



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΩΝ
Υπεύθυνος Καθηγητής: κος Εμμ. Κακαράς

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Υπολογιστική μοντελοποίηση δράσεων για τη βελτίωση
του βαθμού απόδοσης πετρελαϊκών μονάδων
ηλεκτροπαραγωγής στο διασυνδεδεμένο σύστημα και στην
Κρήτη»

Λούβρου Σοφία – Άννα



ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	5
1.2. Το πετρέλαιο.....	10
2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	16
2.1. Θερμικοί Κύκλοι ΑΗΣ.....	16
2.2. Τμήματα Ατμοηλεκτρικών Σταθμών.....	20
3. ΠΕΤΡΕΛΑΙΚΟΙ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ.....	30
3.1. Γενικά θερμοδυναμικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.....	30
3.2. Λέβητες.....	32
3.3. Πετρελαϊκές ατμοηλεκτρικές μονάδες Αλιβερίου, Λινοπεραμάτων και Αθερινόλακκου.....	38
4. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ.....	39
4.1. Γενικά.....	39
4.2. Βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές για βελτίωση του βαθμού απόδοσης.....	39
4.3. Εκμοντερνισμός υπαρχουσών μονάδων με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσής τους.....	41
4.4. Δράσεις βελτίωσης του βαθμού απόδοσης στις υπό εξέταση μονάδες.....	42
5. ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΛΙΒΕΡΙΟΥ.....	44
5.1. Αλιβέρι – Ιστορική αναδρομή.....	44
5.2. Περιβαλλοντική επιβάρυνση.....	45
5.3. Παρουσίαση μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου.....	46
5.4. Μοντελοποίηση μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου στο GateCycle.....	49
5.5. Γενικά συμπεράσματα.....	57
5.6. Οικονομική ανάλυση επενδύσεων.....	58
Μονογραμμικό Διάγραμμα 5.1.: Θερμικός κύκλος Μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου – DESIGN	
Μονογραμμικό Διάγραμμα 5.2.: Θερμικός κύκλος Μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου – Υπάρχουσα κατάσταση – Στόχος	
Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών ΑΗΣ Αλιβερίου σε συνθήκες σχεδιασμού	
Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών ΑΗΣ Αλιβερίου στην υπάρχουσα κατάσταση	
Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών ΑΗΣ Αλιβερίου μετά την εφαρμογή των στοχοθετημένων δράσεων	
6. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ.....	67
6.1. Γενικά.....	67
6.2. Προτεινόμενες λύσεις ενεργειακού προβλήματος.....	68
7. ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ.....	70
7.1. Χαρακτηριστικά ΘΗΣ Λινοπεραμάτων.....	70
7.2. Παρουσίαση μονάδων ΑΗΣ Λινοπεραμάτων.....	71
7.3. Μοντελοποίηση μονάδων στο GateCycle.....	74
7.4. Γενικά Συμπεράσματα.....	86
Μονογραμμικό Διάγραμμα 7.1.: Θερμικός κύκλος Μονάδας I ΑΗΣ Λινοπεραμάτων – DESIGN	
Μονογραμμικό Διάγραμμα 7.2.: Θερμικός κύκλος Μονάδων II, III, V, VI ΑΗΣ Λινοπεραμάτων – DESIGN	
Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδα I ΑΗΣ Λινοπεραμάτων	
Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδων II, III ΑΗΣ Λινοπεραμάτων	
Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδων V, VI ΑΗΣ Λινοπεραμάτων	
8. ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ.....	96
8.1. Χαρακτηριστικά ΘΗΣ Αθερινόλακκου.....	96
8.2. Παρουσίαση μονάδων ΑΗΣ Αθερινόλακκου.....	96
8.3. Μοντελοποίηση μονάδων στο GateCycle.....	99
8.4. Γενικά συμπεράσματα.....	104
Μονογραμμικό Διάγραμμα 8.1: Θερμικός κύκλος Μονάδων III, IV ΑΗΣ Αθερινόλακκου – DESIGN	
Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδων III, IV ΑΗΣ Αθερινόλακκου	
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	108

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Συμβολισμός Εξαρτημάτων GateCycle.....	109
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	110

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη μοντελοποίηση των μονάδων, τριών ατμοηλεκτρικών, πετρελαϊκών σταθμών της ΔΕΗ, που ως στόχο έχει τη βελτίωση του βαθμού απόδοσής τους. Πρόκειται για έναν σταθμό του ελληνικού διασυνδεδεμένου συστήματος (Μονάδα IV του ΑΗΣ Αλιβερίου) και δύο σταθμούς στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα (Μονάδες I,II,III,V, VI του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων, Μονάδες III και IV του ΑΗΣ Αθρινόλακκου). Η μοντελοποίηση των μονάδων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος GateCycle της εταιρίας General Electric.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται στοιχεία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Τα στοιχεία αυτά αφορούν την εγκατεστημένη ισχύ, την κατανάλωση αλλά και τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Επειδή οι υπό μελέτη, μονάδες χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως καύσιμο, στην εισαγωγή παρατίθενται και κάποια στοιχεία σχετικά με τη σύσταση, τα αποθέματα, την αποθήκευση και τη μεταφορά, την παραγωγή, τη ζήτηση και τις εισαγωγές του εν λόγω καυσίμου στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά τη λειτουργία των ατμοηλεκτρικών σταθμών, όπου αναπτύσσονται συνοπτικά θέματα που αφορούν τον θερμικό κύκλο και τα βασικά εξαρτήματά συμβατικών ατμοηλεκτρικών σταθμών.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στη λειτουργία των πετρελαϊκών ατμοηλεκτρικών σταθμών, δίνοντας έμφαση σε κύρια συστήματα τους, στα οποία ενδέχεται να υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε σχέση με σταθμούς άνθρακα ή φυσικού αερίου. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στο σύστημα καύσης πετρελαϊκών λεβήτων (συστήματα προσαγωγής αέρα, καυσίμου, κ.λπ.), στα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά συμβατικών πετρελαϊκών ατμοηλεκτρικών σταθμών και στον έλεγχο των εκπομπών. Επίσης, γίνεται μια σύντομη αναφορά στα χαρακτηριστικά των υπό μελέτη μονάδων, με στόχο να τονιστούν τα σημεία διαφοροποίησής τους από τις σύγχρονες, συμβατικές πετρελαϊκές ατμοηλεκτρικές μονάδες.

Στο κεφάλαιο 4, αναλύονται πρακτικές που στόχο έχουν τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης συμβατικών πετρελαϊκών σταθμών, με έμφαση στον εκμοντερνισμό των ήδη υπάρχουσών ατμοηλεκτρικών μονάδων.

Το κεφάλαιο 5 ασχολείται με τη μοντελοποίηση της μονάδας IV του ΑΗΣ Αλιβερίου. Με βάση τα διαθέσιμα από τη ΔΕΗ στοιχεία για τη λειτουργία της μονάδας και τις στοχοθετημένες δράσεις της Επιχείρησης, πραγματοποιήθηκε θερμοδυναμική μοντελοποίηση της μονάδας για τον υπολογισμό της βελτίωσης του βαθμού απόδοσης που οφείλεται στην εφαρμογή των στοχοθετημένων δράσεων και οικονομική αποτίμηση της επένδυσης. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε παραμετρική μελέτη της επίδρασης κάποιων επιλεγμένων παραμέτρων λειτουργίας της μονάδας στο βαθμό απόδοσης και την αποδιδόμενη ισχύ της μονάδας.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται σύντομη περιγραφή του ενεργειακού προβλήματος που αντιμετωπίζει η Κρήτη, αλλά και των προτεινόμενων λύσεων αυτού. Αυτή η αναφορά θεωρείται αναγκαία, δεδομένου ότι οι δύο σταθμοί, που ανήκουν στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα και οι οποίοι μελετούνται, βρίσκονται στην περιφέρεια της Κρήτης.

Τα κεφάλαια 7 και 8, ασχολούνται με τη μοντελοποίηση των ΑΗΣ Λινοπεραμάτων και Αθρινόλακκου, αντίστοιχα. Με χρήση των διαθέσιμων από τη ΔΕΗ στοιχείων για τη λειτουργία της κάθε μονάδας, πραγματοποιήθηκε μοντελοποίηση των μονάδων και παραμετρική μελέτη που αφορά την επίδραση επιλεγμένων παραμέτρων λειτουργίας, όπως το κενό ψυγείου, οι θερμικές καταναλώσεις και τυχούσες βλάβες των προθερμαντών τροφοδοτικού νερού, στην ισχύ και στο βαθμό απόδοσης.

Στο τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα που εξαγονται από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

1.1.1. Εγκατεστημένη Ισχύς

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα γίνεται, σήμερα, από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ Α.Ε.) η οποία διαθέτει (Πίνακας 1.1.1.1, Διάγραμμα 1.1.1.1 και Εικόνα 1.1.1.1):

- 34 μεγάλους θερμικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς
- 3 αιολικά πάρκα του διασυνδεδεμένου συστήματος της χώρας
- 61 αυτόνομους σταθμούς Κρήτης, Ρόδου και λοιπών νήσων (39 θερμικούς και 2 υδροηλεκτρικούς σταθμούς, 15 αιολικά πάρκα και 5 φωτοβολταϊκούς σταθμούς).

Τα τελευταία χρόνια η Επιχείρηση, πέραν της δημιουργίας νέων θερμικών (λιγνιτικών, πετρελαϊκών, φυσικού αερίου) και υδροηλεκτρικών σταθμών, στρέφεται και προς την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας (άνεμος, ήλιος, γεωθερμία).

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 98 συνολικά σταθμών της ΔΕΗ ανέρχεται σήμερα στα 12.760 MW. Η καθαρή παραγωγή το 2007 έφτασε τις 53,09 TWh.

Η εγκατεστημένη ισχύς στη χώρα σημειώνει τεράστια αύξηση από το έτος ίδρυσης της ΔΕΗ (1953) μέχρι σήμερα. Οι τεχνολογικές εξελίξεις συνέβαλαν δραστικά προς την κατεύθυνση αυτή. Παρατηρείται επίσης ότι η αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ευθέως ανάλογη της μεγάλης αύξησης της ζήτησης όπως αυτή αναδεικνύεται από την ετήσια κατανάλωση ανά κάτοικο (Διαγράμματα 1.1.1.2 και 1.1.1.3).

Ακολουθούν, με τη χρήση πινάκων και διαγραμμάτων, τα κυριότερα χαρακτηριστικά του ελληνικού ενεργειακού συστήματος. Γενικά, είναι φανερή η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας από το λιγνίτη, ο οποίος χρησιμοποιείται ως καύσιμο στους περισσότερους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής του διασυνδεδεμένου συστήματος, ενώ η χρήση του πετρελαίου είναι σχετικά μικρή. Το πετρέλαιο όμως αποτελεί το μοναδικό καύσιμο που χρησιμοποιείται στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα. Η παρούσα διπλωματική εργασία, ασχολείται με πετρελαϊκούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Για το λόγο αυτό, στα κεφάλαια που ακολουθούν, γίνεται εκτενής αναφορά στα συστήματα που χρησιμοποιούν οι πετρελαϊκές μονάδες.

Πίνακας 1.1.1.1: Εγκατεστημένη ισχύς σταθμών ΔΕΗ σε MW (Πηγή: www.dei.gr)

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΕΗ Α.Ε. (31/12/2007)							
	ΘΗΣ						
	Λιγνιτικές Μονάδες	Πετρελαϊκές Μονάδες	Μονάδες Φυσικού Αερίου	Σύνολο ΘΗΣ*	ΥΗΣ**	ΑΠΕ***	ΣΥΝΟΛΟ
Διασυνδεδεμένο	5.288	750	1.966	8.004	3.020	46	11.070
Κρήτη, Ρόδος & λοιπά αυτόνομα νησιά	-	1.656	-	1.656	-	34	1.689
ΣΥΝΟΛΟ		9.660			3.020	80	12.760

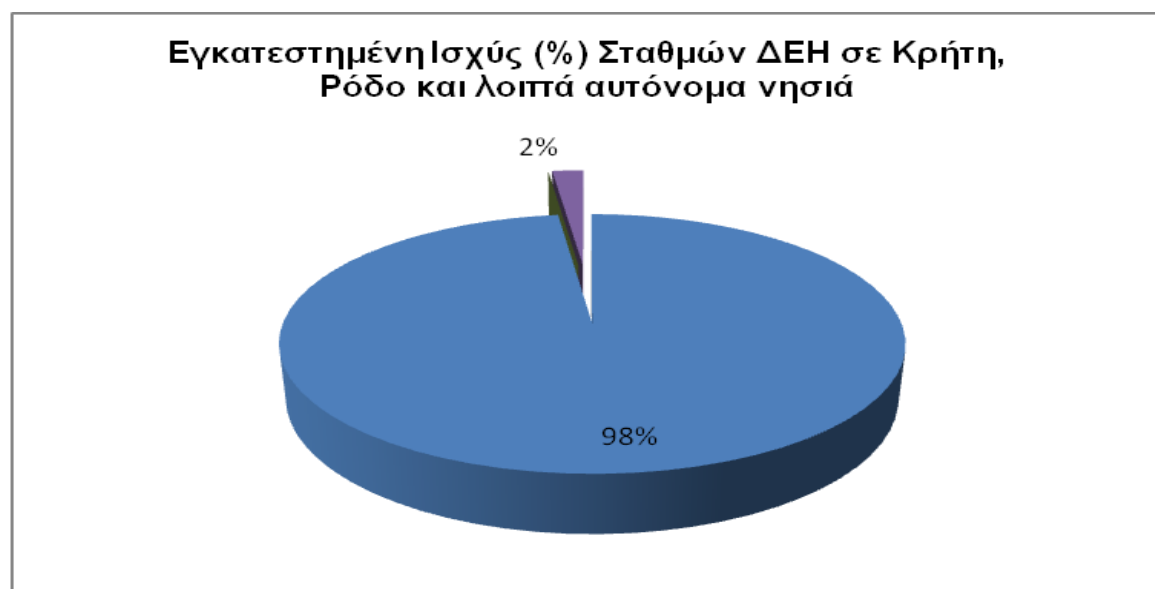
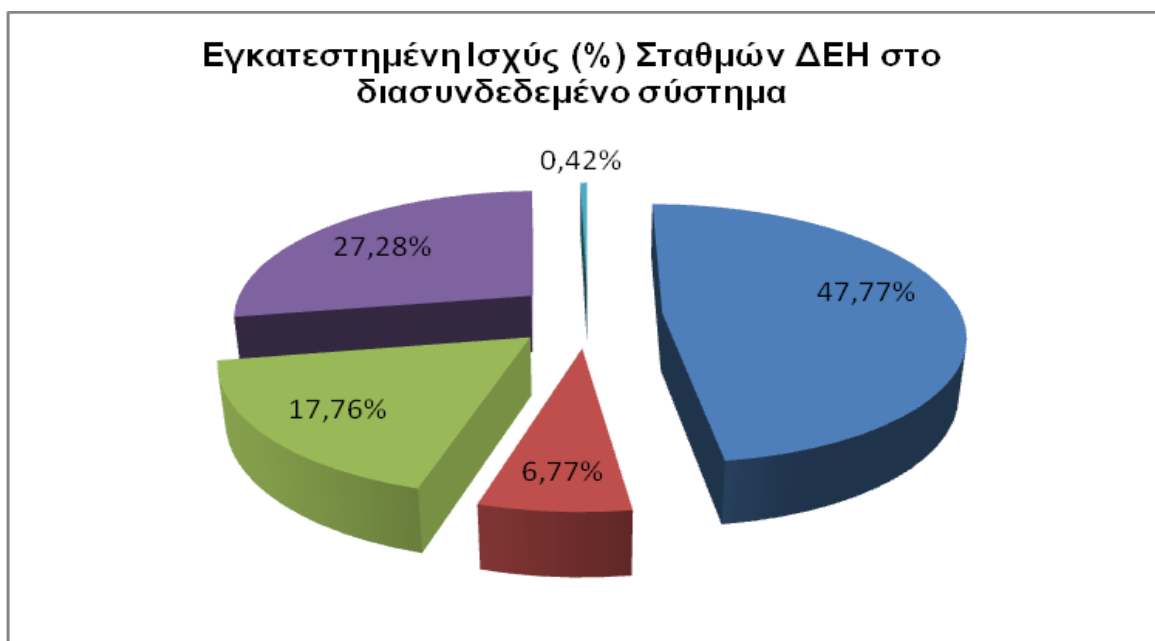
*Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί

** Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί

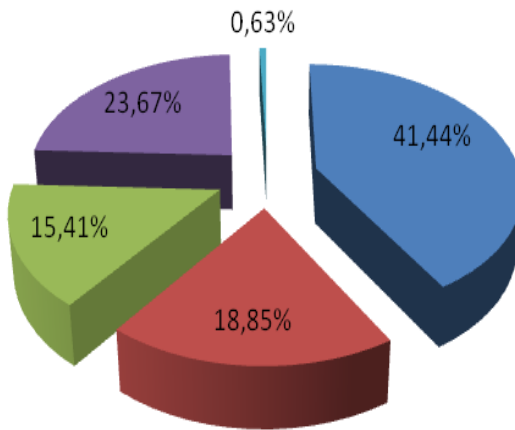
*** Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
(ανήκουν στη "ΔΕΗ ΑΝΑΜΕΩΣΙΜΕΣ ΑΕ")

Διάγραμμα 1.1.1.1: Εγκατεστημένη ισχύς σταθμών ΔΕΗ (%)

