης του

περιβάλλοντος, εκτός από την τυχόν επίπτωση που θα έχει η κατασκευή του φράγματος. Το μέγεθος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού εξαρτάται κυρίως από

- Τη διαθέσιμη ετήσια ποσότητα ύδατος και τον ρυθμό παροχής της
- Την ευαισθησία του κόστους εγκατεστημένης ισχύος στη μεταβολή της ισχύος του σταθμού.

Δευτερευόντως το μέγεθος του σταθμού επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως η καμπύλη φορτίου του συστήματος και άλλα. Κάθε ισχύς μεγαλύτερη από αυτήν που αντιστοιχεί στην ελάχιστη παροχή ύδατος δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής. Η πρωτεύουσα ισχύς ή ενέργεια είναι διαθέσιμη σε κάθε περίοδο και αποτελεί με οποιεσδήποτε συνθήκες την ασφαλή συμμετοχή του σταθμού στο πρόγραμμα του συστήματος. Κάθε ισχύς ή ενέργεια επιπλέον της πρωτεύουσας λέγεται δευτερεύουσα ενέργεια και η χρησιμοποίησή της γίνεται μόνο με κάποιο βαθμό βεβαιότητας μικρότερο της μονάδας. Συνήθως εκτιμάται ανάλογα με την ποσότητα καυσίμου στην οποία αντιστοιχεί και την οποία αντικαθιστά. Συστήματα τα οποία εξυπηρετούνται αποκλειστικά με υδραυλική ενέργεια δεν υπάρχουν πολλά. Συνήθως συνεργάζονται θερμοηλεκτρική και υδροηλεκτρική παραγωγή, οπότε η διαθέσιμη υδραυλική ενέργεια διατίθεται βάσει προγράμματος με κριτήριο την μέγιστη οικονομία καυσίμου.

Η επιλογή της θέσης του σταθμού εξαρτάται βασικά από τον τύπο της υδραυλικής ενέργειας και από το είδος της εγκαταστάσεως (ροής ποταμού, υδατόπτωση κλπ). Στην συνήθη περίπτωση κατασκευής τεχνητής λίμνης χρειάζεται κατάλληλη επιλογή της θέσης του φράγματος και του υδροηλεκτρικού σταθμού. Η δημιουργία τεχνητής λίμνης πρέπει να βασιστεί σε υδρολογικές μελέτες και στατιστικά στοιχεία συλλογής ύδατος στη λεκάνη απορροής από διάφορες προελεύσεις (χειμάρροι, χιονοπτώσεις, κλπ.).

Η στεγανότητα του εδάφους της λεκάνης υπό συνθήκες πλήρους φορτίσεως αποτελεί βασικό δεδομένο του προβλήματος και πρέπει να στηρίζεται σε κατάλληλες εδαφολογικές και βραχομηχανικές μελέτες.

Πολλές φορές τα υδροηλεκτρικά έργα συνδυάζονται με άλλα κοινωφελή έργα όπως η άρδευση εκτάσεων, η ρύθμιση ροής ποταμών, η βελτίωση της ναυσιπλοΐας, κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές τόσο η θέση του φράγματος όσο και οι συνθήκες λειτουργίας του υδροηλεκτρικού σταθμού επηρεάζονται από την εξυπηρέτηση και των άλλων έργων.

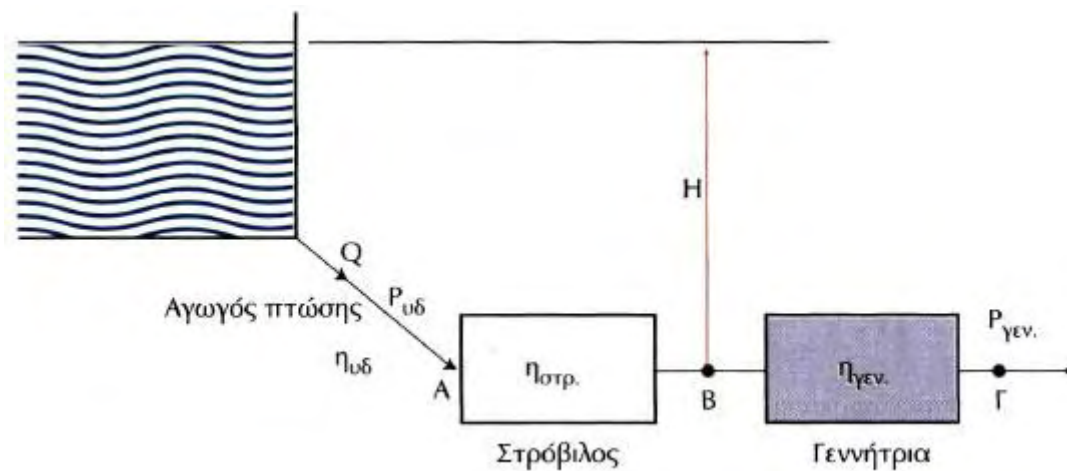
Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα (μέχρι 10 MW) δεν προβλέπουν συνήθως κατασκευή φράγματος και δημιουργία μεγάλης τεχνητής λίμνης και κατά τούτο είναι ακόμη πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Έτσι τα έργα αυτά συμπεριλαμβάνονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), ενώ τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα αντιμετωπίζονται συνήθως ως περιβαλλοντικά ουδέτερα (δηλαδή καλύτερα από τους ρυπογόνους θερμοηλεκτρικούς

σταθμούς, αλλά λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον απ' όσο οι κατεξοχήν ανανεώσιμες πηγές).

Υδροδυναμική ορίζεται η δυναμική ενέργεια που κατέχει το νερό βάσει της θέσης του στο συγκεκριμένο σημείο που χωροθετείται.

Πρόκειται για ενέργεια που εξαρτάται (απόλυτα αναλογικά) από το ύψος στο οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο το νερό (π.χ. λίμνη). Είναι εφικτή η μετατροπή της σε κινητική, όταν το νερό αρχίζει και ρέει στον αγωγό και ακολούθως αποδίδεται ως περιστροφική (κινητική) στον υδροστρόβιλο. Στον άξονα του υδροστρόβιλου είναι συνδεδεμένη η γεννήτρια στην οποία η ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Έστω μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση, της οποίας το σχήμα φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 11. Διάγραμμα Υδροηλεκτρικού Σταθμού

Παροχή Q ενός αγωγού ονομάζεται ο όγκος του υγρού που περνά μέσα από αυτόν στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή:

$$Q = V/t \text{ m}^3/\text{sec} \text{ και } Q = S \cdot u ,$$

όπου S είναι η διατομή του αγωγού και u είναι η ταχύτητα του νερού. Εάν $\gamma = m/V$ είναι η πυκνότητα του νερού της λίμνης και h το ωφέλιμο μανομετρικό ύψος της λίμνης, η ενέργεια που έχει το νερό λόγω θέσης είναι:

$$E = m \cdot g \cdot h$$

$$E = \gamma \cdot V \cdot g \cdot h$$

$$E = \gamma \cdot Q \cdot t \cdot g \cdot h$$

$$E = 9,81 \cdot Q \cdot h \cdot t \text{ σε KWH}$$

$$P = E/t = 9,81 \cdot Q \cdot h \text{ σε KW}$$

Εάν θεωρήσουμε ότι η πτώση του νερού στον αγωγό είναι ελεύθερη, τότε η δυναμική ενέργεια του νερού στη λίμνη θα ισούται με την κινητική ενέργεια στην είσοδο του στροβίλου πολλαπλασιασμένη με κάποιο συντελεστή απωλειών $n_{\text{υδ}}$ που παρουσιάζει το νερό κατά την υδατόπτωση. Εάν $n_{\text{υδρ}}$ είναι ο βαθμός απόδοσης του υδροστρόβιλου και $n_{\text{γεν}}$ ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας, η συνολική ηλεκτρική ισχύς του σταθμού είναι:

$$P_{\text{ηλ.}} = 9,81 \cdot Q \cdot h \cdot n_{\text{υδ}} \cdot n_{\text{υδρ}} \cdot n_{\text{γεν}} \text{ σε KW}$$

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο βαθμός απόδοσης της υδατόπτωσης είναι περίπου $n_{\text{υδ}} = 0.9$, ο βαθμός απόδοσης του υδροστρόβιλου είναι $n_{\text{υδρ}} = 0.90 - 0.95$ και ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας μεγαλύτερος του 0.95.

Η υδραυλική ενέργεια η οποία σ' έναν υδροηλεκτρικό σταθμό χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρέχεται δωρεάν από τη φύση, αλλά η εκμετάλλευσή της προϋποθέτει σημαντικές δαπάνες και έργα.