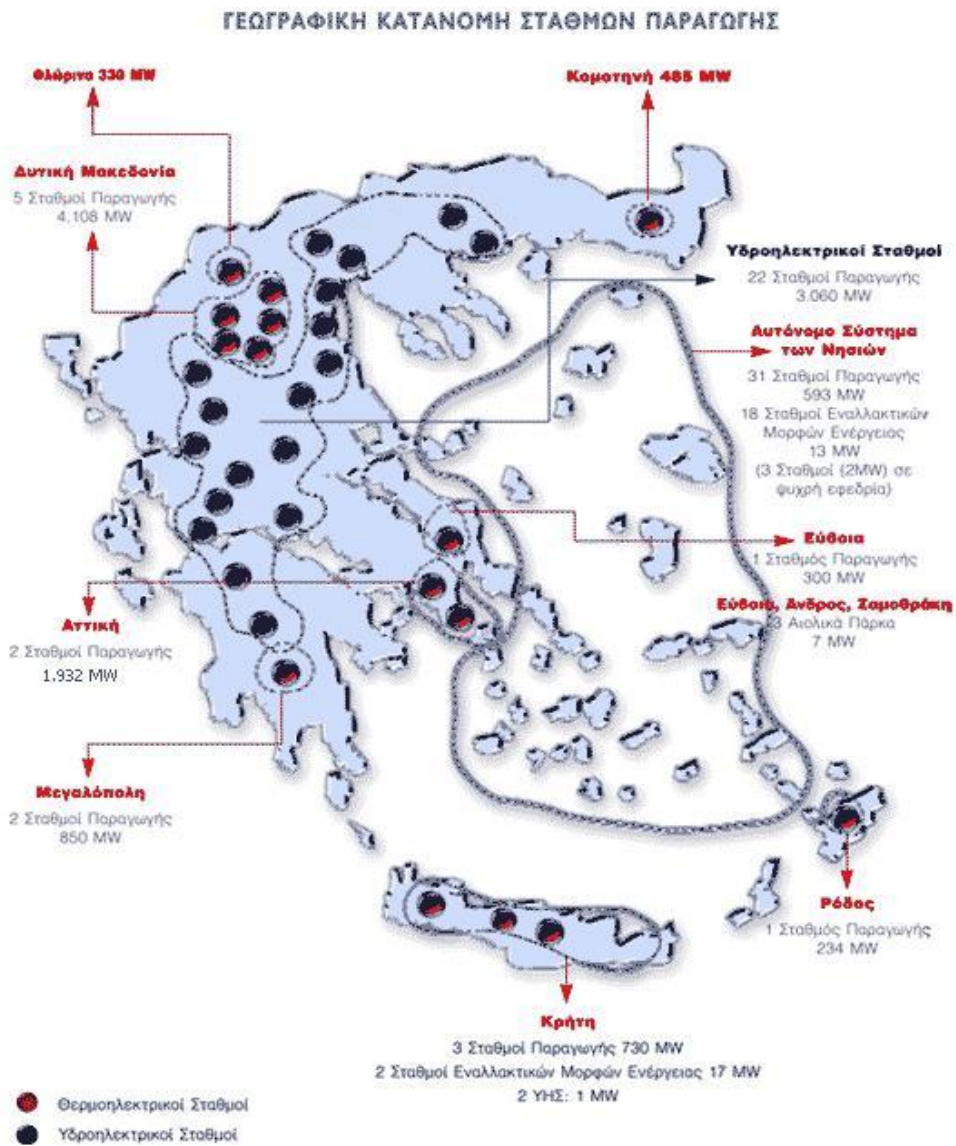
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΕΗ (%)			
ΜΟΝΑΔΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ		
	Διασυνδεδεμένο	Μη Διασυνδεδεμένο	Συνολικά
Σύνολο ΘΗΣ			
Λιγνιτικές	47,77%		41,44%
Πετρελαϊκές	6,77%	98,00%	18,85%
Φυσικού αερίου	17,76%		15,41%
ΥΗΣ	27,28%		23,67%
ΑΠΕ	0,42%	2,00%	0,63%



Εγκατεστημένη Ισχύς (%) Σταθμών ΔΕΗ συνολικά

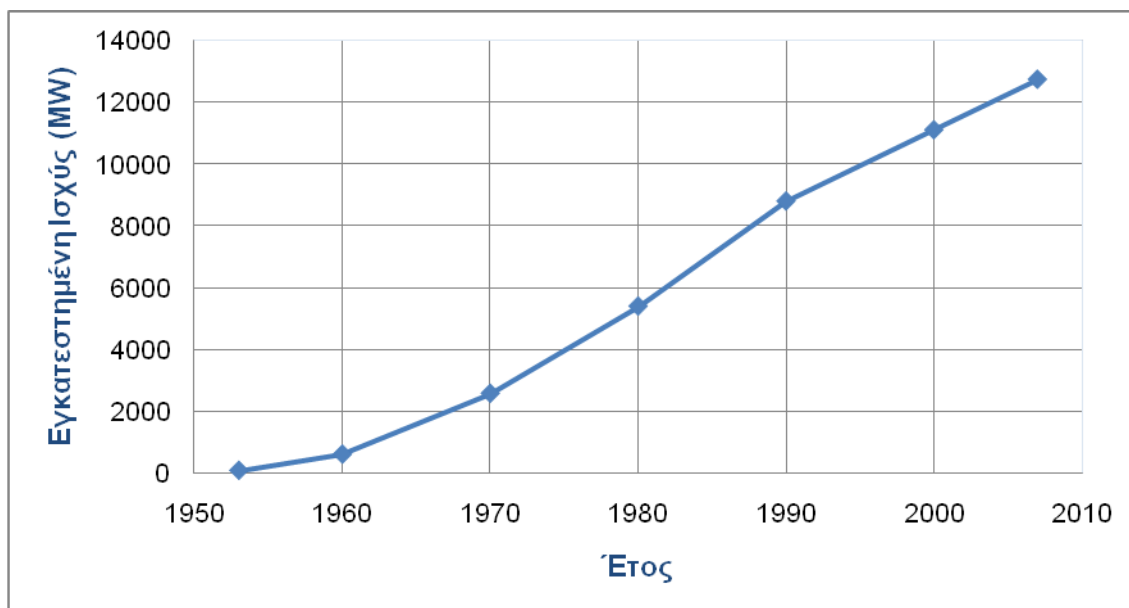


Εικόνα 1.1.1.1: Αναλυτικός χάρτης σταθμών ΔΕΗ (Πηγή: www.dei.gr)



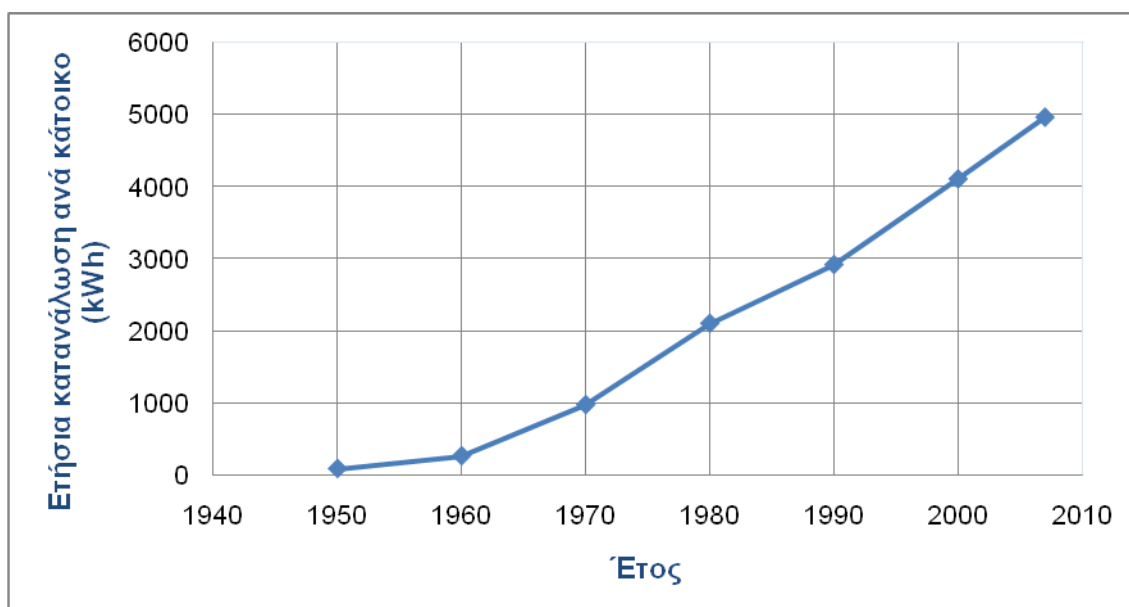
Διάγραμμα 1.1.1.2: Εγκατεστημένη ισχύς διαχρονικά

ΕΤΟΣ	1953	1960	1970	1980	1990	2000	2007
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΕ MW	80	605	2.578	5.407	8.812	11.121	12.760



Διάγραμμα 1.1.1.3: Ετήσια κατανάλωση ανά κάτοικο (διαχρονικά)

ΕΤΟΣ	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2007
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΚΑΤΟΙΚΟ ΣΕ kWh	88	265	976	2.106	2.923	4.113	4.970



1.1.2. Το ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα

Η γεωγραφική κατανομή και η εγκατεστημένη ισχύς των σταθμών παραγωγής πέρασαν από διάφορες μορφές, στη διάρκεια των περισσότερων από 100 χρόνων της ύπαρξης των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.

Αρχικά υπήρχαν μικρές εταιρίες παραγωγής που εξυπηρετούσαν καταναλωτές που βρίσκονταν σχετικά κοντά σε σταθμούς και επομένως δεν υπήρχε ανάγκη διασύνδεσης μεταξύ τους. Η όλη διάταξη παρουσίαζε δύο βασικά μειονεκτήματα: την αδυναμία αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, οπότε ο σταθμός παραγωγής έπρεπε άμεσα να προσαρμόζεται στις καταναλωτικές απαιτήσεις, και την αδυναμία εξυπηρέτησης των καταναλωτών σε περίπτωση βλαβών από οποιαδήποτε αιτία. Μια τέτοια διάταξη έπρεπε να έχει την παραγωγή κοντά στην κατανάλωση και περιοριζόταν στις τοπικές μορφές πρωτογενούς ενέργειας, αποκλείοντας έτσι τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, αλλά και παρέχοντας ενέργεια μεγάλου κόστους λόγω του υψηλού κόστους του καυσίμου που έπρεπε να μεταφερθεί κοντά στην κατανάλωση.

Σταδιακά οι σταθμοί παραγωγής έγιναν μεγαλύτεροι και άρχισαν να απομακρύνονται από τα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης πλησιάζοντας κοντά στις πηγές πρωτογενούς ενέργειας (ορυχεία, τεχνητές λίμνες και ποτάμια, μεγάλα λιμάνια) οπότε και γεννήθηκε η ανάγκη μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην κατανάλωση. Η ανάγκη της βελτίωσης της ποιότητας της ενέργειας και της μείωσης του κόστους παραγωγής οδήγησαν είτε στη συνένωση τοπικών εταιριών ή στην ίδρυση μιας εταιρίας που σταδιακά απορρόφησε όλες τις τοπικές (ΔΕΗ). Τότε ολόκληρη η χώρα καλύφθηκε από ένα συνδεδεμένο δίκτυο σταθμών παραγωγής και κέντρων κατανάλωσης, το οποίο ονομάζεται εθνικό διασυνδεδεμένο δίκτυο.

Εικόνα 1.1.2.1: Ελληνικό σύστημα μεταφοράς – Διασυνδέσεις του με όμορες χώρες



Το εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα ελέγχεται από τρία κέντρα ηλεκτρονικού ελέγχου: ένα εθνικό και δύο περιφερειακά. Το Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΕΚΕΕ) έχει εγκατασταθεί στον Άγιο Στέφανο Αττικής και είναι συνδεδεμένο ηλεκτρονικά με τα εργοστάσια παραγωγής και τους υποσταθμούς μεταφοράς σε ολόκληρο το εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα, μέσω δύο περιφερειακών κέντρων ενέργειας, το βόρειο στην περιοχή της Πτολεμαΐδας (όπου παράγεται το 68% της εγχώριας ηλεκτρικής ενέργειας) και το νότιο στην περιοχή του Αγίου Στεφάνου Αττικής (όπου καταναλώνεται το 33% της ηλεκτρικής ενέργειας). Το νότιο κέντρο συσχετίζεται με το

ΕΚΕΕ. Το βόρειο κέντρο είναι σε θέση να αναλάβει βασικές λειτουργίες του ΕΚΕΕ, σε περίπτωση που παρουσιαστεί ανωμαλία, έτσι ώστε το σύστημα παραγωγής – μεταφοράς της ΔΕΗ να είναι διαρκώς υπό έλεγχο. Με το σύστημα αυτό μειώνονται οι πιθανότητες εμφάνισης μεγάλων διαταραχών στο σύστημα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και στη χώρα μας (Φεβρουάριος 2001) αποκτούν δικαίωμα ηλεκτροπαραγωγής εκτός από τη ΔΕΗ και άλλες εταιρίες και ιδιώτες. Έτσι η ευθύνη μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πέρασε σε μία, ανεξάρτητη της ΔΕΗ, εταιρία που συστήθηκε για το σκοπό αυτό το ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας). Τη γενική εποπτεία του Ελληνικού Ηλεκτρικού Συστήματος (Παραγωγή, Μεταφορά, Διανομή) ανέλαβε η ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας).

Πιο αναλυτικά, για τη μεταφορά της παραγόμενης ισχύος, η Γενική Διεύθυνση Μεταφοράς της ΔΕΗ έχει στην κυριότητα της το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς με το οποίο ο Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γραμμών υψηλής τάσης από τους σταθμούς παραγωγής (που ανήκουν στη ΔΕΗ Α.Ε. ή σε άλλους παραγωγούς), και από τα σημεία διασύνδεσης με τις γειτονικές χώρες, στο δίκτυο διανομής και στους πελάτες υψηλής τάσης.

Το σύστημα είναι ιδιοκτησία της ΔΕΗ, ενώ ο ΔΕΣΜΗΕ έχει την ευθύνη για τη λειτουργία, τη συντήρηση και την ανάπτυξή του, καθώς και για την πρόσβαση τρίτων σε αυτό. Στην Γενική Διεύθυνση Μεταφοράς της Επιχείρησης έχει αποδοθεί η υποχρεωτική ανάπτυξη νέων έργων Μεταφοράς και η φυσική λειτουργία και συντήρηση του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς σύμφωνα με τον προγραμματισμό και τις οδηγίες στις οποίες προβαίνει ο ΔΕΣΜΗΕ.

1.2. Το πετρέλαιο

1.2.1. Γενικά - Καύσιμα

Η κοινωνική και βιομηχανική εξέλιξη μιας χώρας είναι άμεσα εξαρτημένη από την παραγωγή και εξασφάλιση άφθονης και οικονομικά πρόσφορης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι πάντα εφικτή. Χαρακτηριστικά, το έτος 2020 προβλέπεται παγκόσμια κάλυψη της ζήτησης σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές μόνο κατά 4%.

Από την άλλη μεριά, η χρήση πυρηνικών σταθμών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει περίπου το 6% της παγκοσμίου ζήτησης και δεν προβλέπεται αύξηση του ποσοστού αυτού μέχρι το 2020.

Προκύπτει λοιπόν ότι, οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια στις επόμενες δεκαετίες θα καλύπτονται από ΑΗΣ με τη χρησιμοποίηση συμβατικών καυσίμων και κατά κύριο λόγο γαιανθράκων.

Τα ορυκτά καύσιμα γενικά διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στερεά όπως τύρφη, φαιάνθρακες, λιθάνθρακες, βιομάζα
- Υγρά όπως υγραέριο, diesel, μαζούτ, βενζίνη, κυροζίνη
- Αέρια όπως φυσικό αέριο, φωταέριο, αέριο πυρόλυσης

Το είδος του καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα σύστημα καύσης (λ.χ. θάλαμος καύσης λέβητα) καθορίζεται κυρίως από την τοπική διαθεσιμότητα του και καθορίζει τον τύπο του καυστήρα και του θαλάμου καύσης, το σύστημα επεξεργασίας του καυσίμου, τα συστήματα αντιρρυπαντικής προστασίας και το ύψος της επένδυσης.

Κατά την καύση ενός καυσίμου, η χημική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική. Η θερμότητα η οποία προκύπτει από την καύση ενός kmol καυσίμου σε αδιαβατικές συνθήκες ονομάζεται θερμογόνος ικανότητα του καυσίμου (kJ/kmol ενώ χρησιμοποιούνται και οι μονάδες kJ/kg και kJ/m³). Η ανώτερη θερμογόνος ικανότητα ενός καυσίμου (HHV), ορίζεται ως η αποδιδόμενη θερμότητα κατά την τέλεια καύση, με προϊόντα μόνο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (H₂O) και ο παραγόμενος υδρατμός έχει συμπυκνωθεί σε υγρή κατάσταση (έτσι ώστε να «αποδώσει» τη λανθάνουσα θερμότητα του). Εάν αντίθετα ο υδρατμός δε συμπυκνωθεί και εξέλθει σε αέρια μορφή, τότε η αποδιδόμενη θερμότητα ονομάζεται κατώτερη θερμογόνος ικανότητα (LHV). Είναι προφανές ότι η ανώτερη θερμογόνος ικανότητα είναι μεγαλύτερη της κατώτερης, κατά τη λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης του υδρατμού που υπάρχει στα καυσάερα.

Στη βιομηχανική πράξη, τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα καύσιμα είναι το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το ξύλο.

Επειδή η παρούσα εργασία ασχολείται, αποκλειστικά, με πετρελαϊκές ατμοηλεκτρικές μονάδες, στη συνέχεια, αναφέρονται αναλυτικά στοιχεία σχετικά με τη σύσταση, την παραγωγή, τα αποθέματα και τις εισαγωγές του πετρελαίου στην Ευρώπη.

1.2.2. Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο έχει το σημαντικότερο μερίδιο στην αγορά ενέργειας σε σχέση με κάθε άλλο καύσιμο, μολονότι η αναλογία αυτή μειώνεται. Έτσι, ενώ το 1970 το πετρέλαιο αποτελούσε το 60% της βασικής παροχής ενέργειας, το ποσοστό αυτό είναι σήμερα στο 40%. Η ζήτηση πετρελαίου αυξάνεται κυρίως στον τομέα των μεταφορών, καθώς οι μεταφορές εξαρτώνται αποκλειστικά από αυτό και αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή του. Γι' αυτό το λόγο μία κρίση στη παροχή πετρελαίου σ' αυτό τον τομέα είναι δυσκολότερο να χαλιναγωγηθεί σε σχέση με τη διακοπή παροχής οποιουδήποτε άλλου καυσίμου.

Ωστόσο, το πετρέλαιο χρησιμοποιείται και ως καύσιμο σε πολλές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Στην Ελλάδα, το ποσοστό των πετρελαϊκών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει το 19%, με το αντίστοιχο ποσοστό να εκτοξεύεται στο 98% για το μη διασυνδεδεμένο σύστημα.

Η Ευρώπη έχει ωφεληθεί από την εκμετάλλευση των εγχώριων αποθεμάτων, που ωστόσο είναι λιγότερο ελκυστικά οικονομικά και περιορισμένα (συμπεριλαμβανομένων των αποθεμάτων της Νορβηγίας που αποτελούν λιγότερο από το 2% παγκοσμίως). Η εξάρτηση από εισαγωγές πετρελαίου εξακολουθεί να κυμαίνεται από 60% ως 70% και αναμένεται στο μέλλον αυτή να αυξηθεί εξαιτίας της αύξησης της ζήτησης και της μείωσης των εγχώριων αποθεμάτων. Η διεύρυνση της ΕΕ δεν είναι πιθανό να επηρεάσει αυτή την εξέλιξη.

Χαρακτηριστικά – Σύσταση

Η προέλευση του πετρελαίου δεν έχει καθοριστεί πλήρως, αλλά διάφορες θεωρίες έχουν διατυπωθεί. Ο συνδυασμός άνθρακα και υδρογόνου που συναντάται στο πετρέλαιο θα μπορούσε να έχει παραχθεί από ζωικά ή φυτικά συστατικά. Μια θεωρία υποστηρίζει ότι μεγάλες ποσότητες είτε ζωικών είτε φυτικών συστατικών, ή και των δύο, αποσυντέθηκαν και ωρίμασαν υπό πίεση και παρουσία αλατισμένου νερού. Εκείνοι που διατυπώνουν αυτήν τη θεωρία, τη στηρίζουν στο γεγονός ότι τα αποθέματα πετρελαίου απαντώνται συνήθως παρουσία αλατούχου νερού.

Μια άλλη θεωρία υποστηρίζει ότι το πετρέλαιο σχηματίστηκε από ανόργανες ουσίες. Αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι ένα υλικό το οποίο περιέχει υδρογόνο και άνθρακα έχει παραχθεί πειραματικά από τη δράση καρβιδίων και νερού. Από τους υποστηρικτές αυτής της θεωρίας, πιστεύεται ότι το πετρέλαιο δημιουργήθηκε στο εσωτερικό της γης υπό τη δράση μεταλλευμάτων, νερού και αερίων.

Τα αποθέματα πετρελαίου βρίσκονται σε υπόγειους αλατούχους υδροφορείς. Ένα θολωτό στρώμα μη πορώδους βράχου κρατά το πετρέλαιο στη θέση αυτή. Ο θολωτός σχηματισμός του βράχου συνήθως παγιδεύει και ποσότητα φυσικού αερίου. Το απόθεμα λοιπόν, αποτελείται από φυσικό αέριο, πετρέλαιο, και νερό. Το πετρέλαιο λαμβάνεται από γεώτρηση του στρώματος του βράχου που το καλύπτει. Αυτή η διαδικασία απελευθερώνει και το φυσικό αέριο, το οποίο αποθηκεύεται υπόγεια ή διαβιβάζεται κατευθείαν σε σωληνώσεις ώστε να χρησιμοποιηθεί σε απομακρυσμένες περιοχές. Το πετρέλαιο αφαιρείται από το έδαφος μέσω μιας λειτουργίας άντλησης, που αποτυγχάνει να αφαιρέσει όλο το απόθεμα του.

Στις περισσότερες των περιπτώσεων, το πετρέλαιο διυλίζεται πριν τη χρήση του, αν και μικρές ποσότητες πετρελαίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καύση χωρίς πρότερη επεξεργασία. Η διύλιση του πετρελαίου είναι η διαδικασία διαχωρισμού των ελαφρύτερων κλασμάτων του (αυτών δηλαδή που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα υδρογόνου) από τα βαρύτερα κλάσματα με κλασματική απόσταξη.

Οι κυριότερες εμπορικές μορφές του πετρελαίου, λοιπόν, είναι το μαζούτ (βαρύ κλάσμα με κατώτερη θερμογόνο ικανότητα 40000 kJ/kg), το οποίο απαιτεί προθέρμανση και είναι εκείνο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού στους λέβητες, και το diesel (ελαφρύτερο κλάσμα με κατώτερη θερμογόνο ικανότητα 43000 kJ/kg), το οποίο χρησιμοποιείται σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστροβίλους. Τόσο το μαζούτ όσο και το diesel περιέχουν συνήθως ποσότητες άκαυστων συστατικών, τα οποία μεταφέρονται με τα καυσαέρια και είτε εναποτίθενται στις επιφάνειες εναλλακτών θερμότητας, είτε απορρίπτονται στην ατμόσφαιρα υπό τη μορφή αιθάλης.

Σε σύγκριση με τον άνθρακα, το μαζούτ είναι σχετικά εύκολο στο χειρισμό και την καύση, ενώ περιέχει σημαντικά λιγότερη τέφρα. Στους περισσότερους πετρελαιοκαυστήρες, το πετρέλαιο

ψεκάζεται και αναμιγνύεται με τον αέρα καύσης. Στο στάδιο του ψεκασμού, τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου προσεγγίζουν εκείνα του φυσικού αερίου.

Μεταφορά – Αποθήκευση

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το πετρέλαιο και τα παράγωγά του χρησιμοποιούνται ευρέως. Η μεγάλη θερμογόνος ικανότητά του, οι ποικίλες εφαρμογές που μπορεί να έχει και η υγρή μορφή του διευκολύνουν το χειρισμό του καυσίμου και ενθαρρύνουν τη δημιουργία ενός παγκόσμιου συστήματος διανομής.

Το πετρέλαιο μπορεί να αποθηκεύεται και να μεταφέρεται ακτοπλοϊκώς ή οδικώς, διαφορετικά η μεταφορά του γίνεται με σύστημα αγωγών, οι οποίοι συνδέουν επίγειες δεξαμενές ή δεξαμενόπλοια με τα σημεία χρήσης του. Με σκοπό να αποφευχθεί η ανάμιξη πετρελαίου διαφόρων συνθέσεων, λαμβάνονται μέτρα τα οποία περιλαμβάνουν τον καθαρισμό των δεξαμενών, στις οποίες μεταφέρεται, πριν από κάθε φόρτωση ή, στην περίπτωση της μεταφοράς με αγωγούς, τη δημιουργία συστήματος παράλληλων αγωγών.

Ο σοβαρός κίνδυνος της αποτυχίας σωστής αποθήκευσης του πετρελαίου, αποφεύγεται πλέον με χρήση υπόγειων δεξαμενών ή κατασκευάζοντας τοιχώματα γύρω από τις επιφάνειες τους. Επίσης, ενδεικτικά αναφέρεται ότι, υπάρχουν περιπτώσεις όπου το πετρέλαιο αποθηκεύεται σε τεράστιες τσιμεντένιες ή και ασάλινες δεξαμενές. Με τον τρόπο αυτό, μειώνονται οι απώλειες λόγω εξάτμισης και το καύσιμο προστατεύεται από το ενδεχόμενο πυρκαγιάς. Ο NaFPA (National Fire Protection Association) έχει ορίσει τις προϋποθέσεις για την αποθήκευση και τη χρήση του πετρελαίου. Οι κανόνες αυτοί αποτελούν την καλύτερη πρόληψη για την ασφαλή χρήση του καυσίμου.

Κατά την αποθήκευση του μαζούτ, οι απώλειες που μπορεί να σημειωθούν είναι αμελητέες, ενώ στην περίπτωση ελαφρύτερων κλασμάτων, όπως π.χ. η βενζίνη, η εξάτμιση (όταν έχει υψηλές θερμοκρασίες) προκαλεί αξιόλογες απώλειες και είναι αναγκαία η χρήση ειδικών δεξαμενών.

Για τη διευκόλυνση στη χρήση του μαζούτ απαιτείται (όπως ειπώθηκε στην προηγούμενη παράγραφο) προθέρμανσή του κατά την αποθήκευση. Οι δεξαμενές, οι αγωγοί και οι προθερμαντές του καυσίμου πρέπει να καθαρίζονται κατά διαστήματα από τις ακαθαρσίες και τη λάσπη που συγκεντρώνονται στα τοιχώματά τους.

Αποθέματα

Τα περισσότερα παγκόσμια αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου εξακολουθούν να βρίσκονται στην περιοχή της Μέσης Ανατολής και αντιστοιχούν στο 64% του συνόλου. Άλλες σημαντικές ποσότητες αποθεμάτων πετρελαίου εντοπίζονται στην Αμερική και την πρώην Σοβιετική Ένωση, οι οποίες όμως καταναλώνονται από τις εγγύτερες περιοχές. Ως εκ τούτου, στο κοντινό μέλλον η Μέση Ανατολή είναι το πιθανότερο να παραμείνει η πιο σημαντική πηγή πετρελαίου για την Ευρώπη.

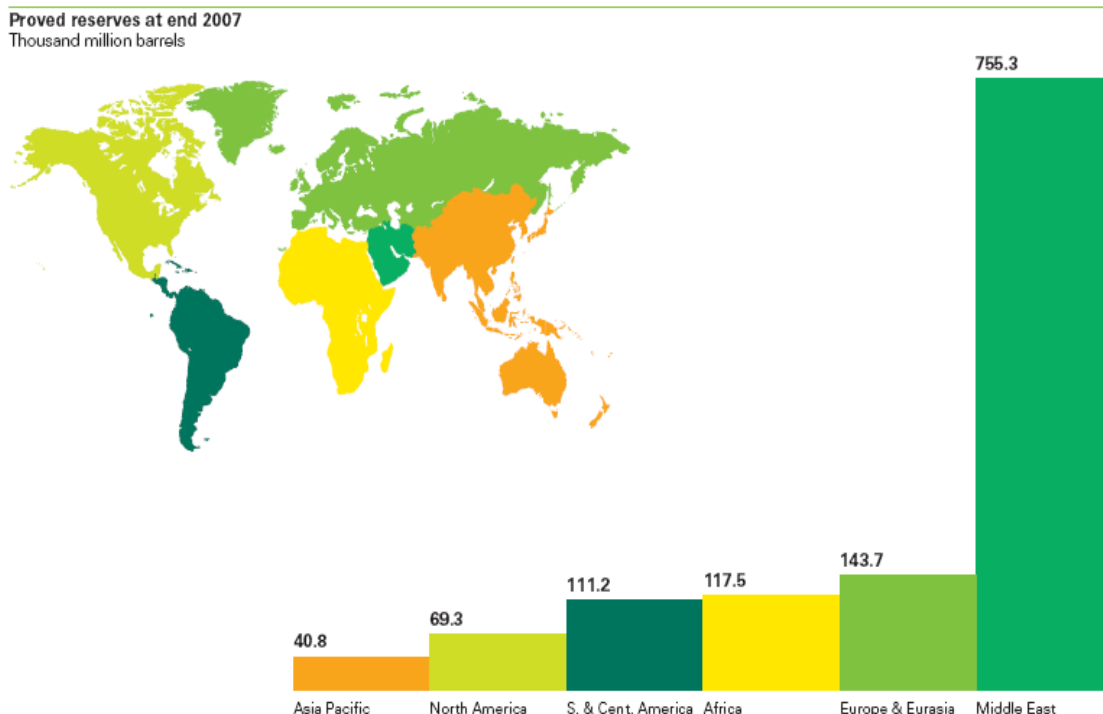
Οι εκτιμήσεις για τα αποθέματα είναι παραδοσιακά συντηρητικές, ιδιαίτερα για τη Βόρεια Θάλασσα. Από την άλλη πλευρά, νέα αποθέματα προστίθενται στα υπάρχοντα. Επιπλέον νέες τεχνολογίες, όπως η οριζόντια γεώτρηση, επεκτείνουν τις δυνατότητες εξαγωγής πετρελαίου είτε από παλιότερες ή μικρές πηγές είτε από δυσκολότερες περιοχές, όπως η θαλάσσια άντληση σε μεγάλα βάθη. Επιπρόσθετα τα μη συμβατικά κοιτάσματα πετρελαίου, ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου, προσφέρουν μία ακόμη πηγή. Για τους παραπάνω λόγους, είναι βέβαιο πως τα εκτιμώμενα αποθέματα πετρελαίου θα αυξηθούν.

Ωστόσο ο ρυθμός εκμετάλλευσης του πετρελαίου είναι υψηλός και μάλιστα στις χώρες που δεν ανήκουν στον ΟΠΕΚ η παροχή έχει φτάσει το μέγιστο. Αξίζει να σημειωθεί πως κάποιες προβλέψεις κάνουν λόγο για διπλασιασμό της παραγωγής πετρελαίου της Μέσης Ανατολής. Αυτό το σενάριο ίσως είναι αισιόδοξο. Επιπρόσθετα, είναι πιθανό άλλες περιοχές της γης που σήμερα διαθέτουν επαρκή παροχή στη «γειτονιά» τους να αυξήσουν τη ζήτησή τους για το πετρέλαιο της Μέσης Ανατολής. Αυτό το γεγονός όχι μόνο θα μειώσει τη διαθεσιμότητα των πηγών για την ΕΕ αλλά και θα επιφέρει αύξηση στις τιμές του πετρελαίου.

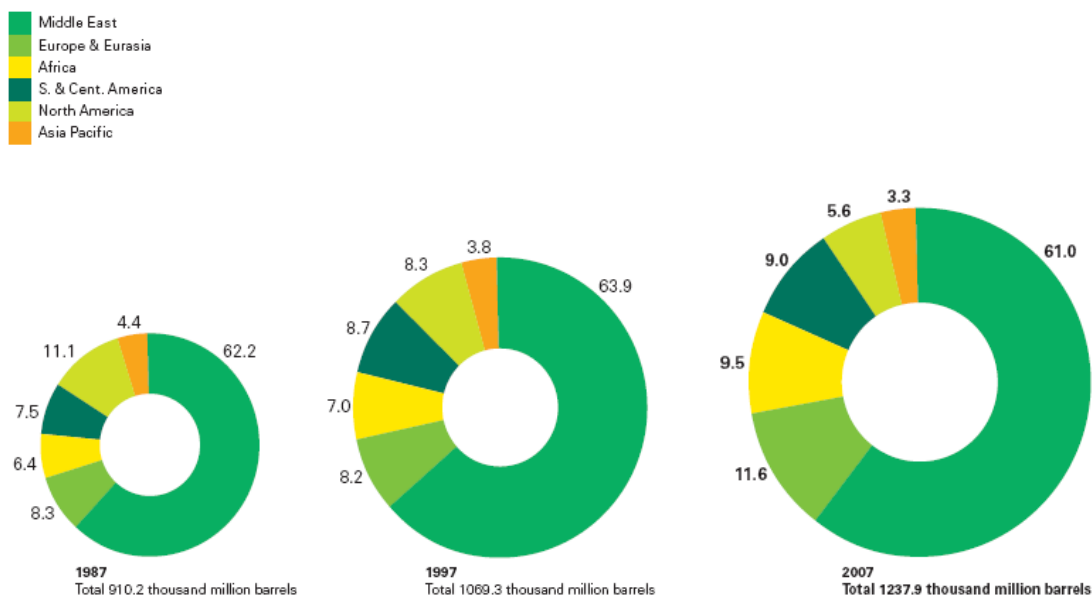
Τελικά, η παγκόσμια παροχή πετρελαίου θα εξαρτηθεί από το ρυθμό διαθεσιμότητας και το σύνολο των παγκόσμιων αποθεμάτων. Απρόβλεπτους παράγοντες αποτελούν τα επίπεδα επενδύσεων σε τεχνολογία και σε υποδομές, η διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων και οι γεωπολιτικές συνθήκες. Γεγονός είναι πάντως πως οι ρυθμοί παραγωγής θα μειωθούν πριν τα αποθέματα αξιοποιηθούν πλήρως. Τέλος, ένας ακόμη παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί

υπόψη είναι επίδραση της καύσης του πετρελαίου στην ατμόσφαιρα και στην αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος.

Εικόνα 1.2.2.1: Αποθέματα πετρελαίου στο τέλος του 2007 (Πηγή www.bp.com)



Εικόνα 1.2.2.2: Κατανομή αποθεμάτων πετρελαίου (Πηγή www.bp.com)



Παραγωγή

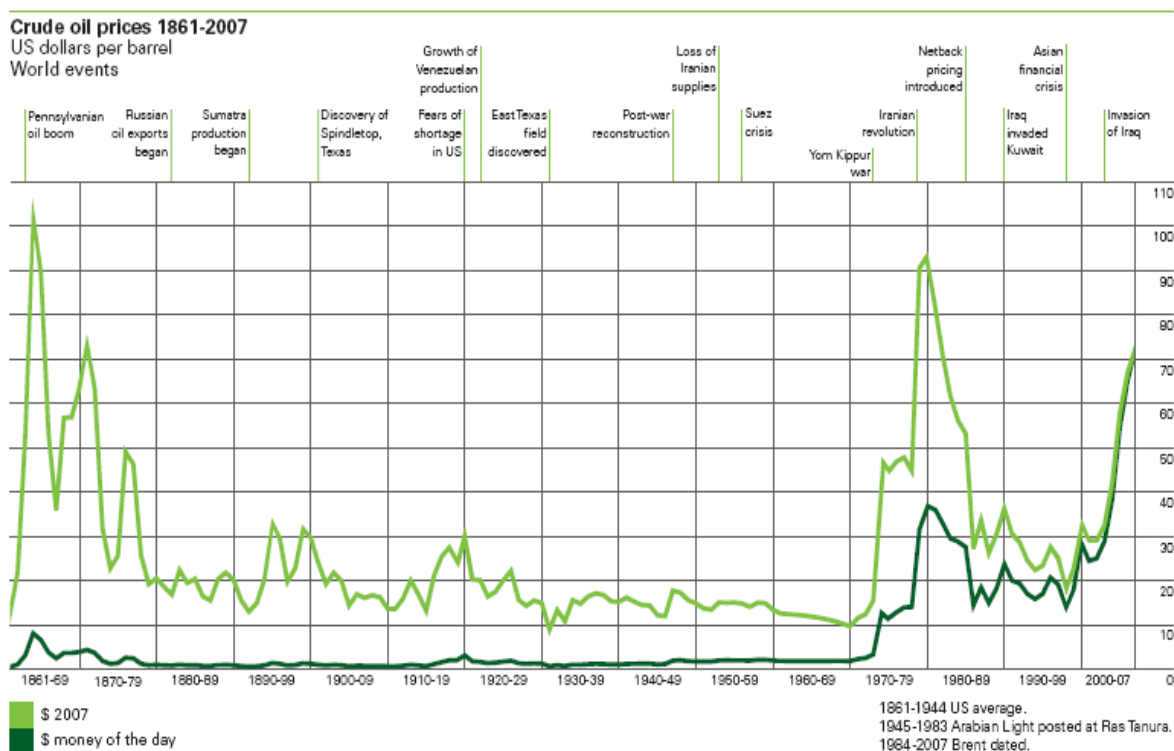
Η παγκόσμια παραγωγή αργού πετρελαίου συνεχίζει να αυξάνεται και η Μέση Ανατολή αποτελεί τον κυριότερο παραγωγό.