Είναι γεγονός ότι ένας υδροηλεκτρικός σταθμός απαιτεί μηδενικό κόστος καυσίμου και χρειάζεται ελάχιστο προσωπικό και λιγότερη συντήρηση από ένα θερμοηλεκτρικό σταθμό ίδιου μεγέθους, αλλά οι ετήσιες δαπάνες εξυπηρέτησής του είναι αρκετά μεγαλύτερες. Οι δαπάνες αυτές είναι μεγάλες λόγω των μεγάλων δομικών έργων που απαιτεί η διαμόρφωση της υδραυλικής εγκατάστασης.

Όμως το χαμηλό κόστος κατασκευής δεν αποτελεί το μοναδικό κριτήριο στην κατασκευή ενός ηλεκτροπαραγωγικού έργου. Πρέπει και λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως είναι η ενεργειακή πολιτική της ΔΕΗ ή της χώρας ή ο συνδυασμός του συγκεκριμένου έργου με άλλους κοινωφελείς σκοπούς (προστασία του περιβάλλοντος, μη εισαγωγή καυσίμου κλπ.).

Το κόστος εγκατάστασης ενός υδροηλεκτρικού σταθμού δεν εξαρτάται από το ύψος της εγκατεστημένης ισχύος, αλλά από άλλους παράγοντες, όπως είναι οι αγορές εκτάσεων, οι απαλλοτριώσεις που πρέπει να γίνουν, τα έργα στεγανοποίησης και διαμόρφωσης που πρέπει να εκτελεστούν, οι σήραγγες εκτροπής, η κατασκευή φράγματος, οι δρόμοι προσπέλασης και άλλα έργα απαραίτητα για την εγκατάσταση ενός τέτοιου σταθμού.

Το συνολικό κόστος μειώνεται γενικά με την αύξηση του μεγέθους του σταθμού και

εξαρτάται από τη θέση και τις ιδιομορφίες της περιοχής εγκατάστασής του. Εάν η παροχή του νερού δεν είναι συνεχής, όπως συμβαίνει στην περίπτωση ύπαρξης ενός μεγάλου ποταμού, αλλά βασίζεται περισσότερο στις βροχοπτώσεις και στα χιόνια, τότε το νερό δεσμεύεται σε τεχνητές λίμνες ή σε δεξαμενές, για να χρησιμοποιηθεί κατά βούληση. Ανάλογα με την ποσότητα του αποθηκευμένου νερού, ο σταθμός εγκαθίσταται στη βάση του φράγματος ή σε άλλη θέση χαμηλότερα, ώστε να υπάρχει υψομετρική διαφορά και να γίνεται εκμετάλλευση της μεγάλης υδατόπτωσης.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο οι αποκαλούμενοι **αντλητικοί υδροηλεκτρικοί σταθμοί**, που χρησιμεύουν και για τη βελτίωση του συντελεστή φορτίου του συστήματος. Οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου, για να αντλήσουν νερό από μια χαμηλότερη στάθμη προς τη δεξαμενή, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί κατόπιν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες υψηλού φορτίου. Αυτοί οι σταθμοί προϋποθέτουν την ύπαρξη ταμιευτήρα νερού στη βάση του σταθμού, στον οποίο συγκεντρώνεται το νερό μετά τη χρησιμοποίησή του.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης ενός αντλητικού σταθμού είναι χαμηλός, αλλά η ενέργεια άντλησης κατά τις ώρες μη αιχμής είναι πολύ φτηνή, επειδή γίνεται σε ώρες που η ενέργεια αυτή θα πήγαινε **χαμένη** λόγω μικρότερης ζήτησης από τους καταναλωτές. Έτσι, οι απαιτήσεις παροχής ενός αντλητικού σταθμού είναι χαμηλές σε σχέση με ένα συμβατικό σταθμό, γιατί το μόνο που χρειάζεται είναι να συμπληρώνονται κάθε φορά οι απώλειες του νερού που προέκυψαν από απώλειες ή εξάτμιση.

Το κέρδος επίσης από έναν υδροηλεκτρικό σταθμό μπορεί να είναι διπλό, εάν συνδυάζεται με την άρδευση χωραφιών. Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι, επειδή οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χρειάζονται ελάχιστο χρόνο για να φορτιστούν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως σταθμοί αιχμής. Το μέγεθος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού εξαρτάται κυρίως από: τη διαθέσιμη ετησίως ποσότητα νερού και το ρυθμό παροχής της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Π.Ε)

3.1 Γενικά στοιχεία

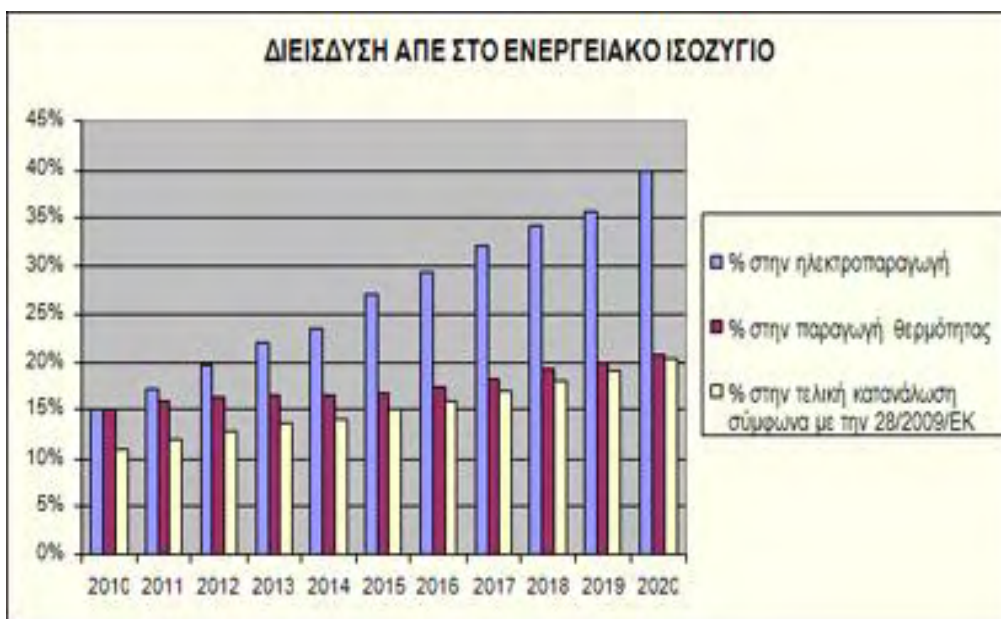
Σύμφωνα με την ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ορίζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή, η υδραυλική ενέργεια, τα εκλυόμενα αέρια από χώρους υγειονομικής ταφής, καθώς και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια. (ΥΠΕΚΑ)

Οι ανανεώσιμες πηγές βρίσκονται σε σταθερή προσφορά και δεν υπόκεινται στο νόμο της εξάντλησης. (Φαναριώτης, 2009)

Σύμφωνα με τον Ν. 2773/1999 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ορίζεται ως η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από (ΥΠΕΚΑ):

1. εκμετάλλευση Αιολικής ή Ηλιακής Ενέργειας ή βιομάζας ή Βιοαερίου
2. εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας (με τον ενδιαφερόμενο να κατέχει το δικαίωμα εκμετάλλευσης)
3. εκμετάλλευση της Ενέργειας από την Θάλασσα
4. εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW
5. συνδυασμό των ανωτέρω
6. συμπαραγωγή από τις (1) και (2) προαναφερθείσες πηγές

Στο ακόλουθο γράφημα 2 περιγράφεται αριθμητικά η διείσδυση καθώς και η εκτίμηση διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. Όπως προκύπτει, σημαντική είναι η ποσοστιαία διείσδυση στην ηλεκτροπαραγωγή.



Γράφημα 2. Εκτίμηση διείσδυσης ΑΠΕ

(<http://www.ypeka.gr/?tabid=285>)

Βάσει της 5^{ης} Εθνικής έκθεσης του ΥΠΕΚΑ για το επίπεδο διείσδυσης της ανανεώσιμης ενέργειας (2009), η κυριότερη πηγή καυσίμου για την Ελλάδα είναι ο εγχώριος λιγνίτης, που συγκεκριμένα το 2008 κάλυψε το 50,5% των συνολικών αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Αξιόλογα είναι όμως και τα στοιχεία που αφορούν την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύς των μονάδων ΑΠΕ. (ΥΠΕΚΑ, 2009)

Πίνακας 6. Εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικής ενέργειας ΑΠΕ.

Εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικής ενέργειας (MW)					
ΑΠΕ	2001	2003	2005	2007	2009
Φωτοβολταϊκά	1	1	1	9	37
ΜΥΗΣ	45	50	64	95	180
Αιολικά	270	371	491	846	1.140
Βιομάζα	22	22	24	39	41
Σύνολο	338	444	581	989	1.398

(Πηγή: 5^η Εθνική έκθεση του ΥΠΕΚΑ 2009)

3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα

1. Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
2. Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
3. Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
4. Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
5. Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
6. Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Μειονεκτήματα

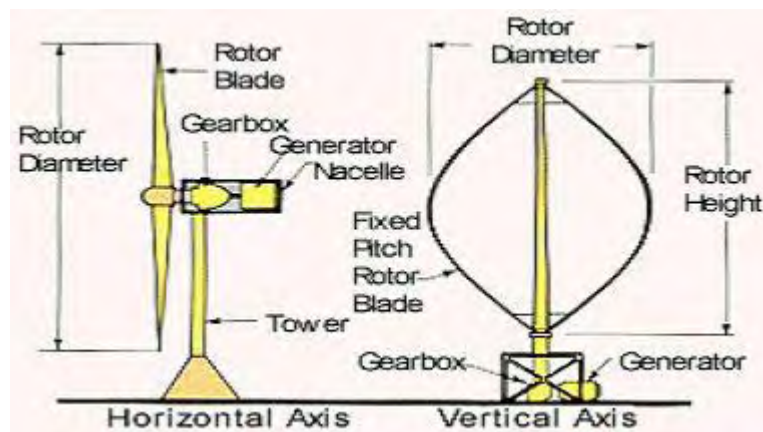
1. Έχουν ένα αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
2. Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
3. Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
4. Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
5. Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

3.3 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας Α.Π.Ε.

Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια βασίζεται στη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική και κατόπιν σε ηλεκτρική μέσω της χρήσης των ανεμογεννητριών (Α/Γ). Συνήθως η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις Α/Γ αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση μέσω ειδικών ηλεκτρικών συσσωρευτών. (ΥΠΕΚΑ)

Διακρίνονται δύο τύποι συστημάτων αιολικής ενέργειας, βάσει του τρόπου περιστροφής του άξονα της τουρμπίνας των Α/Γ ως προς το έδαφος. Αυτοί είναι ο τύπος με τον οριζόντιο άξονα και ο τύπος με τον κατακόρυφο άξονα. (Ανδρίτσος, 2008)



Εικόνα 12. Τύποι συστημάτων αιολικής ενέργειας

(http://www.buildings.gr/greek/aiforos/ananeosimes/wind_energy/eoliki.htm)

Ηλιακή ενέργεια

Μελέτες έχουν δείξει πως το πλούσιο ηλιακό δυναμικό της χώρας και κατ' επέκταση η παραγόμενη ηλιακή ενέργεια μπορεί να καλύψει το ένα τρίτο των ενεργειακών της αναγκών. Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας η ετήσια ηλιοφάνεια διαρκεί πάνω από 2700 ώρες. Η Δ. Μακεδονία και η Ήπειρος καταγράφει τις χαμηλότερες τιμές μεταξύ 2200-2300 ώρες, ενώ η Ρόδος και η Ν. Κρήτη ξεπερνά ετησίως τις 3100 ώρες.⁴

Σήμερα η ορθή εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας από το σύνολο των παθητικών και ενεργητικών συστημάτων των κτιρίων στηρίζει τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Η δυναμικότητα των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων πλησιάζει τα 820MW και προβλέπεται μέχρι το 2020 να φτάσει τα 2.200 MW. Εκτός από τη ΔΕΗ, εταιρείες όπως: οι

⁴ <http://www.allaboutenergy.gr/HliakiEnergeia.html>

γερμανικές Conergy και WPD, η γαλλική EDF-EEN, η αυστραλιανή Babcock & Brown και ο έλληνο-ισπανικός όμιλος Ρόκας-Iberdrola έχουν επενδύσει στο κλάδο της ηλιακής ενέργειας στη χώρα.⁵

Η ηλιακή φωτοβολταϊκή τεχνολογία (SPV) παρέχει τη δυνατότητα άμεσης μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό, δημιουργώντας δυνατότητες για χρήση σε αντλητικά συγκροτήματα, συστήματα φωτισμού & ψύξης, λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών κ.α. (Φαναριώτης, 2009)

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Πρόκειται για ενέργεια που βασίζεται στη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών καθώς και της κινητικής του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, μέσω ενός συνόλου έργων και εξοπλισμών αποτελεί το υδροηλεκτρικό έργο. (ΥΠΕΚΑ)

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις υδατοπτώσεις μπορεί να αποτελέσει σημαντικό ποσοστό του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. (Φαναριώτης, 2009)

Σήμερα η εγκατεστημένη ισχύς των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων φτάνει έως και 12,5 MW. Στην Ελλάδα αξιοποιείται μόνο το 20% του εγχώριου υδατικού δυναμικού. (Ανδρίτσος, 2008)

Πρόκειται για μια μορφή ενέργειας πολύ αποδοτική (>85%), χωρίς δημιουργία ρύπων και αποβλήτων (μόνο τοπική μεταβολή του μικροκλίματος) και απαίτηση ελάχιστου προσωπικού και μηχανημάτων λειτουργίας. Παράλληλα χαρακτηρίζεται από μικρό κόστος εγκατάστασης, μεγάλη διάρκεια ζωής συγκριτικά με τις μονάδες καύσης άνθρακα και σε ορισμένες περιπτώσεις βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος. (Ανδρίτσος, 2008)

Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια ήπια εναλλακτική μορφή ενέργειας. Πηγάζει από το εσωτερικό της γης μέσω ηφαιστειακών εκροών ή ρηγμάτων. Βάσει της θερμοκρασίας των ανερχόμενων ρευστών, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής ενθαλπίας (άνω των 150 °C), μέσης (100-150 °C) και χαμηλής ενθαλπίας (κάτω των 100 °C).⁶

⁵ <http://www.investingreece.gov.gr/default.asp?pid=36§orID=49&la=2>

⁶ <http://www.geodifhs.com/4/post/2010/04/89.html>

Βιομάζα

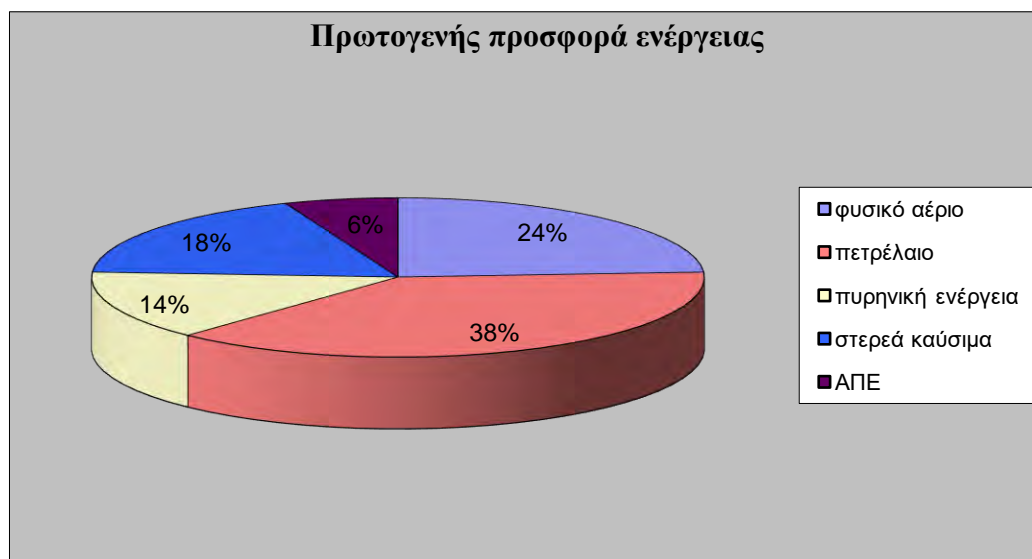
Οργανικά υλικά όπως αγροτικά/ γεωργικά προϊόντα, δέντρα, φυτά και απόβλητα αποτελούν ενεργειακές πηγές στις οποίες στηρίζεται η βιομάζα. Η μετατροπή σε βιομάζα ή βιοκαύσιμα γίνεται μέσω της θερμότητας. Σήμερα η εγκατεστημένη ισχύς είναι 43MW.

Αξίζει να σημειωθεί πως η βιομάζα είναι η μόνη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία μπορεί να παράγει ταυτόχρονα θερμότητα, ηλεκτρισμό και καύσιμα αυτοκινήτων. (Φαναριώτης, 2009)

Πλεονέκτημα των σταθμών χρήσης βιομάζας είναι πως μπορούν να εγκατασταθούν σε πολλές τοποθεσίες, κάτι που όμως δε συμβαίνει με τους άλλους τύπους ΑΠΕ.