Η παραγωγή πετρελαίου από τη Βόρεια Θάλασσα δεν είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες της Ευρώπης. Ωστόσο τα αποθέματα αυτά μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο «εργαλείο» στη διαχείριση της εξάρτησης από εισαγωγές πετρελαίου. Αν η παραγωγή πετρελαίου από τη Βόρεια Θάλασσα εξακολουθήσει να ανέρχεται σε 6000-7000 kbbi/day, η δυνατότητα εκμετάλλευσης της θα μπορούσε να επαρκέσει ως το 2025, όταν η ζήτηση της Ευρώπης θα είναι 25000 kbbi/day. Αν η

παραγωγή αυξανόταν σε 8000-9000 kbbl/day δεν θα μπορούσαν να διασφαλιστούν παραπάνω από 10 χρόνια παραγωγής, σε αντίθεση με την αύξηση της ζήτησης μεγαλύτερη από 20000 kbbl/day. Και στα δύο σενάρια, η ζήτηση θα συνεχίσει να αυξάνεται και η παραγωγή από τη Βόρεια Θάλασσα θα μειωθεί δραματικά. Επομένως, και στα δύο σενάρια νέες πηγές θα πρέπει να συμπληρώσουν το κενό. Στην πραγματικότητα η παραγωγή πετρελαίου στη Βόρεια Θάλασσα πλησιάζει σχεδόν στο σημείο να παρουσιάσει κάμψη.

Η Βόρεια Θάλασσα αποτελεί μία από τις πιο ακριβές περιοχές για παραγωγή πετρελαίου λόγω του υψηλού κόστους εξερεύνησης και άντλησης σε μεγάλα θαλάσσια βάθη. Νέες τεχνολογίες ίσως μειώσουν αυτό το κόστος (\$8-10) αλλά παρόλα αυτά θα συνεχίσει να είναι ως και τρεις φορές υψηλότερο από το κόστος στη Μέση Ανατολή (\$3-5). Εξαρτώμενος από τις τιμές της αγοράς πετρελαίου, αυτός παράγοντας θα μπορούσε να συνεχίσει να καθιστά τη Μέση Ανατολή την προτιμότερη πηγή πετρελαίου της Ευρώπης.

Εικόνα 1.2.2.3: Η τιμή του αργού πετρελαίου 1861 - 2007 (Πηγή www.bp.com)



Ζήτηση

Η ζήτηση πετρελαίου έχει αυξηθεί και η τάση αυτή θα συνεχιστεί και στο μέλλον. Το πετρέλαιο παραμένει το βασικό καύσιμο στον τομέα των μεταφορών και οι δυνατότητες να αντικατασταθεί σήμερα είναι εξαιρετικά περιορισμένες.

Η τιμή του πετρελαίου, με εξαίρεση τη δεκαετία του 1970, έχει μικρή επίδραση στην τάση αύξηση της ζήτησής του. Η ζήτηση εξακολουθεί να αυξάνεται παρά το γεγονός ότι η τιμή του πετρελαίου τα τελευταία 50 χρόνια είναι περισσότερο ευμετάβλητη από ότι τα 100 προηγούμενα έτη. Οι χρήστες δεν επηρεάζονται από την αύξηση της τιμής του πετρελαίου βραχυπρόθεσμα, καθώς για παράδειγμα δεν θα αλλάξουν το αυτοκίνητο τους ή το σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Ωστόσο μακροπρόθεσμα, ενεργειακή ένταση των εφαρμογών του πετρελαίου έχει μειωθεί κατά 50% από το 1973. Στην ίδια περίοδο, με εξαίρεση τις μεταφορές, το πετρέλαιο έχει αντικατασταθεί από εναλλακτικά καύσιμα στη βιομηχανία.

Η ζήτηση θα αυξάνεται και είναι πιθανό ο τομέας των μεταφορών να καλύψει το 65% της ζήτησης πετρελαίου το 2020. Παρά τα αποδοτικότερα ενεργειακά συστήματα και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις που έχουν μειώσει την ενεργειακή ένταση στα περισσότερα μέσα μεταφορών, η ζήτηση αυξάνεται λόγω της αύξησης της χρήσης. Αν δεν αναπτυχθούν νέες εναλλακτικές τεχνολογίες, όπως οι κυψέλες καυσίμου στα αυτοκίνητα, η προβλεπόμενη αύξηση θα συνεχιστεί.

Εισαγωγές

Η Ευρώπη εισάγει περίπου το 80% του πετρελαίου που καταναλώνει. Η Νορβηγία αποτελεί τη μεγαλύτερη παραγωγό χώρα στην ΕΕ (17%). Η ΕΕ ως σύνολο διαθέτει πολλούς εισαγωγείς και επομένως μία τοπική αναστάτωση στην προμήθεια πετρελαίου θα έχει μικρή επίδραση στη συνολική οικονομία. Ωστόσο, η κατάσταση αυτή αλλάζει όσον αφορά στα μέλη της ΕΕ μεμονωμένα, όπου συχνά ένας μικρός αριθμός προμηθευτών παρέχει σχεδόν το σύνολο της ζήτησης. Οι υπό ένταξη χώρες εξαρτώνται σημαντικά από την προμήθεια πετρελαίου από τις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Παρόλο που οι εισαγωγές πετρελαίου στην ΕΕ μειώθηκαν τα τελευταία χρόνια, αναμένεται ότι θα αυξηθούν στο 90% ως το 2020.

Τα ζητήματα που καθορίζουν τις εισαγωγές πετρελαίου ποικίλουν. Πρώτα έρχεται η στρατηγική διαχείριση των εγχώριων αποθεμάτων και κυρίως αυτών της Βόρειας Θάλασσας. Δεύτερον, οι υποδομές σύνδεσης πρέπει να είναι επαρκείς ιδιαίτερα με την Μέση Ανατολή που αναμένεται να αποτελέσει τον κυριότερο προμηθευτή μακροπρόθεσμα. Οι συνδέσεις με αγωγούς είναι ελκυστικότερες από ότι η μεταφορά του πετρελαίου με πετρελαιοφόρα πλοία. Τέλος η ικανότητα παροχής και η πολιτική βούληση των εξαγωγικών χωρών θα πρέπει να ικανοποιεί την αυξανόμενη ζήτηση παγκοσμίως. Αυτή ίσως είναι πιο αβέβαιη πλευρά του θέματος και η σημαντικότερη όσον αφορά στη διαμόρφωση των τιμών του πετρελαίου.

2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

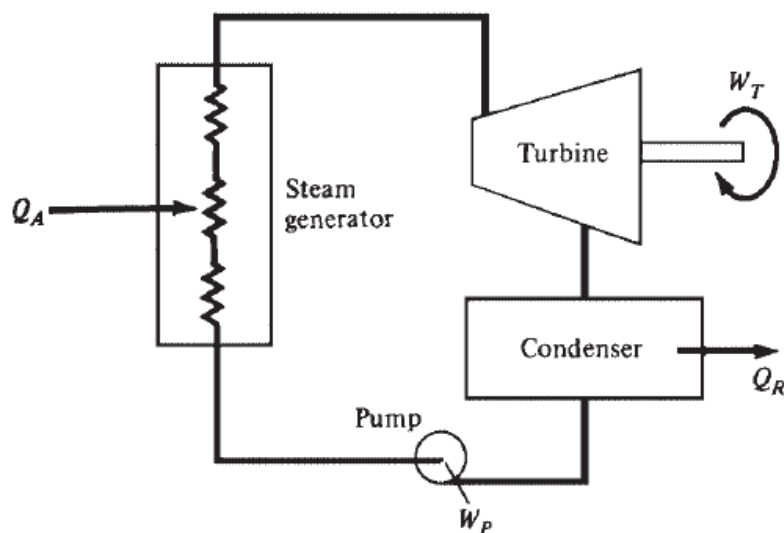
2.1. Θερμικοί Κύκλοι ΑΗΣ

2.1.1. Ιδανικός Κύκλος Clausius - Rankine

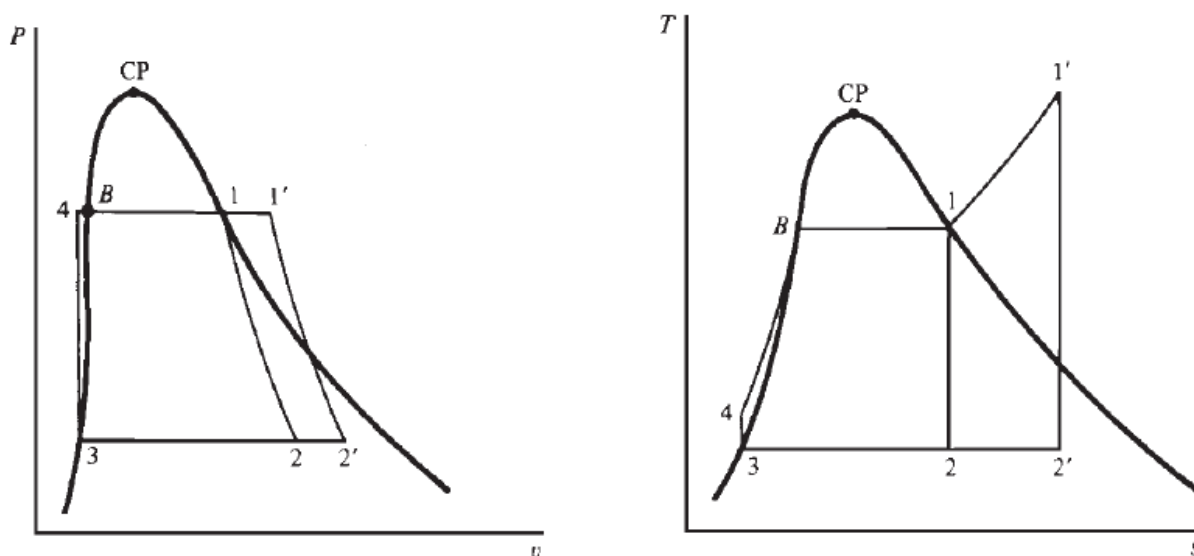
Κάθε ατμοηλεκτρικός σταθμός αποτελείται από διάφορες επιμέρους εγκαταστάσεις. Αυτές παρουσιάζονται σε απλοποιημένη μορφή στην Εικόνα 2.1.1.1. Η λειτουργία του κύκλου είναι η εξής: Από την τροφοδοτική δεξαμενή το νερό, με τη βοήθεια της τροφοδοτικής αντλίας και αύξηση της πίεσης του, οδηγείται στον Ατμοπαραγωγό. Εκεί το νερό θερμαίνεται, ατμοποιείται και τελικά υπερθερμαίνεται. Από τον ατμοπαραγωγό με μια σειρά ασφαλιστικών οργάνων και βαλβίδων ρύθμισης, ο υπέρθερμος ατμός οδηγείται στο στρόβιλο όπου αποτονούται με απόδοση έργου σε μια γεννήτρια. Στη συνέχεια ο ατμός εισάγεται στο συμπυκνωτή, όπου ψύχεται και υγροποιείται. Τέλος με την αντλία συμπυκνώματος οδηγείται στην τροφοδοτική δεξαμενή.

Ο θερμοδυναμικός κύκλος της εγκατάστασης παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1.1.2, με τη μορφή διαγραμμάτων $p - v$ και $T - s$.

Εικόνα 2.1.1.1: Σχηματικό διάγραμμα ροής του ιδανικού κύκλου Rankine



Εικόνα 2.1.1.2: Κύκλος Clausius - Rankine (υπέρθερμου ατμού) στα διαγράμματα $p - v$ και $T - s$



Πιο αναλυτικά, οι κύριες συνιστώσες της εγκατάστασης κατ' αντιστοιχία με τις μεταβολές του κύκλου είναι οι παρακάτω:

Μεταβολή 3-4 – Αντλίες τροφοδοσίας

Οι αντλίες ανυψώνουν την πίεση του κορεσμένου νερού που επιστρέφει από το συμπυκνωτή, για να τη φέρουν στην τιμή πίεσης τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού. Το νερό εισέρχεται στις αντλίες σε κατάσταση κορεσμού και κατά την έξοδο του είναι υπόψυκτο.

Μεταβολές 4-B, B-1, 1-1' – Ατμοπαραγωγός

Ο ατμοπαραγωγός παράγει τον ατμό που απαιτείται για τη λειτουργία του ατμοστροβίλου, με καύση κάποιου καυσίμου. Η όλη διεργασία θέρμανσης του νερού, ατμοποίησης και υπερθέρμανσης γίνεται υπό σταθερή πίεση (για την ακρίβεια υπάρχει μικρή μεταβολή πίεσης που οφείλεται στις διαφόρων ειδών απώλειες ολικής πίεσης κατά τη ροή μέσα στον ατμοπαραγωγό). Η διαφορετική φυσική κατάσταση του θερμαινόμενου μέσου οδηγεί σε διαφορετική κατασκευή των επιμέρους τμημάτων που διαχωρίζονται ως εξής:

- Μεταβολή 4-B, τμήμα στο οποίο γίνεται η προθέρμανση του νερού από υπόψυκτη σε κορεσμένη κατάσταση και το οποίο ονομάζεται οικονομητήρας (ECO).
- Μεταβολή B-1, πρόκειται για τον κυρίως λέβητα, στον οποίο γίνεται η ατμοποίηση του νερού, δηλαδή από κορεσμένο νερό σε κορεσμένο ατμό (ατμοποιητής, EVAP).
- Μεταβολή 1-1', στον κύκλο υπέρθερμου ατμού, υπάρχει υπερθερμαντήρας (SH) που μετατρέπει τον κορεσμένο ατμό σε υπέρθερμο.

Μεταβολή 1'-2' – Ατμοστρόβιλος

Πραγματοποιεί την εκτόνωση του ατμού που εισέρχεται σε αυτόν από τον ατμοπαραγωγό, μετατρέποντας σε μηχανική ενέργεια την ενθαλπική πτώση του ατμού. Η μετατροπή γίνεται με χρήση διαδοχικών σειρών κινητών και σταθερών πτερυγίων, πρόκειται δηλαδή για τυπική περίπτωση θερμικής στροβιλομηχανής.

Μεταβολή 2'-3 – Συμπυκνωτής

Συλλέγει και συμπυκνώνει τον ατμό εξόδου του στροβίλου, απορρίπτοντας την απαραίτητη θερμότητα στο περιβάλλον. Πρόκειται για εναλλάκτη θερμότητας, στον οποίο ανταλλάσσεται θερμότητα μεταξύ δύο ρευμάτων:

α. του ατμού εξόδου του στροβίλου, που συμπυκνώνεται και οδηγείται προς το σύστημα τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού, απορρίπτοντας θερμότητα

β. του νερού ψύξης που παραλαμβάνει την απορριπτόμενη θερμότητα.

Σε όλες τις περιπτώσεις κύκλου ατμού η παραγωγή του μηχανικού έργου γίνεται στον ατμοστρόβιλο, ο οποίος όμως υλοποιεί μόνο μια μεταβολή του κύκλου. Οι υπόλοιπες μεταβολές γίνονται από τμήματα της εγκατάστασης διαχωρισμένα από τον ατμοστρόβιλο.

Το ωφέλιμο έργο του κύκλου είναι ίσο με τη διαφορά του τεχνικού έργου του στροβίλου και των αντλιών:

$$\Delta w_{\text{net}} = (h_1 - h_2) - (h_4 - h_3) \text{ [kJ/kg]}$$

Ο βαθμός απόδοσης του ιδανικού κύκλου Rankine προκύπτει από τις διαφορές ενθαλπιών των αντίστοιχων καταστάσεων. Ο θερμικός βαθμός απόδοσης δίνεται από τη σχέση:

$$\eta_{\text{th}} = \Delta w_{\text{net}} / q_A = [(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)] / (h_1 - h_4)$$

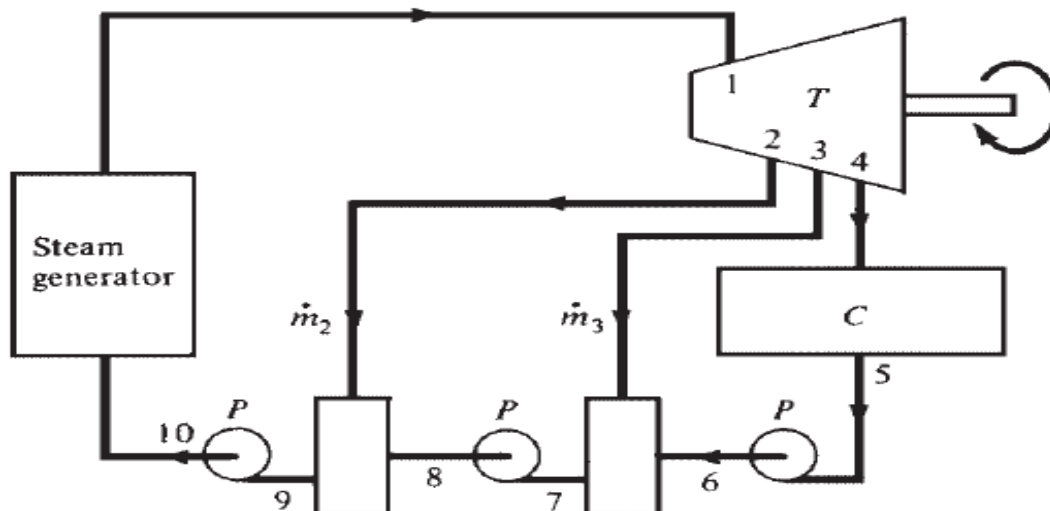
2.1.2. Κύκλος απομάστευσης και προθέρμανσης

Πρόκειται για μια βασική παραλλαγή του απλού κύκλου. Ποσοστά παροχής ατμού αφαιρούνται από διάφορες θέσεις κατά μήκος του στροβίλου και χρησιμοποιούνται για προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού.

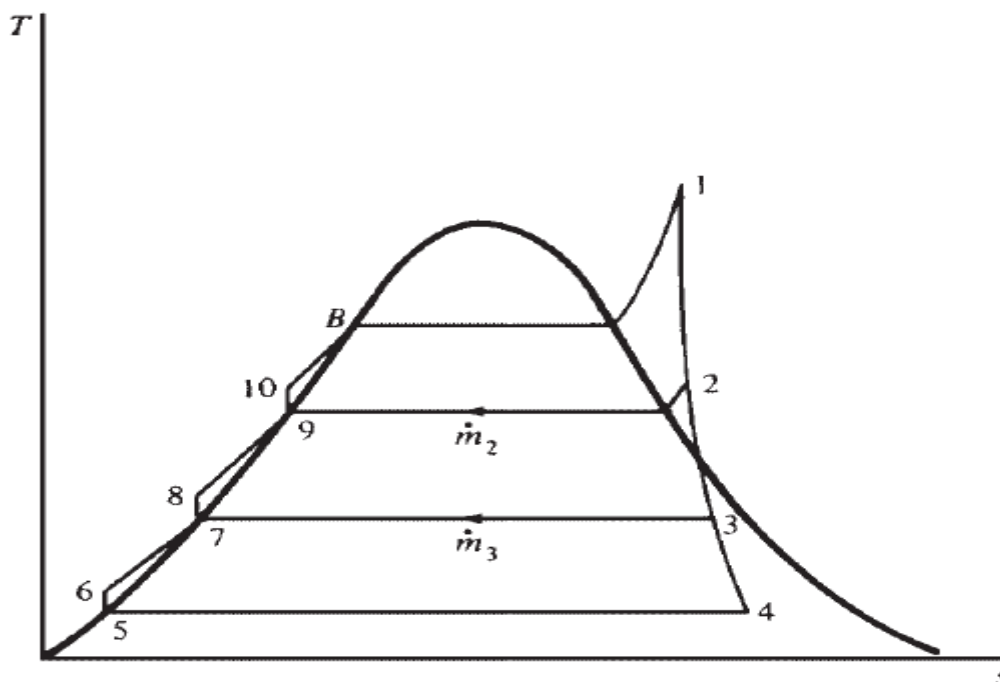
Ο λόγος για τον οποίο ο κύκλος απομάστευσης μπορεί να δώσει μεγαλύτερη απόδοση από τον απλό κύκλο είναι ότι, αν ολόκληρη η ποσότητα ατμού εκτονωθεί μέσω του στροβίλου, τότε προκύπτει μηχανικό έργο, ίσο με τη διαθέσιμη ενθαλπική πτώση, ενώ αν μέρος του ατμού εκτονωθεί μερικά και στη συνέχεια χρησιμοποιηθεί για την προθέρμανση τροφοδοτικού νερού, είναι δυνατό η συνολική ωφέλιμη διαφορά ενθαλπίας που αποδίδεται από τον ατμό να είναι μεγαλύτερη. Έτσι, προκύπτει αύξηση του βαθμού απόδοσης, καθώς, από θερμοδυναμική άποψη, η «εσωτερική» θέρμανση του νερού τροφοδοσίας έχει ως αποτέλεσμα η «εξωτερική» θερμότητα να προσδίδεται μόνο για την ατμοποίηση. Υπάρχει, δηλαδή, πρόσδοση θερμότητας σε υψηλότερη μέση θερμοκρασία με αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού απόδοσης.

Ο ιδανικός κύκλος αναγέννησης μπορεί να προσεγγιστεί με έναν αριθμό απομαστεύσεων – προθερμάνσεων, που μπορούν να υλοποιηθούν με διάφορους τρόπους (Εικόνες 2.1.2.1 και 2.1.2.2). Οι προθερμαντήρες που χρησιμοποιούνται είναι δύο ειδών: ανοιχτού και κλειστού τύπου.

Εικόνα 2.1.2.1: Σχηματικό διάγραμμα ροής εγκατάστασης με δύο προθερμαντές ανοιχτού τύπου



Εικόνα 2.1.2.2: Κύκλος Rankine (υπέρθερμου ατμού) με δύο προθερμαντές ανοιχτού τύπου σε διάγραμμα T – s

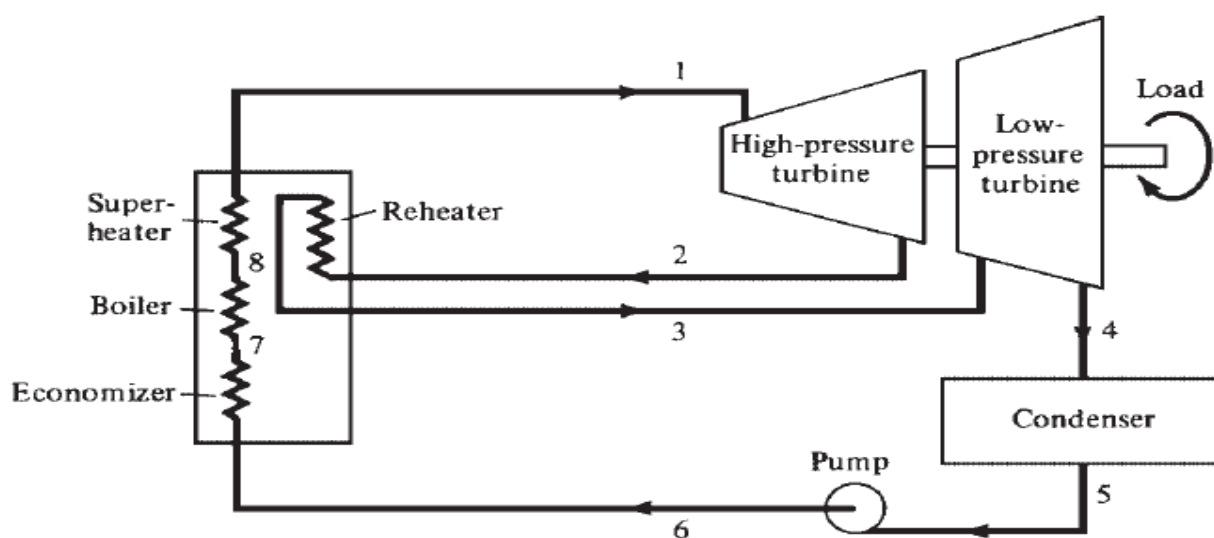


2.1.3. Κύκλος με αναθέρμανση

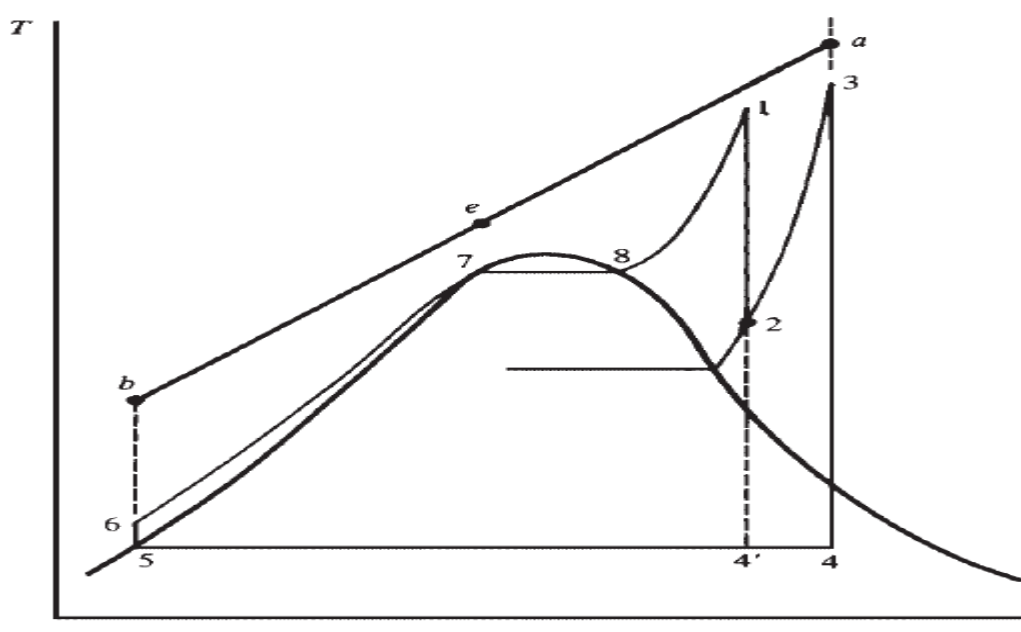
Ένας άλλος τρόπος αύξησης του βαθμού απόδοσης είναι η εφαρμογή της αναθέρμανσης. Αφού πραγματοποιηθεί μέρος της εκτόνωσης, ο ατμός που διοχετεύεται σε αναθερμαντή όπου του προσδίδεται πλέον θερμότητα, αυξάνεται η θερμοκρασία και στη συνέχεια εκτονώνεται. Ο κύκλος με αναθέρμανση φαίνεται στην Εικόνα 2.1.3.2, ενώ η σχηματική διάταξη με την οποία επιτυγχάνεται παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1.3.1.

Η αναθέρμανση μπορεί να γίνει σε μια ή περισσότερες βαθμίδες και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας πρόσδοσης θερμότητας του κύκλου. Η αύξηση αυτή οδηγεί σε βελτίωση του βαθμού απόδοσης. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα που προκύπτει από την αναθέρμανση είναι ότι, για συγκεκριμένη τελική πίεση εξόδου στο στρόβιλο, μειώνεται ο αριθμός των βαθμίδων που λειτουργούν με υγρό ατμό. Έτσι μειώνονται οι απώλειες υγρότητας και μειώνονται τα προβλήματα διάβρωσης από την κρούση σταγονιδίων στα πτερύγια του ατμοστροβίλου.

Εικόνα 2.1.3.1: Σχηματικό διάγραμμα ροής εγκατάστασης με αναθέρμανση



Εικόνα 2.1.3.2: Κύκλος Rankine (υπέρθερμου ατμού) με αναθέρμανση σε διάγραμμα T – s



2.2. Τμήματα Ατμοηλεκτρικών Σταθμών

Οι ΑΗΣ αποτελούνται κυρίως από ατμοπαραγωγούς, ατμοστροβίλους, γεννήτριες, συμπυκνωτές ατμού, σύστημα προθέρμανσης τροφοδοτικού νερού, κ.λπ. Η μέγιστη ισχύς μιας μονάδας ξεπερνά σήμερα τα 1000 MW. Ο βαθμός απόδοσης έχει ξεπεράσει το 43%. Ως καύσιμα χρησιμοποιούνται κυρίως λιθάνθρακες, φαιάνθρακες, βαρύ πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

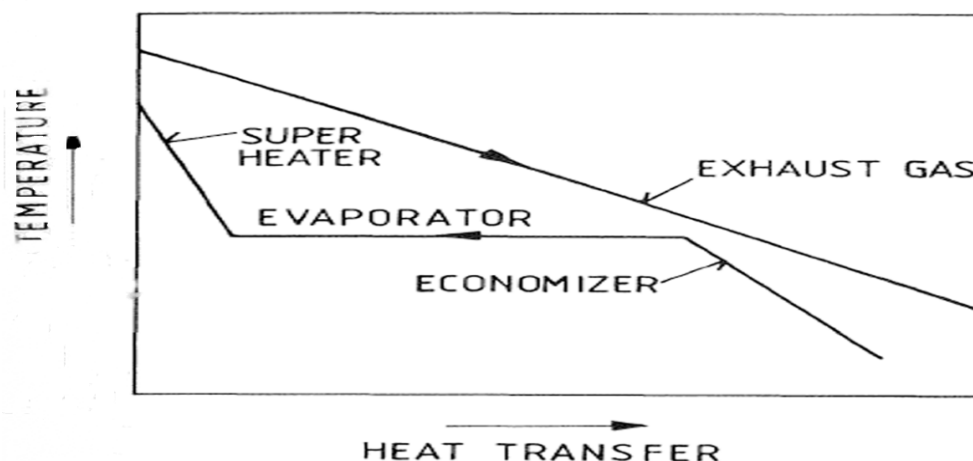
Συναντώνται κυρίως σε μονάδες φορτίου βάσης (άνω των 5000 ωρών λειτουργίας ετησίως) αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε μονάδες μεσαίου φορτίου (μεταξύ 2000 και 5000 h/a) και φορτίου αιχμής (500 – 2000 h/a).

Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των βασικών εξαρτημάτων των ΑΗΣ ανεξαρτήτως του καυσίμου που χρησιμοποιούν.

2.2.1. Ατμοπαραγωγός

Ο ατμοπαραγωγός είναι ένα σύστημα παραγωγής ατμού, με ορισμένα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά και καθορισμένη παροχή. Μπορεί να θεωρηθεί εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ ρεύματος θερμού καυσαερίου και ρεύματος νερού, που καθώς διαρρέει τον ατμοπαραγωγό μετασχηματίζεται βαθμιαία σε κορεσμένο και υπέρθερμο ατμό, παίρνοντας θερμότητα από το καυσαέριο (Εικόνα 2.2.1.1).

Εικόνα 2.2.1.1: Διάγραμμα θερμοκρασίας – μεταφοράς θερμότητας για ατμοπαραγωγό (Πηγή: Combined - Cycle Gas & Steam Turbine Power Plants, Rolf Kehlhofer)



Το ρεύμα του θερμού καυσαερίου, που αποτελεί τον φορέα της συναλλασσόμενης θερμότητας, δημιουργείται μέσα στον ατμοπαραγωγό με την καύση του καυσίμου. Τόσο το εργαζόμενο μέσο (νερό ή ατμός), όσο και ο φορέας θερμότητας (καυσαέριο), κυκλοφορούν σε σύστημα αγωγών, μέσα από τα τοιχώματα των οποίων μεταφέρεται η θερμότητα από το καυσαέριο στο εργαζόμενο μέσο. Η επιφάνεια των τοιχωμάτων των αγωγών ατμού ή νερού, που έρχεται σε επαφή με το καυσαέριο, αποτελεί τη θερμαινόμενη επιφάνεια του ατμοπαραγωγού.

Σε μεγάλους ατμοπαραγωγούς, το σύστημα αγωγών, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το εργαζόμενο μέσο, αποτελείται από πολλούς παράλληλους σωλήνες μικρής σχετικά διαμέτρου. Η καύση του καυσίμου και η δημιουργία του καυσαερίου γίνεται σε ειδικό χώρο του ατμοπαραγωγού, που ονομάζεται θάλαμος καύσης ή εστία. Ο θάλαμος αυτός, είναι συνήθως ντυμένος εσωτερικά με σειρά σωλήνων, μέσα στους οποίους κινείται το νερό που πρόκειται να ατμοποιηθεί. Λόγω της ακτινοβολίας της φλόγας και επειδή το καυσαέριο κατά το σχηματισμό του έχει μεγάλη θερμοκρασία, ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας μεταδίδεται στους σωλήνες που ντύνουν το θάλαμο καύσης με ακτινοβολία.

Με βάση την κυκλοφορία του εργαζόμενου μέσου οι ατμοπαραγωγοί χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ατμοπαραγωγοί με φυσική κυκλοφορία
- Ατμοπαραγωγοί με τεχνητή κυκλοφορία
- Ατμοπαραγωγοί εξαναγκασμένης ροής

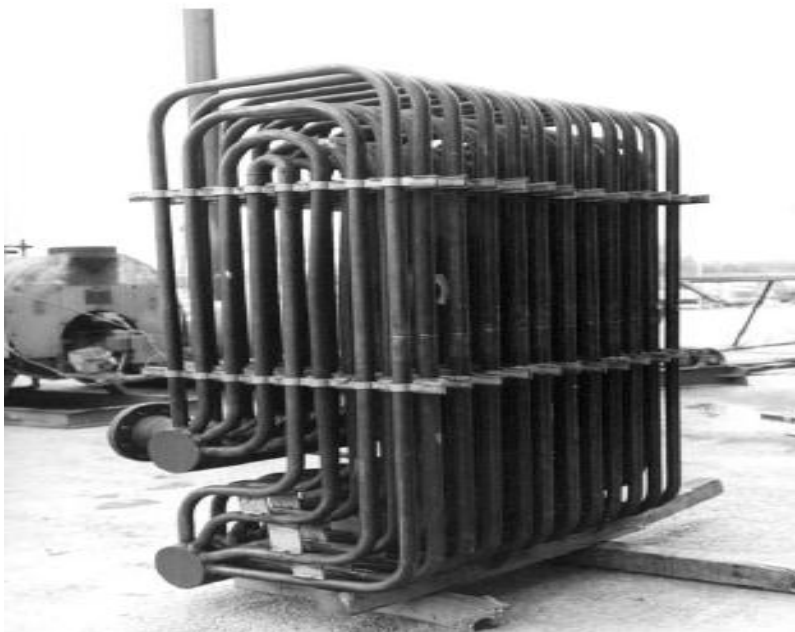
Οι σύγχρονοι ατμοπαραγωγοί, που έχουν εξελιχθεί σε πολύ μεγάλες και πολύπλοκες κατασκευές, εκτός από το σύστημα ατμοποίησης (Evaporator) είναι εξοπλισμένοι με:

Υπερθερμαντήρες

Ο υπερθερμαντήρας (superheater, SH) έχει σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας του κορεσμένου ατμού και τοποθετείται μετά το σύστημα ατμοποίησης. Αποτελείται από ένα ή περισσότερα τμήματα (σερπαντίνες σωλήνων), που τοποθετούνται σε διαφορετικά σημεία στη ροή των καυσαερίων. Μεταξύ των τμημάτων του υπερθερμαντήρα τοποθετούνται ψύκτες ατμού για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του.