3.4 Κλιματική αλλαγή και σχεδιασμός

Βάσει του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας, το επόμενο τέταρτο του 21^{ου} αιώνα οι ενεργειακές ανάγκες προβλέπεται να αυξηθούν κατά 53%. Η σύνθεση του ενεργειακού τοπίου στην Ευρώπη (στοιχεία 2006) παρουσιάζεται στο γράφημα 3.



Γράφημα 3. Πρωτογενής προσφορά ενέργειας

Ουσιαστικά η ιδέα για τη δημιουργία μιας ενιαίας ευρωπαϊκής ενεργειακής αγοράς αποτέλεσε πρόταση της βρετανικής προεδρίας το 2005. Το 2007 όμως ψηφίστηκε ο Ευρωπαϊκός Ενεργειακός Χάρτης από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Οι δεσμεύσεις που ψηφίστηκαν (Energy for a changing world) ήταν:

α) περικοπή κατά 20% εκπομπών CO₂ που προέρχονται από πρωτογενείς πηγές ενέργειας ως το 2020 (βάσει των επιπέδων του 1990).

β) μείωση κατά 50% εκπομπών CO₂ που προέρχονται από πρωτογενείς πηγές ενέργειας ως το 2050 (βάσει των επιπέδων του 1990).

γ) αποσύνδεση δραστηριοτήτων παραγωγής και προμήθειας ενέργειας των εταιρειών παραγωγής ενέργειας από τα δίκτυα διανομής, προς αύξηση του ανταγωνισμού της αγοράς ενέργειας.

δ) ορισμός ελαχίστου ορίου χρησιμοποίησης των βιοκαυσίμων στις μεταφορές

ε) διαμόρφωση πανευρωπαϊκού σχεδίου ανάπτυξης τεχνολογιών στον τομέα της ενεργειακής τεχνολογίας.

Για να πραγματοποιηθεί βέβαια η απεξάρτηση της Ευρώπης από τις εισαγωγές ενεργειακών πηγών, απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις. Το ύψος αυτών μέχρι το έτος 2030 παραθέτεται στον ακόλουθο πίνακα 7. (Φαναριώτης, 2009)

Πίνακας 7. Ενεργειακές επενδύσεις

Κατηγορία	Δισεκατομμύρια ευρώ	Αναλογία συμμετοχής (%)
Πετρέλαιο	90	5,1
Φυσικό αέριο	221	12,3
Άνθρακας	24	1,3
ΑΠΕ	78	4,4
Ηλεκτρική ενέργεια	1377	76,9
Σύνολο	1790	100

3.5 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο και εφαρμογές

Ένα σύνολο από Νόμους, Προεδρικά Διατάγματα (Π.Δ.) και Υπουργικές Αποφάσεις (Υ.Α.) συνθέτουν το θεσμικό πλαίσιο της χώρας και διαμορφώνουν τον τομέα της ενέργειας και κατ' επέκταση του ηλεκτρισμού. Αναμφίβολα ο Ν. 1559/1985 "Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ Α' 135) αποτέλεσε τη βάση για την εξέλιξη των ΑΠΕ. Βάσει αυτού εγκαταστάθηκαν από τη ΔΕΗ μικρά αιολικά πάρκα και ορισμένα φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικά 24MW.

Εν συνεχεία ο N. 2244/1994 “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α’168) συνέβαλε περισσότερο στην ανάπτυξη των ΑΠΕ. Σύμφωνα με το Νόμο αυτό καθορίστηκαν σταθερές τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ και υποχρεωτική αγορά αυτής από τη ΔΕΗ.

Με το N. 2773/1999 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α’ 286) ενσωματώθηκε η Οδηγία 96/92/ΕΚ για την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Θέματα που αφορούσαν την εγκατάσταση ΑΠΕ και γενικά ζητήματα αδειοδότησης τους καλύφθηκαν περισσότερο με το N. 2941/2001 “Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. 'ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ' και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α’ 201).

Ειδικά σε ότι αφορά τη γεωθερμική ενέργεια ο N. 3175/2003 όρισε κανόνες για την ορθολογική χρήση της, βάσει του πλαισίου που διαμόρφωσε το κοινοτικό δίκαιο.

Ο N. 3468/2006 “Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις” (ΦΕΚ Α’ 129) εισήγαγε διατάξεις προς ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με την ένταξη στο δίκτυο, την τιμολόγηση των ΑΠΕ κ.α.

Επίσης σημαντικά είναι:

- Οδηγία 2001/77/ΕΚ “Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας”.
- Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/οικ.2262 (ΦΕΚ Β’ 97): Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς.
- ΥΑΠΕ/Φ1/14810/04.10.2011(ΦΕΚΒ’/2373/25.10.2011): Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.).
- Οδηγία 2009/28/ΕΚ "Σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ".
- ΚΥΑ 1726/2003 «Διαδικασία προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» (ΦΕΚ Β’ 552).
- Ν.3734/2009 «Προώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας» (ΦΕΚ 8/Α/28.01.2009): α) εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την

Οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της Συμπααραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά και συμπληρώνεται το σχετικό νομικό πλαίσιο και β) αναπροσαρμόζονται τα τιμολόγια απορρόφησης της ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

4.1 Εισαγωγή στην πυρηνική ενέργεια

Ως πυρηνική ενέργεια ορίζεται η ενέργεια που υπάρχει στον πυρήνα του ατόμου και είναι δυνατό να απελευθερωθεί με σχάση ή σύντηξη. Πρόκειται δηλαδή για δυναμική ενέργεια εγκλωβισμένη στους πυρήνες των ατόμων εξαιτίας της αλληλεπίδρασης των συνιστώμενων σωματιδίων. Η ενέργεια που εκλύεται από τις πυρηνικές αντιδράσεις με τη μορφή θερμότητας χρησιμοποιείται προς κάλυψη ενεργειακών αναγκών (Young, 1994).

Η βασική διαφορά μεταξύ συμβατικών ατμοηλεκτρικών και πυρηνικών σταθμών παραγωγής έγκειται στον τρόπο παραγωγής του ατμού ο οποίος κινεί τους ατμοστροβίλους. Σε έναν συμβατικό σταθμό αυτό γίνεται, όπως είναι γνωστό, με την καύση άνθρακα, πετρελαίου ή φυσικού αερίου στην εστία ενός ατμοπαραγωγού. Στον πυρηνικό σταθμό η καύση αντικαθίσταται από έναν πυρηνικό αντιδραστήρα. Στον πυρηνικό αντιδραστήρα η ενέργεια η οποία εκλύεται υπό μορφή θερμότητας κατά τη σχάση του πυρηνικού καυσίμου μεταφέρεται σε ένα ψυκτικό μέσο, το οποίο είτε χρησιμοποιείται για να παράγει ατμό σε έναν εναλλάκτη θερμότητας, ή σε περίπτωση ψύξεως με ύδωρ είναι δυνατόν το ψυκτικό μέσο να αφεθεί να ατμοποιηθεί απευθείας.

4.2 Σχάση και Σύντηξη

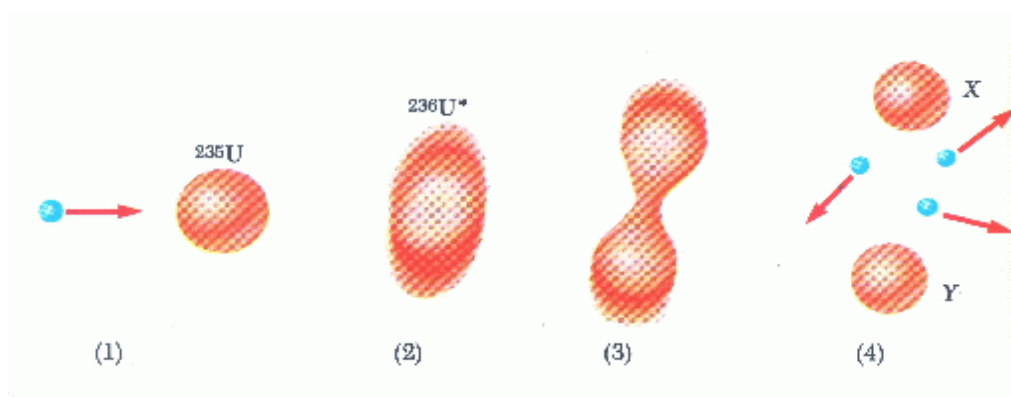
Υπάρχουν δύο τρόποι παραγωγής πυρηνικής ενέργειας. Η πυρηνική σχάση και η πυρηνική σύντηξη. Και οι δύο ερευνήθηκαν τον 20^ο αιώνα αλλά μόνο η πρώτη έχει εφαρμοστεί μέχρι στιγμής για την παραγωγή ενέργειας και άλλους σκοπούς.