Ανάλογα με την περιοχή τοποθέτησης του υπερθερμαντήρα και τον τρόπο μετάδοσης θερμότητας, διακρίνονται υπερθερμαντήρες ακτινοβολίας ή επαφής μεταφοράς.

Εικόνα 2.2.1.3: Υπερθερμαντήρας με βρόχους (ABCO Industries, Abilene, TX.)



Αναθερμαντήρες

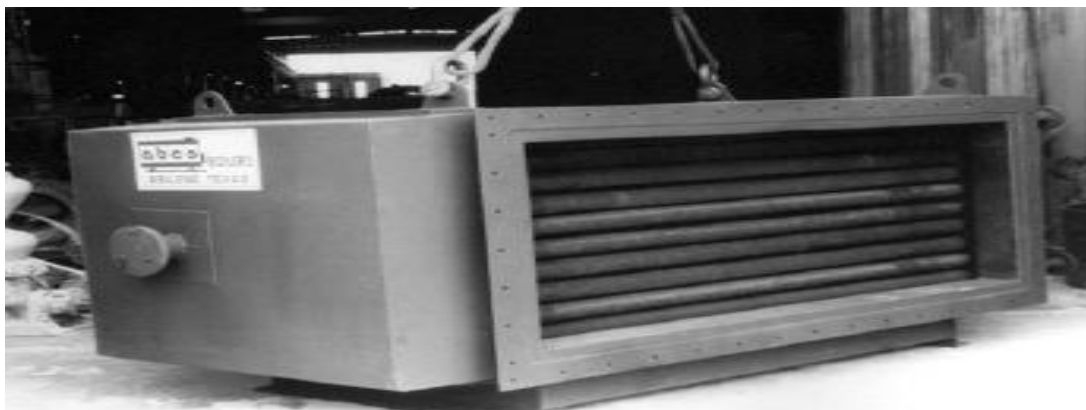
Ο αναθερμαντής ατμού (reheater, RH) είναι μια επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας που χρησιμεύει για την αναθέρμανση του ατμού μετά τη μερική αποτόνωση του, στο τμήμα υψηλής πίεσης του ατμοστροβίλου. Η κατασκευή του αναθερμαντή, μορφολογικά, είναι ίδια με αυτή του υπερθερμαντήρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας του ατμού γίνεται, συνήθως, μέχρι τη θερμοκρασία που έχει αυτός, κατά την έξοδό του από τον υπερθερμαντήρα. Και εδώ είναι απαραίτητη η ρύθμιση της θερμοκρασίας ατμού, που γίνεται με διάφορες μεθόδους.

Προθερμαντήρες νερού

Ο προθερμαντήρας νερού ή οικονομητήρας (economizer, ECO) προθερμαίνει το νερό τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού, πριν αυτό οδηγηθεί στο σύστημα ατμοποίησης. Η θερμότητα που φέρουν ακόμα τα καυσαέρια, τα οποία έχουν προσφέρει ήδη θερμότητα στις επιφάνειες του συστήματος ατμοποίησης, υπερθερμαντήρα και αναθερμαντήρα, αξιοποιείται για τη θέρμανση του τροφοδοτικού νερού, μέχρις θερμοκρασίας μικρότερης κατά 30 – 50 C της θερμοκρασίας κορεσμού που αντιστοιχεί στην πίεση λειτουργίας.

Οι οικονομητήρες αποτελούνται από συλλέκτες εισόδου – εξόδου και από σερπαντίνες χαλυβδοσωλήνων, γυμνών ή με πτερύγια.

Εικόνα 2.2.1.4: Προθερμαντήρας (ABCO Industries, Abilene, TX.)

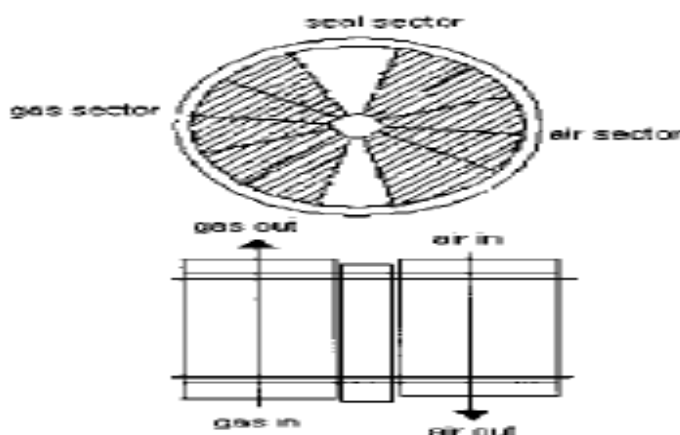


Προθερμαντήρας αέρα καύσης (LUVO)

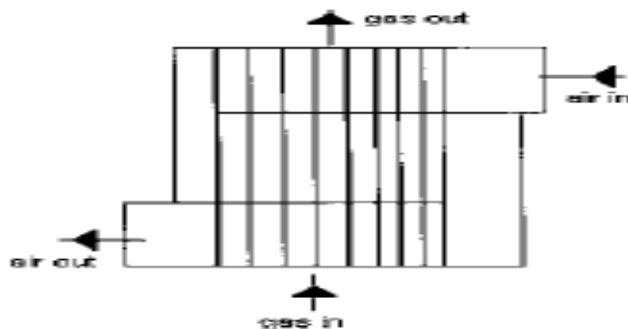
Η χρήση των προθερμαντήρων αέρα καύσης βελτιώνει το βαθμό απόδοσης του ατμοπαραγωγού, μειώνοντας τη θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων και, επίσης, συμβάλλοντας σημαντικά στην καλύτερη και ταχύτερη διεργασία καύσης, ιδιαίτερα όταν τα καύσιμα έχουν περιεκτικότητα σε υγρασία. Η τελική θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων από τον προθερμαντήρα αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία δρόσου των καυσαερίων και δεν πρέπει ποτέ να είναι ίση ή μικρότερη απ' αυτήν. Όσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο, τόσο υψηλότερο είναι το σημείο δρόσου των καυσαερίων.

Υπάρχουν διάφορων ειδών προθερμαντήρες αέρα, π.χ. προθερμαντήρες με πλάκες, περιστρεφόμενοι προθερμαντήρες, ή προθερμαντήρες αέρα με σωλήνες.

Εικόνα 2.2.1.5: Περιστρεφόμενος Προθερμαντήρας αέρα



Εικόνα 2.2.1.6: Προθερμαντήρας αέρα με σωλήνες



2.2.2. Προθερμαντές νερού

Η υλοποίηση του κύκλου απομάστευσης και προθέρμανσης (που αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.1.2) μπορεί να γίνει με διαφορετικές διατάξεις, όσον αφορά στον τρόπο διαχείρισης του απομαστευόμενου ατμού και των συμπυκνωμάτων. Έτσι έχουμε δύο βασικούς τύπους προθερμαντήρων, καθένας από τους οποίους συνεπάγεται και διαφορετική διάταξη του κύκλου στο τμήμα προετοιμασίας του νερού τροφοδοσίας του λέβητα.

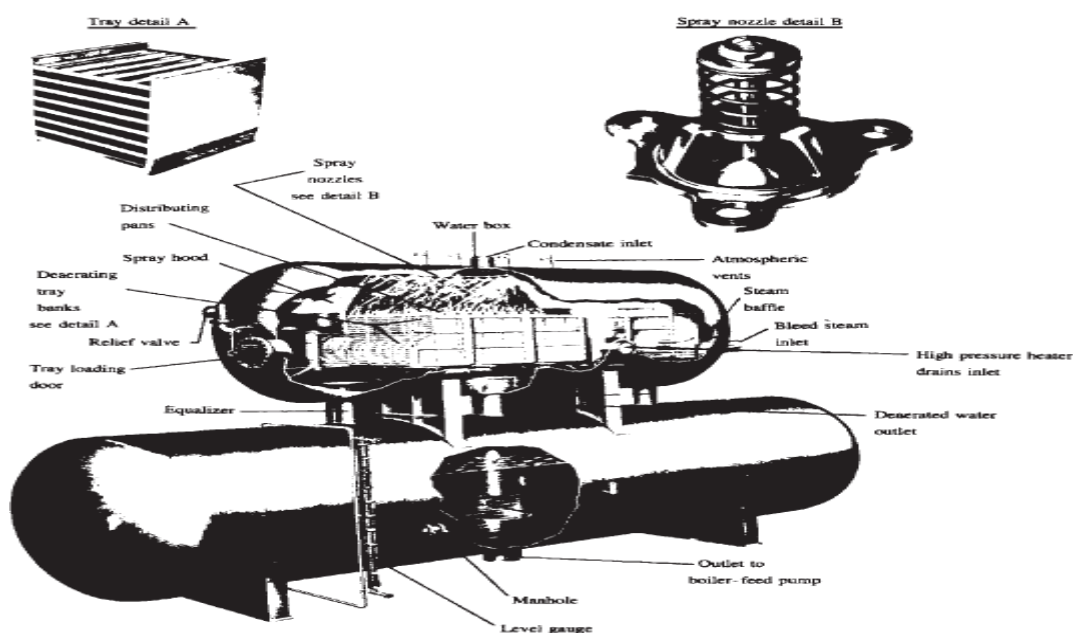
Προθερμαντήρες ανοικτού τύπου (άμεσης επαφής)

Οι προθερμαντήρες αυτοί αναμιγνύουν τον απομαστευόμενο ατμό με συμπύκνωμα επιστροφής. Το πλεονέκτημα τους είναι η πολύ καλή απόδοση της προθέρμανσης και η απλή κατασκευή τους. Το μειονέκτημα είναι ότι, για να γίνει ανάμιξη συμπυκνώματος – ατμού, επειδή ο θερμότερος ατμός είναι σε υψηλότερη πίεση, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται μια αντλία συμπυκνώματος ανά προθερμαντήρα. Στον πρώτο προθερμαντήρα, π.χ. το κορεσμένο νερό από την έξοδο του συμπυκνωτή, συμπιέζεται και έρχεται σε υπόψυκτη κατάσταση, σε πίεση ίση με αυτή του ατμού της τελευταίας απομάστευσης.

Το σημαντικό στοιχείο στη διεργασία αυτή είναι ότι η ποσότητα ατμού που απομαστεύεται για προθέρμανση επιλέγεται έτσι ώστε το νερό στην έξοδο του προθερμαντή να βρίσκεται σε κορεσμένη κατάσταση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του προθερμαντήρα ανοικτού τύπου είναι ότι δρα ως απαεριωτής. Η διάσπαση του νερού σε σταγονίδια κατά την ανάμιξη του με τον ατμό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ελεύθερης επιφάνειας και την απελευθέρωση αερίων διαλυμένων στο νερό (π.χ. H_2 , O_2 , N_2 , CO_2). Η απαλλαγή του νερού από τέτοια αέρια είναι απαραίτητη για την αποφυγή διαβρώσεων στον ατμοπαραγωγό.

Εικόνα 2.2.2.1: Απαεριωτής – Προθερμαντήρας Ανοικτού τύπου (Chicago Heater Inc.)



Προθερμαντήρες κλειστού τύπου

Στους προθερμαντήρες αυτούς, ο ατμός ρέει σε χωριστούς σωλήνες από το συμπύκνωμα. Πρόκειται δηλαδή για τυπικούς εναλλάκτες θερμότητας, στους οποίους η συναλλαγή θερμότητας γίνεται μέσω των τοιχωμάτων των σωλήνων. Η θερμική τους απόδοση είναι κατά συνέπεια μικρότερη, όμως έχουν το πλεονέκτημα ότι χρειάζεται μόνο μία αντλία, δεδομένου ότι το κύκλωμα νερού είναι χωριστό από αυτό του ατμού, και έτσι μπορεί να διαχωριστεί ανεξάρτητα από τον ατμό.

Ανάλογα με τον τρόπο που είναι διατεταγμένοι οι προθερμαντές κλειστού τύπου έχουμε δύο είδη διατάξεων.

Η πρώτη διάταξη χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι, το συμπύκνωμα από κάθε προθερμαντή οδηγείται προς τον επόμενο, που βρίσκεται σε χαμηλότερη πίεση (συμπύκνωμα προς τα πίσω).

Σε κάθε προθερμαντή ο ατμός ψύχεται και συμπυκνώνεται, ενώ μπορεί να ψυχθεί ακόμα παραπέρα. Έτσι ο προθερμαντής μπορεί να χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό των παρακάτω διεργασιών όσον αφορά στον ατμό απομάστευσης: ψύξη υπέρθερμου ατμού, συμπύκνωση κορεσμένου ατμού, ψύξη συμπυκνώματος. Σημειώνεται ότι μετά την έξοδο του συμπυκνώματος, για να τροφοδοτηθεί αυτό στον επόμενο προθερμαντή, πρέπει να στραγγαλιστεί για να πέσει η πίεση του. Έτσι δημιουργούνται απώλειες που μειώνουν την αποδοτικότητα του συστήματος.

Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μόνο αντλία τροφοδοσίας. Πιθανά να τοποθετούνται και δύο, μία αντλία συμπυκνώματος και μία αντλία τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού, για να μη βρίσκεται ολόκληρο το σύστημα τροφοδοσίας σε υψηλή πίεση και να μειώνεται το έργο κάθε αντλίας. Από την άλλη μεριά, αν χρησιμοποιηθεί προθερμαντής ανοικτού τύπου σαν απαεριωτής, μετά από μια σειρά προθερμαντών κλειστού τύπου, αυτόματα απαιτείται η προσθήκη μιας αντλίας.

Στο δεύτερο είδος διάταξης, το νερό από το συμπυκνούμενο, απομαστευόμενο ατμό τροφοδοτείται στο κυρίως νερό τροφοδοσίας, μετά τον προθερμαντή (συμπύκνωμα προς τα μπρός). Επειδή η πίεση του είναι χαμηλότερη από την πίεση τροφοδοσίας, χρειάζεται μια αντλία που προκαλεί την απαιτούμενη ανύψωση πίεσης. Έτσι, δεν υπάρχουν απώλειες στραγγαλισμού αλλά έχει προστεθεί μια μικρή αντλία. Σημειώνεται ότι, πρόκειται για πολύ μικρότερη πρόσθετη πολυπλοκότητα από την περίπτωση προθερμαντήρων ανοικτού τύπου.

Συνήθως όταν υπάρχει μια σειρά προθερμαντών κλειστού τύπου, στην τελευταία βαθμίδα προθέρμανσης χρησιμοποιείται προθερμαντής ανοικτού τύπου, που λειτουργεί ως απαεριωτής. Ο λόγος χρήσης του είναι για την απομάκρυνση των αερίων, που είναι διαλυμένα στο συμπύκνωμα (κυρίως οξυγόνου) ώστε να προστατεύεται ο λέβητας από διάβρωση.

2.2.3. Ατμοστρόβιλος

Οι ατμοστρόβιλοι είναι απλές θερμικές μηχανές που έχουν μεγάλη ταχύτητα περιστροφής και μεγάλη συγκέντρωση ισχύος. Στον ατμοστρόβιλο, όπως και στον αεριοστρόβιλο, επιδιώκουμε τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας του εργαζόμενου μέσου σε κινητική ενέργεια και αυτής σε μηχανικό έργο. Σήμερα κατασκευάζονται ατμοστρόβιλοι από λίγα kW μέχρι περίπου 1300 MW σε μία άτρακτο.

Η μετατροπή της ενέργειας σε κινητική γίνεται με τη βοήθεια ακροφυσίων ή με τη βοήθεια πτερυγίων (οδηγών ή κινητών). Κατά τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε κινητική η δέσμη του ατμού αποκτά μεγάλη ταχύτητα. Η κινητική αυτή ενέργεια, λόγω αλλαγής κατεύθυνσης της δέσμης του ατμού στα κινητά πτερύγια, δημιουργεί μια περιφερειακή δύναμη ώσης, η οποία δημιουργεί τη ροπή στρέψης στην άτρακτο του στρόβιλου. Κάθε στρόβιλος αποτελείται από δύο κύρια τμήματα:

- Το κέλυφος με τα οδηγία πτερύγια ή ακροφύσια, που έχουν προορισμό να προσάγουν τον ατμό με την επιθυμητή κατεύθυνση και ταχύτητα δρομέα.
- Την κινητή στεφάνη (δρομέα) με τα κινητά πτερύγια, όπου η υπάρχουσα συνολική ενέργεια, που αποτελείται από την πτώση της πίεσης προ του κινητού τροχού και είναι σχεδόν ίδια με την αδιαβατική θερμική πτώση, μετατρέπεται σε μηχανικό έργο.

Καταρχήν ο ατμός εισέρχεται στα ακροφύσια εισόδου, όπου η δυναμική ενέργεια του ατμού μετατρέπεται (με μείωση της πίεσης του) σε κινητική ενέργεια. Η ταχύτητα του ατμού αυξάνεται από 30 – 50 m/sec σε 100 – 400 m/sec. στη συνέχεια, στο πτερύγιο του δρομέα, μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ατμού, με αλλαγή κατεύθυνσης, σε μηχανική ενέργεια. Το φαινόμενο αυτό επαναλαμβάνεται σε κάθε πτερύγιο του δρομέα μέχρι της τελικής πίεσης.

Η τελική πίεση μπορεί να είναι υπερπίεση ή υποπίεση, σε στρόβιλους που εργάζονται με ψυγείο. Στις τελευταίες βαθμίδες, η ταχύτητα ροής ελαττώνεται και φτάνει περίπου τα 100 m/sec. Η χρονική διάρκεια από την είσοδο του ατμού στο στρόβιλο μέχρι την είσοδο του ατμού στο συμπυκνωτή είναι ελάχιστη.

Στο ψυγείο, ο εξερχόμενος ατμός από το στρόβιλο ψύχεται και, αφαιρούμενης της θερμότητας ατμοποίησης, γίνεται πάλι νερό. Υπολογίζεται ότι η θερμοκρασία του νερού ψύξης στο συμπυκνωτή αυξάνεται περίπου κατά 8 – 10 C. Αυτό σημαίνει ότι, για τη συμπύκνωση του ατμού χρειάζεται 50πλάσια ποσότητα νερού ψύξης.