Ως πυρηνική σχάση ορίζεται η διαδικασία όπου ένας ασταθής ατομικός πυρήνας σχάται, δηλαδή διασπάται σε δύο ή περισσότερους πυρήνες και σε ορισμένα μικρότερα σωματίδια – παραπροϊόντα όπως π.χ. τα νετρόνια, τα οποία ακολούθως μπορούν να προκαλέσουν περαιτέρω σχάσεις στο πλαίσιο της αλυσιδωτής αντίδρασης⁷.

⁷ http://gate.iesl.forth.gr/~kafesaki/Modern-Physics/lectures/modern_physics9.html

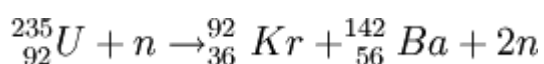
Πρόκειται δηλαδή για την πυρηνική αντίδραση που καθορίζει τον τεμαχισμό του πυρήνα-στόχου σε δύο νέους πυρήνες με μάζες που διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Βέβαια η απορρόφηση νετρονίου κατάλληλης κινητικής ενέργειας από βαρύ πυρήνα δεν είναι σίγουρο πως θα οδηγήσει πάντα σε σχάση του νέου σύνθετου πυρήνα. Μπορεί ο σύνθετος πυρήνας να αποδιεγερθεί με εκπομπή φωτονίου (ραδιενεργός ενσωμάτωση). Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τη σχάση υπολογίζεται από τον προσδιορισμό της ποσότητας μάζας που χάνεται κατά την πυρηνική αντίδραση (Μαραζιώτης, 2008).

Παράδειγμα πυρηνικής σχάσης απεικονίζεται στην ακόλουθη εικόνα 13, όπου μέσω βομβαρδισμού με νετρόνια, ο πυρήνας συλλαμβάνοντας το νετρόνιο αρχίζει να ταλαντώνεται, να παίρνει διάφορα σχήματα και εν τέλει διασπάται.



Εικόνα 13. Πυρηνική σχάση με βομβαρδισμό με νετρόνιο

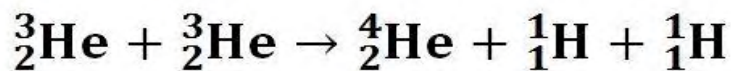
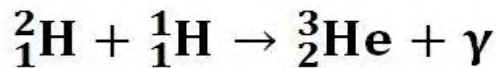
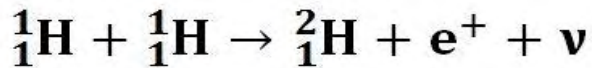
Ένα τυπικό κανάλι περιγράφει η ακόλουθη αντίδραση:



Η σχάση είναι μια πυρηνική αντίδραση που γίνεται μόνο με νετρόνια. Τα προϊόντα αυτής είναι νέοι πυρήνες, νετρόνια και φυσικά έκλυση μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Οι πυρήνες που παθαίνουν εύκολα σχάση είναι όσοι έχουν μικρό έλλειμμα μάζας και είναι ασταθείς. Οι προκύπτοντες πυρήνες εκ της σχάσης είναι ραδιενεργοί και έχουν την τάση να σταθεροποιηθούν με την αποβολή ενέργειας με τη μορφή ραδιενέργειας. Γενικά η σχάση είναι εξώθερμη πυρηνική αντίδραση, καθώς απελευθερώνεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας που εξαρτάται από τα προϊόντα της σχάσης (Νίνος, Παταργιάς, 1990).

Ποσοστό περίπου 80% εκ του ποσού ενέργειας που εκλύεται σε μια αντίδραση σχάσης, εμφανίζεται ως κινητική ενέργεια των βαρέων πυρήνων στην τελική κατάσταση. (Ασημακόπουλος, 2004)

Η αντίστροφη διαδικασία της σχάσης πυρήνων είναι η σύντηξη, η οποία ευθύνεται για την ηλιακή ενέργεια. Πρόκειται για τη συνένωση ελαφρών πυρήνων σε βαρύτερους με παράλληλη απελευθέρωση ενέργειας. Οι σχέσεις που ακολουθούν ορίζουν τη σύντηξη πυρήνων υδρογόνου προς σχηματισμό Ηλίου (He).



Η σύντηξη δύο ελαφρών πυρήνων σε ένα βαρύτερο πυρηνικό σύστημα αναμένεται να οδηγήσει σε έκλυση μεγάλων ποσών ενέργειας. Γενικά το έναυσμα και η διατήρηση της διεργασίας σύντηξης απαιτεί πολύ υψηλή θερμοκρασία πλάσματος των βαρέων ισοτόπων του υδρογόνου και επίσης ικανή πυκνότητα πυρήνων. Ενδεικτικά ορισμένες τυπικές τιμές προς ικανοποίηση της κατάστασης αυτής και που αποτελούν στόχους των ερευνητικών ομάδων ανάπτυξης ενός αντιδραστήρα σύντηξης είναι οι ακόλουθες (Ασημακόπουλος, 2004):

- 1) θερμοκρασία πλάσματος = $1-2 \cdot 10^8$ K
- 2) πυκνότητα πλάσματος = $1-2 \cdot 10^8$ πυρήνες ανά m^3
- 3) πίεση πλάσματος = 3-10 bar

Οι μέθοδοι που προτείνονται για την επίτευξη των παραπάνω είναι (Ασημακόπουλος, 2004):

- 1) η σύντηξη μαγνητικού περιορισμού

Συνδυασμός μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων για το χωρικό περιορισμό και τη μόνωση του πλάσματος.

- 2) η σύντηξη αδρανιακού περιορισμού

Επίτευξη σύντηξης με ισχυρή συμπίεση μικρών ποσοτήτων του υλικού.

4.3 Τύποι αντιδραστήρων

Αντιδραστήρες ελαφρού νερού (LWR)

Σε αυτή την κατηγορία αντιδραστήρων ο παραγόμενος ατμός αναπτύσσεται σε μια τουρμπίνα που οδηγεί μια γεννήτρια στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος βάσει του συμβατικού τρόπου. Ο καπνός που εξέρχεται περνά από ένα συμπυκνωτή όπου και μετατρέπεται σε υγρό (νερό) και αυτό επιστρέφει ακολούθως στην περιοχή παραγωγής ατμού δηλαδή την πυρηνική καρδιά. Σε αυτούς τους αντιδραστήρες οι συνθήκες ορίζονται έτσι ώστε η θερμοκρασία του παραγόμενου ατμού να είναι χαμηλότερη εκείνης των θερμοηλεκτρικών εργοστασίων (Μαραζιώτης, 2008).

Αντιδραστήρες πεπιεσμένου ελαφρού νερού (PWR)

Πρόκειται για αντιδραστήρα που έχει κυλινδρική καρδιά και περίπου 4,2μ ύψος και 3,4μ ακτίνα. Αποτελείται συνολικά από 4000 καυσοράβδους διαμορφωμένες σε ομάδες 200 καυσοράβδων ορίζοντας τετραγωνική διάταξη με πλευρά 0,2 μ. Το διοξείδιο του ουρανίου αποτελεί το κύριο καύσιμο υλικό ελαφρώς εμπλουτισμένο σε U-235. Σε ορισμένες ομάδες καυσοράβδων υπάρχουν σωλήνες κενοί που έχουν τη χρήση οδηγών για τον καθορισμό της κίνησης των ράβδων ελέγχου. Οι ράβδοι ελέγχου συνδυάζονται σε ράβδους των 24 ράβδων. Συνολικά στην καρδιά υπάρχουν κατανεμημένες 60 ομάδες. Οι ομάδες των ράβδων ελέγχου διακινούνται με ειδικό μηχανισμό ο οποίος βρίσκεται στην κορυφή της καρδιάς, η οποία περιβάλλεται από ένα δοχείο στηριζόμενο σε κυλινδρικό δοχείο πίεσης πάχους 20-23mm κατασκευασμένο από χάλυβα. Το δοχείο πίεσης περιέχει νερό με χρήση ψυκτικού, ανακλαστήρα ή επιβραδυντή. Το νερό βρίσκεται υπό πίεση 15,5 MPa προς αποφυγή βρασμού στο χώρο της καρδιάς και εκεί θερμαίνεται σε 239° C (Μαραζιώτης, 2008).

Τα αέρια απόβλητα των εργοστασίων με αντιδραστήρες PWR διακρίνονται σε αέρια κύριου συστήματος, δευτερεύοντος συστήματος και εξαερισμού. Ειδικά η ραδιενέργεια στα απόβλητα των αερίων του δευτερεύοντος συστήματος θα μπορούσε να είναι αυξημένη από τις διαρροές στους αυλούς της ατμογεννήτριας.

Αντιδραστήρας βράζοντος ελαφρού νερού (BWR)

Η καρδιά του αντιδραστήρα αυτού αποτελείται από 40.000 καυσοράβδους με ελαφρώς εμπλουτισμένο διοξείδιο του ουρανίου και επένδυση Zircaloy. Αξιόλογο είναι το γεγονός πως τα στοιχεία ελέγχου του BWR έχουν μια σταυρωτή ενεργό διατομή και επιπλέον τέσσερα φύλλα που περιέχουν κατακόρυφους σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβα γεμισμένους με ανθρακούχο βόριο. Τα φύλλα αυτά (πτερύγια) κινούνται μεταξύ των ομάδων των

καυσοράβδων. Τα στοιχεία ελέγχου εισέρχονται από τον πυθμένα του δοχείου και όχι από την κορυφή όπως στους PWR. Το σύνολο αυτών στοιχείων ορίζουν στον αντιδραστήρα αυτού του τύπου το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης παραγωγής πυρηνικής θερμότητας κατά την αξονική διεύθυνση και τη δυνατότητα χρήσης του ανώτερου τμήματος του αντιδραστήρα και για άλλους σκοπούς (Μαραζιώτης, 2008).

Η παραγόμενη θερμότητα θερμαίνει το νερό που βράζει στο ανώτερο τμήμα της καρδιάς. Ένα μίγμα ατμού-νερού απομακρύνεται από την καρδιά με 14% κ.β. ατμό και το υπόλοιπο υγρό. Το μίγμα επιστρέφει στην καρδιά και ακολούθως διοχετεύεται στο ανώτερο μέρος αυτής. Η ποσότητα του νερού που δεν έχει εξατμισθεί στην καρδιά μαζί με το feedwater επαναφέρεται μέσω 2 αντλιών (Μαραζιώτης, 2008).

Αντιδραστήρες βαρέως νερού (HWR)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι αντιδραστήρες τύπου PHWR πεπιεσμένου βαριού νερού και οι αντιδραστήρες τύπου BHWR βράζοντος βαρέως νερού. Η πρώτη κατηγορία χρησιμοποιεί ως καύσιμο το φυσικό ουράνιο και ως επιβραδυντικό και ψυκτικό μέσο το βαρύ νερό (D₂O). Αυτού του τύπου οι αντιδραστήρες λειτουργούν σήμερα στο Πακιστάν, την Ινδία, τη Σουηδία και τη Γερμανία. Η δεύτερη κατηγορία αντιδραστήρων χρησιμοποιεί ως καύσιμο το εμπλουτισμένο ουράνιο ή το φυσικό ουράνιο με πλουτόνιο. Το επιβραδυντικό μέσο είναι βαρύ νερό και αντίστοιχα το ψυκτικό μέσο το ελαφρύ νερό.

Σήμερα υπάρχει η τάση της χρήσης ελαφρά εμπλουτισμένου ουρανίου αντί για φυσικού ουρανίου στον αντιδραστήρα αυτό (Μαραζιώτης, 2008).

Ταχείς αναπαραγωγικοί αντιδραστήρες (FWR)

Εδώ το καύσιμο υλικό είναι το υψηλά εμπλουτισμένο ουράνιο με PuO₂. Το ψυκτικό μέσο είναι μέταλλο με μεγάλο ατομικό βάρος Na ή αέριο με μικρή μοριακή πυκνότητα. Κύριος στόχος είναι η οικονομική εκμετάλλευση της αναπαραγωγικής ικανότητας του αντιδραστήρα που χρησιμοποιεί για τη λειτουργία του ταχέα νετρόνια. Τα κυριότερα ωστόσο μειονεκτήματα του εντοπίζονται στην αναζήτηση του κατάλληλου ψυκτικού μέσου, του υψηλού βαθμού εμπλουτισμού, των σύνθετων διαδικασιών ασφαλείας κ.α. Πρόκειται για τύπο ιδιαίτερα ανεπτυγμένο στη Γαλλία (Μαραζιώτης, 2008).

4.4 Διαφορές συμβατικών και πυρηνικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής

Πέρα από τις ομοιότητες που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα για τις συμβατικές και τις πυρηνικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, υπάρχουν και βασικές διαφορές με αφετηρία τους διαφορετικούς μηχανισμούς παραγωγής θερμότητας.

Στη συμβατική μονάδα, η παραγόμενη θερμική ενέργεια στηρίζεται σε εξώθερμες χημικές αντιδράσεις του άνθρακα και του υδρογόνου με οξυγόνο (καύση). Ο ρυθμός διάχυσης οξυγόνου προς την επιφάνεια του καυσίμου, καθώς και ο ρυθμός απομάκρυνσης των προϊόντων της καύσης (CO_2 , H_2O) από την επιφάνεια του, διαμορφώνουν τους κυριότερους περιοριστικούς παράγοντες. Συνεπώς ορίζεται ανώτατο όριο της παραγόμενης ισχύος ανά μονάδα όγκου λέβητα και ανώτατο όριο της συνολικής παραγόμενης ισχύος σε λέβητα ορισμένου όγκου. Με προσθήκη μεγαλύτερου όγκου καυσίμου και οξυγόνου, θα υπάρξει διαφυγή του περισσεύματος πάνω από το ανώτατο όριο χωρίς καύση (Αντωνόπουλος κ.α., 2009).

Αντίθετα, στον πυρηνικό αντιδραστήρα δεν ορίζεται ανώτατο όριο παραγόμενης θερμικής ισχύος πυρηνικού καυσίμου. Αυτό συμβαίνει γιατί το ανώτατο όριο της παραγόμενης πυκνότητας ισχύος είναι μεγαλύτερο εκ της μέγιστης ικανότητας απαγωγής του από το καύσιμο (με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας) (Αντωνόπουλος κ.α., 2009).

Οι παράγοντες που επιδρούν στο ανώτατο επιτρεπόμενο όριο παραγωγής θερμικής ισχύος στον αντιδραστήρα είναι: α) η ανώτατη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του υλικού του περιβλήματος των ράβδων καυσίμου και β) το όριο θερμικής ισχύος που είναι δυνατό να μεταφερθεί από το καύσιμο στο ψυκτικό. Έτσι αντίθετα με τους λέβητες, η πυκνότητα ισχύος σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα πρέπει να συγκρατηθεί κάτω από συγκεκριμένα επιτρεπόμενα όρια (Αντωνόπουλος κ.α., 2009).

Πολύ σημαντική διαφορά επίσης επισημαίνεται και στο θέμα της ασφάλειας των δύο συστημάτων που εξαρτάται από τις διαδικασίες μεταφοράς της θερμότητας. Έτσι, στο λέβητα η μέγιστη θερμοκρασία διαμορφώνεται στη φλόγα των αερίων και έχει ένα ορισμένο μέγιστο όριο, υπολογιζόμενο από τη θερμότητα της καύσης και την ειδική θερμότητα των προϊόντων αυτής. Αν για οποιοδήποτε λόγο η ροή του ρευστού διακοπεί σε κάποια σωλήνα, τότε ο σωλήνας θα υπερθερμανθεί με χειρότερο αποτέλεσμα τη θραύση του και συνεπώς το σταμάτημα της μονάδος. Στον αντιδραστήρα όμως η παραγόμενη θερμότητα μέσα στις ράβδους του καυσίμου δε συγκρίνεται με κάποιο μέγιστο όριο της παραγόμενης θερμικής ισχύος. Με τυχόν μεγάλη αύξηση της ισχύος του αντιδραστήρα ή μείωση της ροής του ψυκτικού, είναι δυνατό να προκληθεί αύξηση της θερμοκρασίας άνω του σημείου τήξης του

περιβλήματος της ράβδου και παράλληλα εισαγωγή στο ψυκτικό των ραδιενεργών προϊόντων της σχάσης. Ακόμη και με το σταμάτημα της λειτουργίας του αντιδραστήρα συνεχίζει η παραγωγή θερμότητας, λόγω της διάσπασης των ραδιενεργών προϊόντων της σχάσης. Οι συνολικές συνέπειες εξ' αυτού είναι πιθανό να είναι πολύ σοβαρές. Ακόμη και στην περίπτωση μη ρύπανσης του περιβάλλοντος, οι οικονομικές συνέπειες ενός τέτοιου ατυχήματος είναι δυνατό να είναι μεγάλες (Αντωνόπουλος κ.α., 2009).

4.5 Υπέρ και κατά

Αναμφισβήτητα σημαντικό πλεονέκτημα της πυρηνικής ενέργειας είναι η μη συμμετοχή της στην αύξηση των αερίων που συμβάλουν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα πυρηνικά απόβλητα που παράγονται αποτελούν μικρές σχετικά ποσότητες με αντίστοιχα μικρό όγκο.