Συνήθίζεται οι ατμοστρόβιλοι να χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά τους, που σχετίζονται με το είδος σχεδίασης, τη διάταξη των επιμέρους τμημάτων τους και την κατάσταση του ατμού στην είσοδο ή την έξοδο.

Τύποι πτερυγώσεων

Στρόβιλοι δράσεως (Impulse Turbines)

Πρόκειται για στρόβιλους με μηδενικό βαθμό αντίδρασης ($r=0$). Τα επιμέρους είδη τους είναι:

- Μονοβάθμιοι στρόβιλοι δράσεως
- Βαθμίδες ταχύτητας (Curtis)
- Βαθμίδες πίεσης (Rateau)

Τα πτερύγια της σταθερής πτερυγώσης είναι τέτοια ώστε να δημιουργούν ακροφύσια με σκοπό να επιταχύνουν τη διερχόμενη ροή, μειώνοντας ταυτόχρονα την πίεση. Η ροή η οποία εξέρχεται από τα ακροφύσια οδηγείται με υψηλή ταχύτητα στα κινούμενα πτερύγια τα οποία και ωθεί με τη δύναμη που οφείλεται στη μεταβολή της ορμής του ρευστού και μόνο. Έτσι έχουμε εξάσκηση δύναμης που έχει την ίδια φύση με τη δύναμη που ασκεί ελεύθερη δέσμη που προσπίπτει σε τοίχωμα.

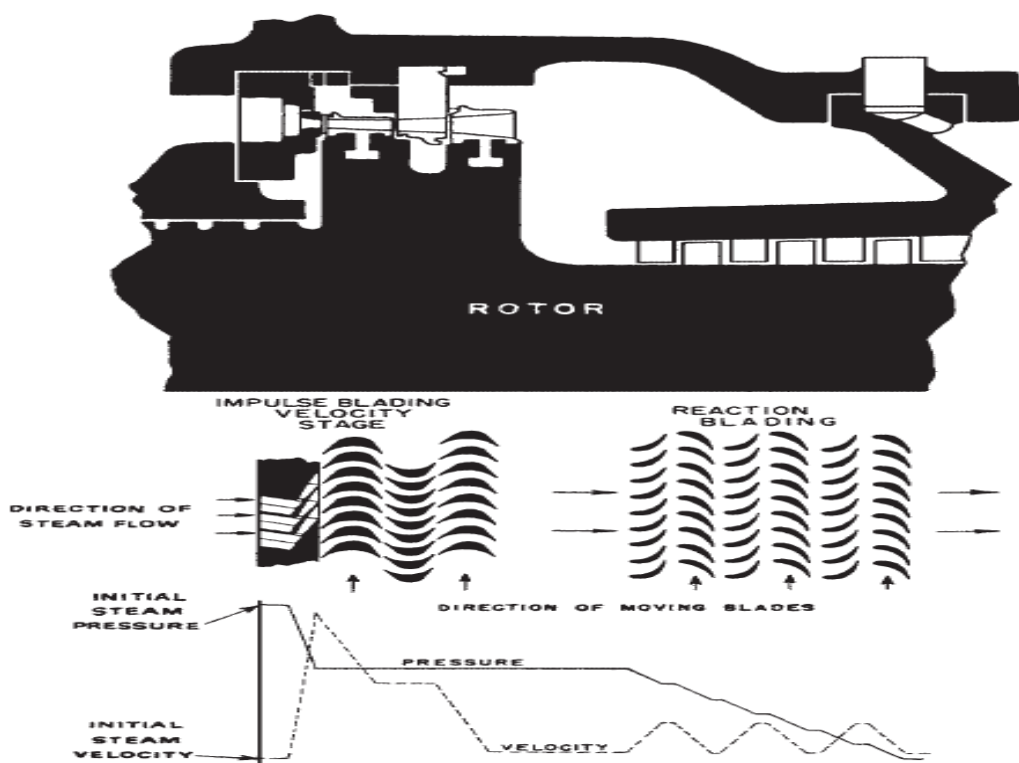
Τότε μιλάμε για βαθμίδα δράσεως και η δύναμη στα πτερύγια οφείλεται στην αλλαγή κατεύθυνσης της ροής, χωρίς να μεταβάλλεται η σχετική ταχύτητα της πτερωτής. Κατά τη δίοδο του ρευστού μέσω των κινούμενων πτερυγίων δεν έχουμε μεταβολή της στατικής του πίεσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του ρότορα.

Στρόβιλοι αντιδράσεως (Reaction Turbines, Parsons)

Πρόκειται για στρόβιλους με βαθμό αντίδρασης μεγαλύτερο του μηδενός ($r>0$).

Ανάλογα με το βαθμό αντίδρασης έχουμε μείωση της πίεσης τόσο στο ρότορα όσο και στο στάτορα, εκτός από την περίπτωση που ο βαθμός αντίδρασης είναι 100% και τότε όλη η μεταβολή πίεσης γίνεται στο ρότορα.

Εικόνα 2.2.3.1: Βαθμίδες δράσης και αντίδρασης



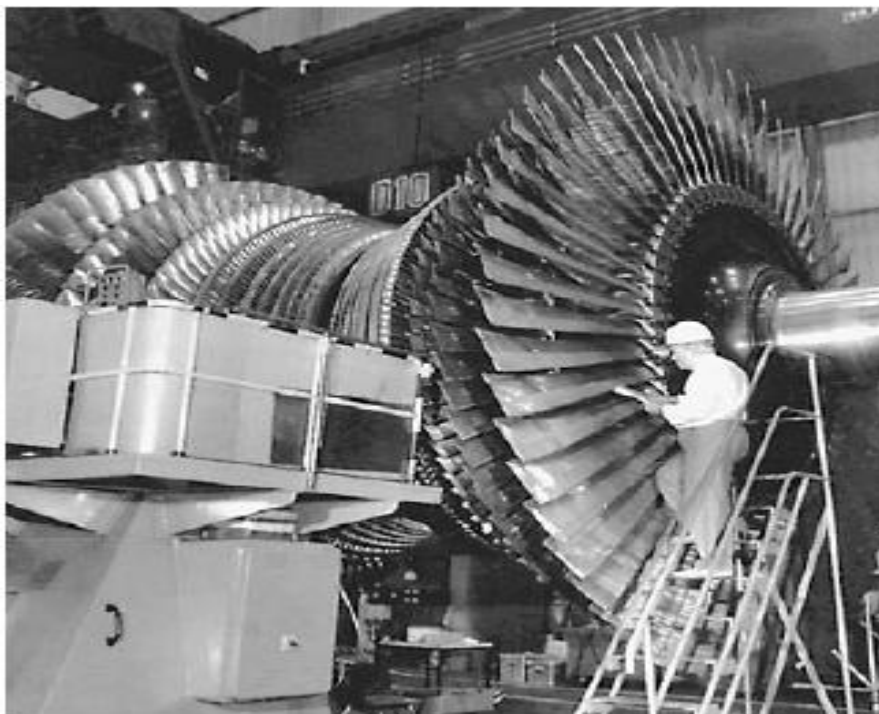
Γενική διάταξη ροής

Απλής ροής, όπου ο ατμός κινείται προς μία κατεύθυνση, από την είσοδο υψηλής πίεσης μέχρι την έξοδο.

Διπλής ροής ή αντιρροής, όπου ο ατμός χωρίζεται σε δύο κλάδους περνώντας σε αντίθετες φορές από δύο διαφορετικές σειρές βαθμίδων πάνω στον ίδιο ρότορα.

Σύνθετης διάταξης, όπου ο ατμός περνά από μια σειρά χωριστές μονάδες.

Εικόνα 2.2.3.2: Ρότορας στροβίλου διπλής ροής (Siemens Westinghouse Power Corp.)

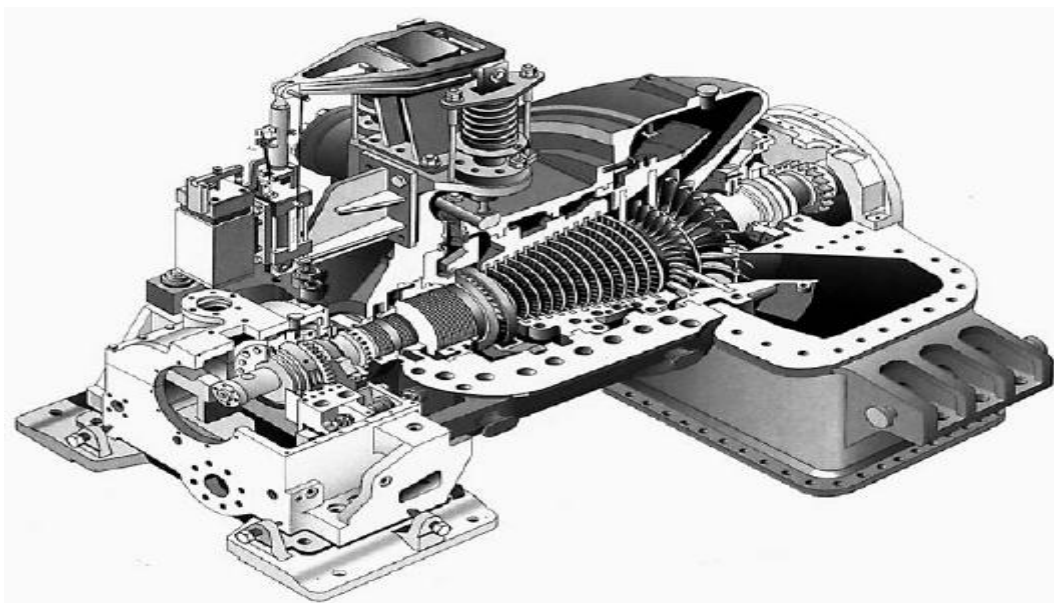


Συνθήκες τροφοδοσίας – εξόδου

Ατμοστρόβιλοι συμπυκνώσεως

Η έξοδος του ατμού γίνεται στο συμπυκνωτή, στον οποίο έχουμε υγροποίηση του ατμού. Ο συμπυκνωτής βρίσκεται σε πολύ χαμηλή πίεση, αρκετά χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική.

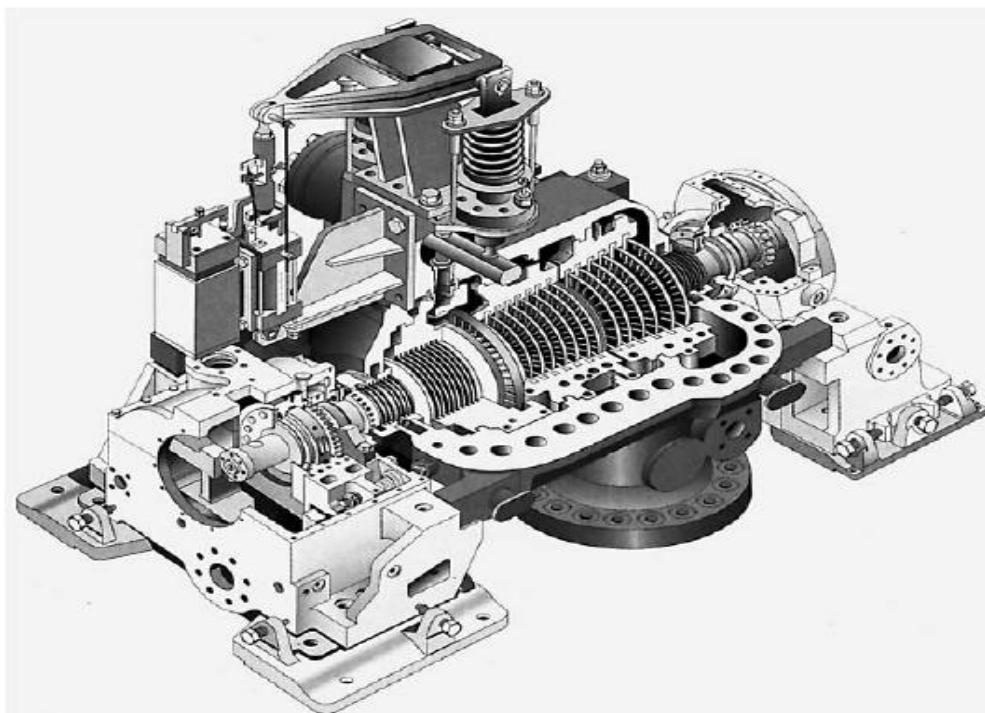
Εικόνα 2.2.3.3: Στρόβιλος συμπύκνωσης, απόδοσης 65 MW (Siemens Westinghouse Power Corp.)



Ατμοστρόβιλοι αντίθλιψης

Ο ατμός στην έξοδο έχει σχετικά υψηλή πίεση και θερμοκρασία για τροφοδοσία διεργασιών με ατμό ή ακόμα και ενός άλλου στροβίλου.

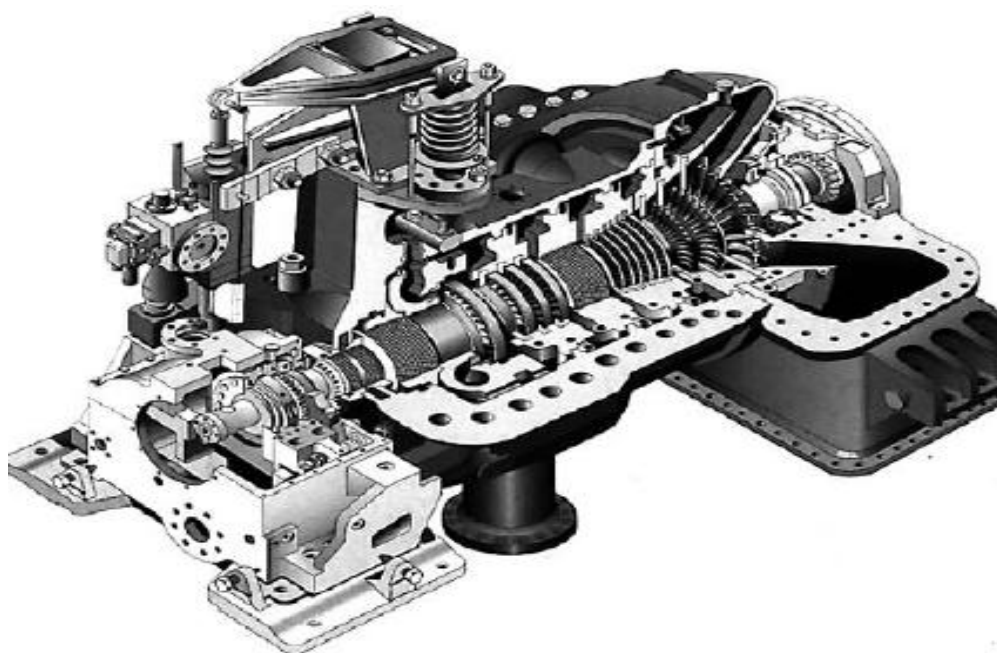
Εικόνα 2.2.3.4: Στρόβιλος αντίθλιψης, απόδοσης 28 MW (Siemens Westinghouse Power Corp.)



Ατμοστρόβιλοι με απομαστεύσεις για εξωτερική τροφοδοσία

Μέρος του ατμού απομαστεύεται από κάποια ενδιάμεση θέση του στροβίλου και χρησιμοποιείται για άλλες χρήσεις, π.χ. θέρμανση ή άλλες διεργασίες. Ο ατμός που απάγεται μπορεί να τροφοδοτείται στην κατανάλωση με σταθερή ή μεταβλητή πίεση. Όταν οι ανάγκες της τροφοδοσίας επιβάλλουν σταθερή πίεση, τότε το σύστημα ελέγχου του ατμοστροβίλου φροντίζει να ικανοποιείται καταρχάς αυτή η απαίτηση μεταβάλλοντας τις στροφές ή το φορτίο.

Εικόνα 2.2.3.5: Στρόβιλος με απομάστευση (Siemens Westinghouse Power Corp.)



Οι κατηγορίες, σύμφωνα με το είδος των συνθηκών εισόδου, εξόδου σχετίζονται κυρίως με το κατά πόσον μέρος του στροβίλου λειτουργεί στην περιοχή του υγρού ατμού, με τις σχετικές συνέπειες ως προς τη μορφολογία και τις επιδόσεις.

Πίεση τροφοδοσίας

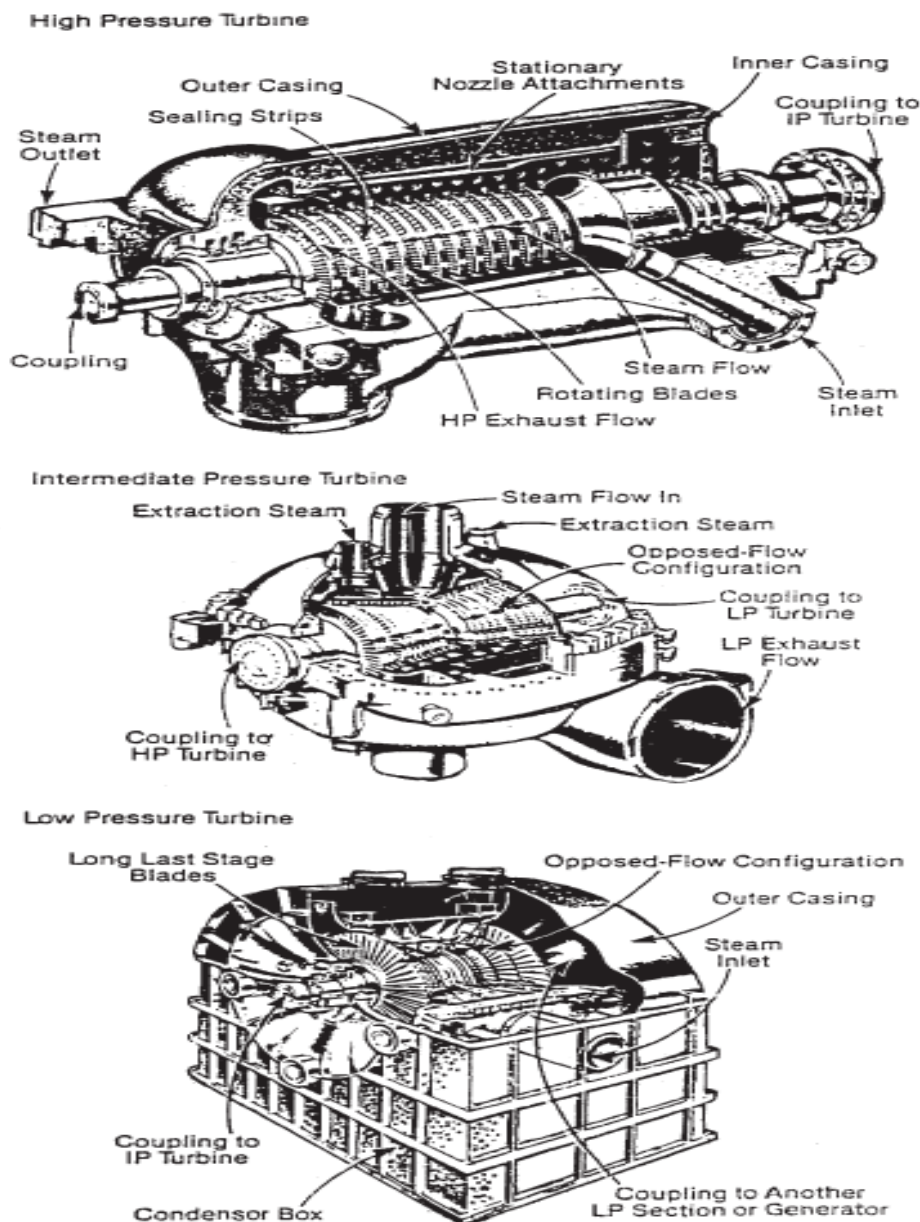
Χαμηλής πίεσης, ατμοστρόβιλος όπου η πίεση τροφοδοσίας είναι μέχρι 20 bar.