Η χρήση πυρηνικής ενέργειας μπορεί να διαμορφώσει ένα περιβάλλον ενεργειακής ασφάλειας και να προσφέρει σε μια χώρα αντίστοιχη ηλεκτρική ενεργειακή επάρκεια. Αξίζει να σημειωθεί πως τα πυρηνικά εργοστάσια είναι σε θέση να αποθηκεύσουν καύσιμο έως 5 έτη. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική χαρακτηρίζεται από τις μηδενικές εκπομπές CO₂ και μεγάλη σταθερότητα ως προς τον εφοδιασμό.

Στα πλεονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας συγκαταλέγεται επίσης το γεγονός πως ενέργεια αυτή μπορεί εύκολα να αναβαθμιστεί, ενώ συνολικά το κόστος για την ηλεκτροπαραγωγή είναι χαμηλό.

Οι πυρηνικές εγκαταστάσεις απαιτούν ένα σημαντικό αριθμό εργαζομένων για τη λειτουργία τους και στηρίζουν έτσι τις τοπικές και κρατικές κοινωνίες μέσω της δημιουργούμενης απασχόλησης, των φόρων και άλλων δαπανών. Κατά μέσο όρο, μια εγκατάσταση πυρηνικής ενέργειας παράγει 470 εκατομμύρια δολαρίων σε πωλήσεις αγαθών και υπηρεσιών στην τοπική κοινότητα και σχεδόν 40 εκατομμύρια δολάρια στο σύνολο του εργατικού εισοδήματος σε ετήσια βάση. Ετησίως πληρώνει περίπου 67 εκατομμύρια δολάρια σε ομοσπονδιακούς φόρους και σχεδόν 16 εκατομμύρια δολάρια σε πολιτειακούς και τοπικούς φόρους, που αποτελούν ζωτικής σημασίας έσοδα για το κράτος.

Η κατασκευή ενός εργοστασίου πυρηνικής ενέργειας παρέχει επίσης μια σημαντική ώθηση στους προμηθευτές από σκυρόδεμα, χάλυβα και άλλα προϊόντα, καθώς και στους κατασκευαστές εκατοντάδων υλικών. Για παράδειγμα, κάθε νέος αντιδραστήρας απαιτεί περίπου 400.000 κυβικά μέτρα σκυροδέματος, όσο σκυρόδεμα δηλαδή απαιτείται για την κατασκευή του Πενταγώνου και ηλεκτρική καλωδίωση σε μήκος από τη Βοστώνη ως τη

Φιλαδέλφεια. Η βιομηχανία πυρηνικής ενέργειας υποστηρίζει 100.000 υψηλά αμειβόμενες θέσεις εργασίας των Αμερικανών σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, συμπεριλαμβανομένης της μηχανικής και βιοτεχνών.

Παγκοσμίως 72 νέες εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας είναι υπό κατασκευή και πάνω από 170 είναι στο στάδιο της αδειοδότησης ή σε κάποιο στάδιο σχεδιασμού. Η ζήτηση για υψηλής ποιότητας προϊόντα, εξαρτήματα και υπηρεσίες παρέχει μια ευκαιρία για τους κατασκευαστές εξαγωγικών προϊόντων των ΗΠΑ. Το Υπουργείο Εμπορίου των ΗΠΑ εκτιμά ότι η διεθνής αγορά για τον εξοπλισμό και τις υπηρεσίες θα αυξηθεί από 500 δισ. δολάρια σε 740 δολάρια για τα επόμενα 10 χρόνια, και ότι κάθε 1.000.000.000 δολάρια των εξαγωγών από εταιρείες των ΗΠΑ υποστηρίζει 5.000 έως 10.000 θέσεις εργασίας στο εσωτερικό. Η Κατασκευή πυρηνικών σταθμών δημιουργεί αναμφίβολα μια σειρά από εξαγωγικές ευκαιρίες. Συγκεκριμένα, ανάλογα με το σχεδιασμό, ένας νέος αντιδραστήρας απαιτεί περίπου:

- 500 έως 3.000 βαλβίδες
- 125 έως 250 αντλίες
- 44 μίλια σωληνώσεων
- 300 μίλια ηλεκτρικής καλωδίωσης
- 90.000 ηλεκτρικά εξαρτήματα.

Βέβαια, οι σταθμοί πυρηνικής ενέργειας αποτελούν μεγάλο κίνδυνο, καθώς το παραμικρό λάθος στα επιμέρους συστήματα των σταθμών μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή.

Διαρροή ραδιενέργειας είναι δυνατό να προκληθεί από:

- α) ατύχημα σε ορυχείο ουρανίου
- β) ατύχημα σε σταθμό εμπλουτισμού ουρανίου κατά τη διαδικασία μεταφοράς και αποθήκευσης των καυσίμων
- γ) τη βιομηχανία πυρηνικών όπλων
- δ) τη συλλογή και αποθήκευση των πυρηνικών αποβλήτων
- ε) πυρηνικό πλοίο ή υποβρύχιο
- ς) την πτώση πυρηνικού δορυφόρου
- η) ατύχημα σε νοσοκομείο ή κάποιο ερευνητικό κέντρο που χρησιμοποιεί όμως ραδιενεργά υλικά.

Οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι υπάρχουν βέβαια στα ορυχεία και στους σταθμούς πυρηνικής ενέργειας και επεξεργασίας αποβλήτων.

Το κύριο πρόβλημα από την αυξημένη χρήση της πυρηνικής ενέργειας είναι ο φόβος μιας έκρηξης ή μιας ανεξέλεγκτης αύξησης της θερμοκρασίας που θα προκαλέσει τήξη.

Οι εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας δημιουργούν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού και αυτό το νερό πρέπει να ψυχθεί πριν ξαναμπει στον αντιδραστήρα. Αν αυτή η ψύξη ολοκληρωθεί σε ένα κανάλι ή ποτάμι τότε είναι δυνατό να δημιουργηθεί περιβαλλοντική καταστροφή μέσω της θερμικής ρύπανσης (Camp & Daugherty, 1998).

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που δημιουργείται από τις εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας είναι η διάθεση των ραδιενεργών αποβλήτων από τον αντιδραστήρα. Το ουράνιο στον πυρήνα του αντιδραστήρα διαρκεί περίπου δύο εβδομάδες πριν αντικατασταθεί. Τα δημιουργούμενα απόβλητα προωθούνται πρώτα σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας που κατακρατεί κάθε μη χρησιμοποιημένο άτομο ουρανίου. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας αποκατάστασης τα απόβλητα συγκεντρώνονται και τοποθετούνται σε ειδικά ατσαλένια κοντέινερς και θάβονται. Τα απόβλητα αυτά εξακολουθούν να είναι ενεργά και κατ' επέκταση εξακολουθούν να δημιουργούν θερμότητα. Μια ορθότερη τεχνική είναι η τοποθέτηση των κοντέινερς σε ειδικές θήκες κατασκευασμένες από μπετόν. Βέβαια όπως και όπου και αν τοποθετηθούν είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι τα κοντέινερς αυτά δε θα σπάσουν ή θα ανοίξουν (Camp & Daugherty, 1998).

Ένας μέσος αντιδραστήρας έχει ετήσια παραγωγή μεταξύ 20-30 τόνους χρησιμοποιημένων καυσίμων. Τα καύσιμα αυτά παραμένουν ραδιενεργά για εκατοντάδες χρόνια και αυτό δημιουργεί μεγάλες ανησυχίες.

Η διαχείριση των πυρηνικών καταλοίπων έχει συνολικά υψηλό κόστος που διαμορφώνεται κυρίως από τα απαιτούμενα συστήματα ασφάλειας και αποτροπής των τρομοκρατικών ενεργειών.

Γενικά, τα πυρηνικά εργοστάσια απαιτούν υψηλό κόστος κατασκευής συγκριτικά με τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Σημαντικό ποσοστό εκ του προαναφερόμενου κόστους απαιτείται και για τα πρόσθετα μέτρα πρόληψης για πιθανούς κινδύνους και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ατυχήματος.

Μεγάλοι είναι και οι κίνδυνοι που εγκυμονούν τα πυρηνικά όπλα. Βάσει δημοσιευμένων στοιχείων της Greenpeace, σε ένα τόνο χρησιμοποιημένων πυρηνικών καυσίμων περιλαμβάνονται περίπου 10 κιλά πλουτώνιο (ικανά για την κατασκευή μιας πυρηνικής βόμβας). Παράλληλα η ύπαρξη πυρηνικών όπλων μπορούν να οδηγήσουν σε ανεξέλεγκτες δράσεις εξοπλισμών (π.χ. ο πόλεμος των άστρων). Επίσης οι αντιδραστήρες και τα πυρηνικά απόβλητα είναι δυνατό να αποτελέσουν ακόμη και στόχους τρομοκρατικών οργανώσεων. Αναμφίβολα κανένας αντιδραστήρας δε θα σταθεί⁸.

⁸ http://www.greenpeace.org/greece/el/campaigns/-/nuclear/8_syn_1_logoi_gia_apexartisi_apo_ta_pyrinika/

4.5.1 Οικονομία

Αποδεδειγμένα πλέον το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με συμβατικές ή πυρηνικές μονάδες, επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την γεωγραφική θέση που εντοπίζεται ο σταθμός παραγωγής. Τα σχετικά αριθμητικά δεδομένα που παρουσιάζονται κατωτέρω αποτελούν συνεπώς ενδεικτικά δεδομένα.

Σχεδόν το ήμισυ του κόστους του πυρηνικού καυσίμου αποδίδεται στον εμπλουτισμό και την κατασκευή των συστάδων του καυσίμου. Το σύνολο των υπολοίπων μερών του κόστους (διαχείρισης, τελικής εναπόθεσης κλπ) είναι ενσωματωμένο επί του κόστους της κιλοβατώρας.

Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθεί πως συνολικά πριν περίπου μια δεκαετία στις ΗΠΑ, το κόστος εξόρυξης, επεξεργασίας, εμπλουτισμού και κατασκευής του πυρηνικού καυσίμου κυμαινόταν μεταξύ 0,5- 0,635 c/kWh. Η εκτίμηση για το ίδιο το ορυκτό φτάνει περίπου στο 1/4 αυτού του κόστους, γεγονός που αποδεικνύει πως πολλαπλασιασμός (αύξηση) της τιμής του ορυκτού οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση του κόστους καυσίμου. Στις ΗΠΑ το κόστος αποξήλωσης (decommissioning) εκτιμάται σε περίπου σε 9% ως 15% του αρχικού κόστους κεφαλαίου (εγκατάστασης) μιας πυρηνικής μονάδας και χρεώνεται με 0,1 ως 0,2 c/kWh και το κόστος διαχείρισης χρησιμοποιημένου καυσίμου και εναπόθεσης συμβάλει με περίπου 10% στο κόστος της kWh και χρεώνεται με 0,1 c/kWh.

Τα προαναφερόμενα που ισχύουν για τις ΗΠΑ σχεδόν ταυτίζονται και με δεδομένα άλλων χωρών, στα οποία χωροθετούνται πυρηνικά εργοστάσια. Χαρακτηριστικά, η διαχείριση και εναπόθεση χρησιμοποιημένου καυσίμου στη Γαλλία και τη Σουηδία χρεώνεται 0,13 US c/kWh. Στις χώρες αυτές το κόστος αποξήλωσης υπολογίζεται μεταξύ 10%- 15% του κόστους κατασκευής και η χρέωση γίνεται στην παραγόμενη kWh. Βάσει δεδομένων που αφορούν το έτος 2007 από δημοσιευμένα στοιχεία των Energy Utility Cost Group των ΗΠΑ, διαμορφώνονταν τα ακόλουθα μεγέθη:

Λειτουργία και συντήρηση	1,832 c/kWh
Καύσιμο	0,449 c/kWh
<u>Κεφάλαιο</u>	<u>0,585 c/kWh</u>
Σύνολο	2,866 c/kWh

Ας σημειωθεί βέβαια πως το κόστος καυσίμου υπεισέρχεται περίπου στο 20% του κόστους της kWh. Στον ακόλουθο πίνακα 8 παρουσιάζονται σχετικά δεδομένα για το έτος 2015, που αφορούν το κόστος των καυσίμων.

Πίνακας 8. Κόστος kWh (cents/kWh) για το έτος 2015

	Nuclear	Coal	Gas
Finland	2.76	3.64	-
France	2.54	3.33	3.92
Germany	2.86	3.52	4.90
Switzerland	2.88	-	4.36
Netherlands	3.58	-	6.04
CzechRep.	2.30	2.94	4.97
Slovakia	3.13	4.78	5.59
Romania	3.06	4.55	-
Japan	4.80	4.95	5.21
Korea	2.34	2.16	4.65
USA	3.01	2.71	4.67
Canada	2.60	3.11	4.00

Πηγή: ΟΟΣΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στην παρούσα διπλωματική παρουσιάστηκαν οι τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σύγχρονο ενεργειακό περιβάλλον, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά που διέπουν ορισμένους από αυτούς. Επίσης έγινε αναφορά στο πολύ σημαντικό ζήτημα της οικονομικής κατανομής φορτίου στους θερμικούς σταθμούς παραγωγής που αποτελούν και την ραχοκοκαλιά της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην συνέχεια έγινε ενδελεχής εξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η διπλωματική έκλεισε με τις Α.Π.Ε. και τους πυρηνικούς σταθμούς.

Αυτό που μπορούμε να πούμε σαν επίλογο, είναι ότι όπως προαναφέρθηκε κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Οι απόψεις που δίστανται ανάμεσα στο μείζον και πιο επίκαιρο από ποτέ ζήτημα της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και στο πάντα φλέγον ζήτημα του κόστους παραγωγής που καθορίζει η ίδια η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, είναι πολλές. Κάθε απόπειρα απόδειξης της μιας μεθόδου έναντι μιας άλλης ως την απόλυτα εξέχουσα και ιδεατή μέθοδο, είναι εκ του γεννησιμιού της λάθος και ελλιπής.

Πώς για παράδειγμα θα μπορούσε κανείς να κρίνει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.), ως την μοναδική σανίδα σωτηρίας, όταν η απόδοσή τους είναι ελάχιστη μπροστά στην εκπληκτική απόδοση των πυρηνικών σταθμών παραγωγής, ή να προκρίνει κανείς τις δεύτερες ως την λύση που πρέπει να εφαρμοστεί σε παγκόσμιο πλαίσιο, όταν για την χρήση και την συντήρησή τους απαιτείται ιδιαίτερα εξειδικευμένη γνώση και κατάλληλο γεωγραφικό περιβάλλον, καθότι οι συνέπειες σε περίπτωση ατυχήματος είναι ασύμμετρες.

Αυτό που χρειάζεται και που όπως λένε οι ειδικοί πάντοτε σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι η ανάγκη της τήρησης ισορροπίας μεταξύ των διάφορων μεθόδων και δυνατοτήτων που μας προσφέρει η σύγχρονη τεχνολογία.

Η ισορροπία αυτή διαφέρει από ήπειρο σε ήπειρο και από χώρα σε χώρα και καθορίζεται από τους πολύ σημαντικούς παράγοντες γεωγραφίας, ζήτησης, κατανάλωσης και τεχνογνωσίας που υπάρχουν σε κάθε μία από αυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρίτσος Ν., *Ενέργεια και Περιβάλλον*, Διδακτικές σημειώσεις Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2008.
- Βουρνάς, Κ., Β.Κ. Παπαδιάς, Κ. Ντελκής. *Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Έλεγχος και Ευστάθεια Συστήματος*, “ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”, «ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Γ.ΜΠΑΚΙΡΤΖΗ».
- Βοβός, Ν., Γιαννακόπουλος, Γ. *Ανάλυση Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας*.
- Κυριακίδης Η., *Παραγωγή και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας*, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Παπαθανασίου.
- Μαραζιώτης, Ε. *Πυρηνική Τεχνολογία. Ασφάλεια και Περιβάλλον*. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Μπεκιάρογλου, *Η ύλη και η ενέργεια*, Σύγχρονη Παιδεία, 1986.
- Νίνος, Δ., Παταργιάς Ν. (1990). *Ειδικά κεφάλαια Φυσικής*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ, 2008.
- Ντοκόπουλος, Π., *Εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας*, Τόμος Α', 1986.
- Παναγιωτακόπουλος Δ., *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη, 2007.
- Παπανικολάου Κ.– Κώτης Θ., *Λιγνίτες στην Ελλάδα: Ιδιότητες, Χρήσεις και Προοπτικές*. Δημερίδα ΤΕΕ 9-10/6/2005, Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας. Αθήνα, 2005.
- Φαναριώτης Π., *Ενέργεια. Το παγκόσμιο πρόβλημα του 21^{ου} αιώνα*. Εκδόσεις Ι. Σιδέρης, Αθήνα, 2009.
- Camp & Daugherty. *Διαχείριση φυσικών πόρων*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ, 1998.
- Vournas Costas, *Voltage Stability of Electric Power Systems*, «van Cutsem,
- Wilkinson M.B., J.C. Boden, *Optimization of a Retrofit Design Concept for a Refinery Power Station Boiler*, 2001.
- Sheble, G., *Power Generation and Control*, Third Edition, Allen J. Wood, Bruce F.Wollenberg.