Μέσης πίεσης, για πίεση τροφοδοσίας μέχρι 40 bar.

Υψηλής πίεσης, για πίεση τροφοδοσίας μέχρι 170 bar.

Υπέρ υψηλής πίεσης, για πίεση πάνω από 170 bar, ενώ για πιέσεις πάνω από 225 bar έχουμε μηχανές υπερκρίσιμης πίεσης.

Εικόνα 2.2.3.6: Στρόβιλοι υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης (Πηγή: Power Magazine, a McGraw – Hill publication)



Ταχύτητα περιστροφής

Σταθερής ταχύτητας, για μηχανές που λειτουργούν για παραγωγή ηλεκτρισμού και περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.

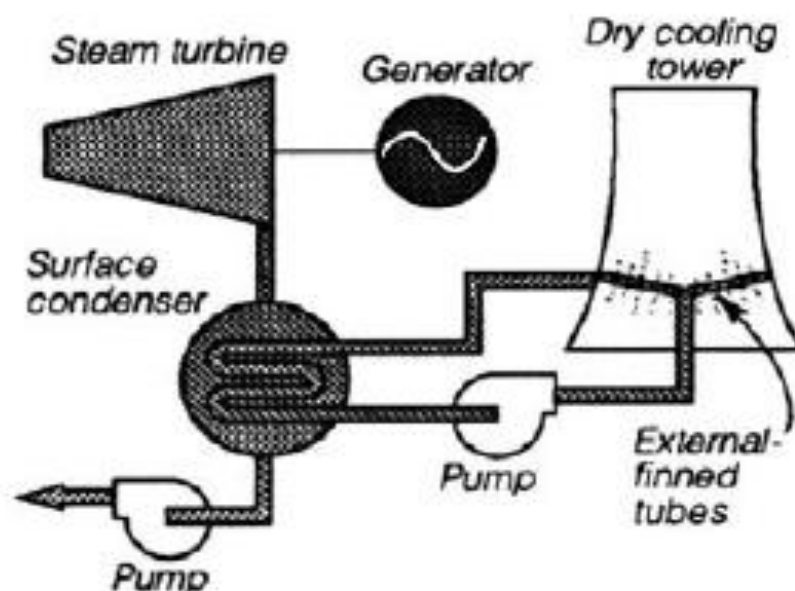
Μεταβλητής ταχύτητας, που χρησιμοποιούνται σαν κινητήριες μηχανές αντλιών, ανεμιστήρων, συμπιεστών, πρόωση πλοίων.

2.2.4. Συμπυκνωτής

Σκοπός του συμπυκνωτή είναι να μετατρέψει τον ατμό εξόδου του στρόβιλου σε νερό που επανατροφοδοτείται στον ατμοπαραγωγό. Ένας λόγος για επανατροφοδότηση του νερού είναι το γεγονός ότι πρόκειται για νερό υψηλής καθαρότητας, που έχει υποστεί επεξεργασία, γι' αυτό και θα ήταν εντελώς ασύμφορο να πεταχτεί. Ένας άλλος λόγος όμως, που είναι ιδιαίτερα σημαντικός από ενεργειακή άποψη, είναι ότι όταν η συμπύκνωση γίνεται σε χαμηλή σχετικά θερμοκρασία, δημιουργείται στο συμπυκνωτή υποπίεση που είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για την απόδοση έργου από το στρόβιλο. Η πίεση αυτή είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη θερμοκρασία συμπύκνωσης, που καθορίζεται ουσιαστικά από τη θερμοκρασία του νερού ψύξης.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι κατασκευής συμπυκνωτών: άμεσης επαφής ή ανοικτού τύπου και κλειστού τύπου. Στους συμπυκνωτές ανοικτού τύπου, ο ατμός έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό ψύξης, που ουσιαστικά είναι κοινό με το νερό τροφοδοσίας. Τέτοιου τύπου συμπυκνωτές χρησιμοποιούνται όταν πρόκειται για ξηρούς πύργους ψύξης σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις και άλλες όχι συνήθεις περιπτώσεις.

Εικόνα 2.2.4.1: Συμπυκνωτής με ξηρό πύργο ψύξης (Πηγή: Power Magazine, a McGraw – Hill publication)



Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, ο συμπυκνωτής είναι κλειστού τύπου, με τη μορφή εναλλάκτη θερμότητας. Το νερό ψύξης είναι εντελώς χωριστό από το νερό τροφοδοσίας. Μπορεί δε να προέρχεται είτε απευθείας από το περιβάλλον στο οποίο και να απορρίπτεται, π.χ. νερό ποταμών, λιμνών, θάλασσας ή να αποτελεί χωριστό κύκλωμα που ψύχεται με άλλους εναλλάκτες, π.χ. υγρούς πύργους ψύξης.

3. ΠΕΤΡΕΛΑΙΚΟΙ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

3.1. Γενικά θερμοδυναμικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

Ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιείται έχει σημαντικό αντίκτυπο στη διαμόρφωση και την κατασκευή του συστήματος ατμοπαραγωγής. Ανάλογα με το καύσιμο, πρέπει να γίνουν διαφορετικές παραδοχές για τη μεταφορά, την προετοιμασία και την καύση του καυσίμου, τον καθαρισμό και τη διάβρωση των επιφανειών, την ανακίνηση θερμότητας και τον έλεγχο των εκπομπών. Οι πετρελαϊκές ατμοηλεκτρικές μονάδες είναι πολύ πιο λειτουργικές (μικρές) σε σχέση με ανθρακικές μονάδες, και αυτό οφείλεται π.χ. στην απουσία μύλων κονιοποίησης, ταινιόδρομων μεταφοράς καυσίμου κλπ. Επίσης, το μέγεθος της εστίας είναι σημαντικά μικρότερο λόγω της απώλειας τεφρολεκάνης, και επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας που βρίσκονται εγγύτερα η μία στην άλλη.

Οι σύγχρονοι συμβατικοί ατμοηλεκτρικοί σταθμοί που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως καύσιμο, λειτουργούν με λέβητα υποκρίσιμων πιέσεων, φυσικής κυκλοφορίας και μια βαθμίδα αναθέρμανσης και με ατμοστρόβιλο συμπύκνωσης (παράγραφος 2.2.3, εικόνα 2.2.3.3), ταχύτητας περιστροφής 3000 rpm. Η πίεση της ρυθμιστικής βαλβίδας είναι της τάξεως των 170-180 bar, με ικανότητα υπερπίεσης 5%, ενώ η θερμοκρασία εξόδου του ατμού από τον υπερθερμαντή και τον αναθερμαντή κυμαίνεται μεταξύ 538 και 541 C. Η προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού γίνεται σε προθερμαντές κλειστού τύπου, αλλά πάντα χρησιμοποιείται ενδιάμεσα και ένας προθερμαντής ανοιχτού τύπου (τροφοδοτικό δοχείο – απαεριοστής).

Ο ατμοστρόβιλος είναι τυπικά χωρισμένος σε τρία τμήματα: υψηλής πίεσης (high-pressure - HP), μέσης πίεσης (intermediate-pressure - IP) και χαμηλής πίεσης (low pressure – LP). Από την έξοδο του τμήματος υψηλής πίεσης του στροβίλου, ο ατμός οδηγείται στον αναθερμαντή και στη συνέχεια στο τμήμα μέσης πίεσης τους στροβίλου. Η πίεση στην έξοδο της αναθέρμανσης ορίζεται τυπικά στο 20 με 30% της μέγιστης πίεσης εξόδου από τον υπερθερμαντή. Συχνά, τα τμήματα υψηλής και μέσης πίεσης του στροβίλου βρίσκονται σε κοινό κέλυφος, ενώ η ροή του ρευστού γίνεται προς αντίθετες κατευθύνσεις έτσι ώστε να ισορροπούν οι αξονικές δυνάμεις που αναπτύσσονται. Το τμήμα χαμηλής πίεσης του ατμοστρόβιλου, το οποίο, συνήθως, είναι διάταξης διπλής ροής (διάταξη αντιροής, παράγραφος 2.2.3, εικόνα 2.2.3.2), λαμβάνει ατμό από το τμήμα μέσης πίεσης.

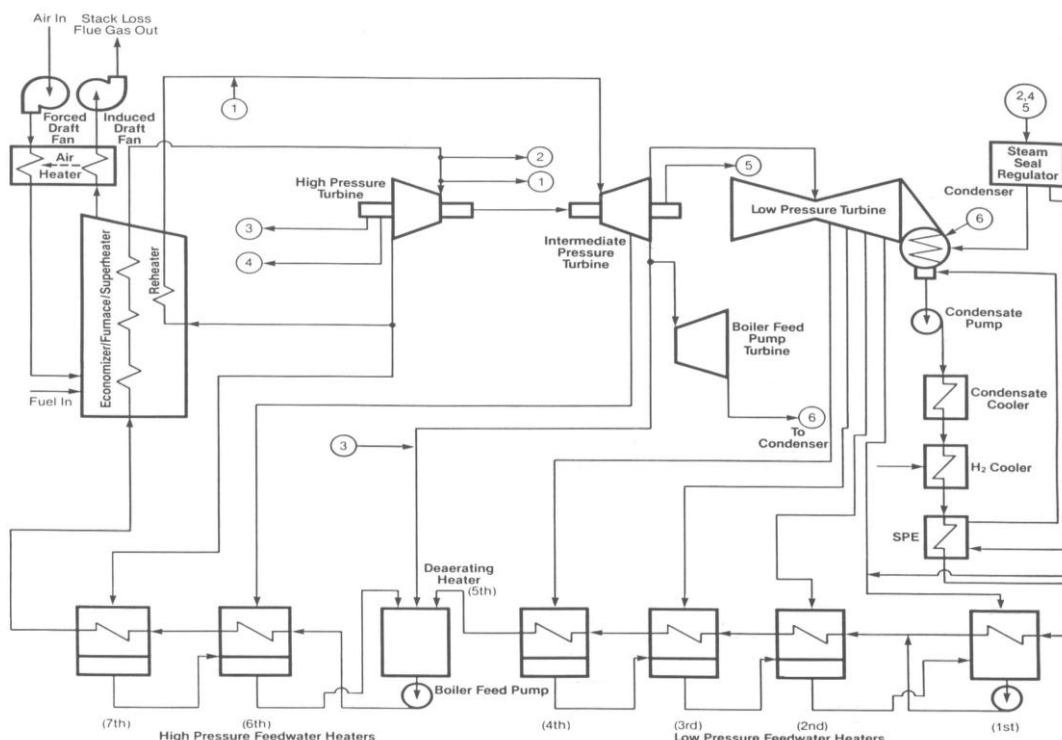
Από την έξοδο της τελευταίας βαθμίδας του στροβίλου ο ατμός οδηγείται στο συμπυκνωτή ο οποίος, ανάλογα με την τοποθεσία του σταθμού (αν βρίσκεται κοντά σε θάλασσα ή ποτάμι), μπορεί να είναι υδρόψυκτος (απλός εναλλάκτης θερμότητας ή με λειτουργία πύργου ψύξης, παράγραφος 2.2.4) ή αερόψυκτος.

Ο βαθμός απόδοσης ενός σύγχρονου, συμβατικού, πετρελαϊκού ατμοηλεκτρικού σταθμού είναι 38 - 42% στην περίπτωση που το ψυγείο είναι υδρόψυκτο.

Πίνακας 3.1.1: Τυπικά χαρακτηριστικά συμβατικού, πετρελαϊκού ΑΗΣ

Τυπικά χαρακτηριστικά συμβατικού, πετρελαϊκού ΑΗΣ	
Λέβητας	Υποκρίσιμης πίεσης με αναθέρμανση
Ατμοστρόβιλος	Συμπύκνωσης, με αναθέρμανση, HP και IP σε κοινό κέλυφος με αντίθετη κατεύθυνση ροής, LP αντιροής
Πίεση ρυθμιστικής βαλβίδας (bar)	170, με 5% ικανότητα υπερπίεσης
Πίεση αναθέρμανσης	20 – 30% της μέγιστης πίεσης εξόδου από τον υπερθερμαντή
Θερμοκρασία υπερθέρμανσης – αναθέρμανσης (C)	538 – 541
Ξηρότητα ατμού στην έξοδο του ατμοστροβίλου	10 – 15% ατμού κατά βάρος
Συμπυκνωτής	Υδροψυκτος ή αερόψυκτος
Καύσιμο	Πετρέλαιο
Βαθμός απόδοσης (%)	38 – 42
Έλεγχος εκπομπών	
NO_x	Ανακυκλοφορία καυσαερίου, βαθμωτή προσαγωγή αέρα, καυστήρες χαμηλών εκπομπών, ανάκαυση, επιλεκτική καταλυτική και μη καταλυτική αναγωγή (SCR, SNCR)
SO_x	Υγρή αποθείωση
Σωματίδια	ESP's (ηλεκτροστατικά φίλτρα)

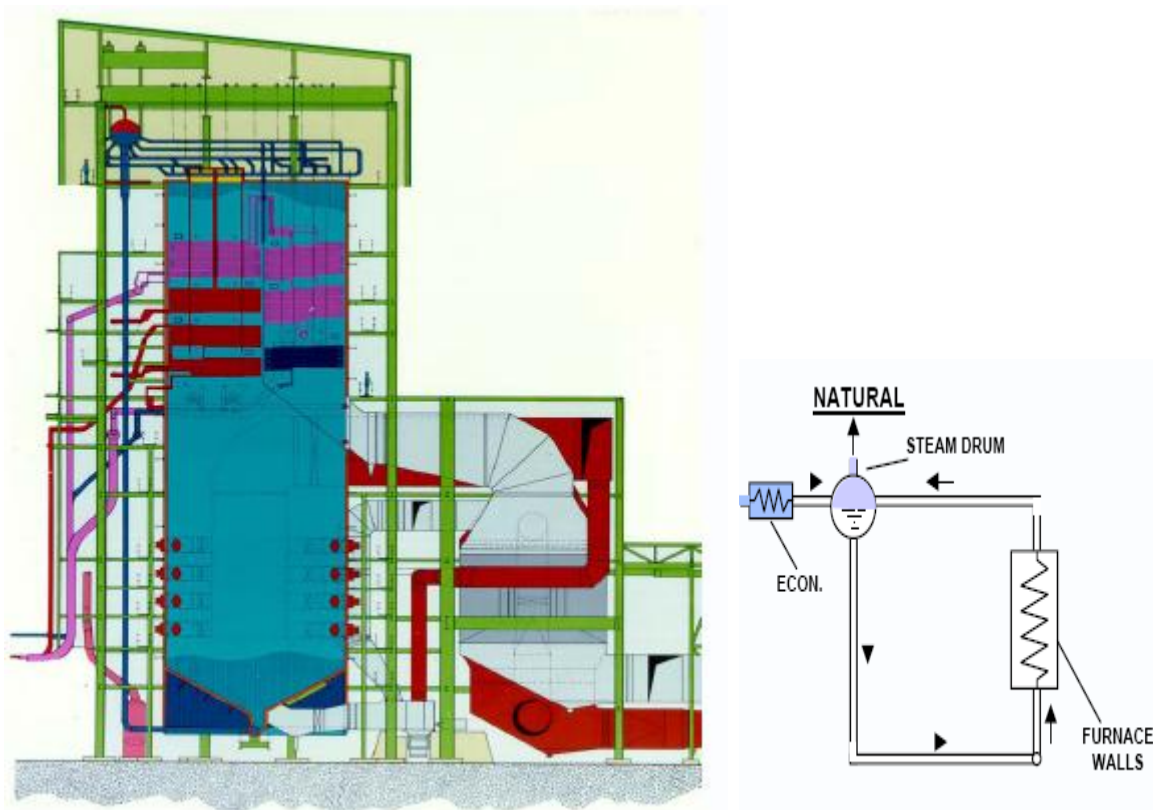
Εικόνα 3.1.1: Τυπική διάταξη συμβατικού, πετρελαϊκού ΑΗΣ



3.2. Λέβητες

Γενικά, το κύκλωμα νερού – ατμού των λέβητων που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, δε διαφέρει από αυτό των ατμοπαραγωγών που καίνε άλλα ορυκτά καύσιμα, εκτός του μεγέθους για την ίδια θερμική ισχύ, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Εκεί που εντοπίζονται διαφορές είναι στα συστήματα καύσης, εισαγωγής αέρα και καυσίμου, δηλαδή στο κύκλωμα καυσίμου, αέρα – καυσαερίου, αλλά και σε συστήματα ελέγχου εκπομπών. Στη συνέχεια, αναφέρονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των παραπάνω συστημάτων για τους πετρελαϊκούς λέβητες.

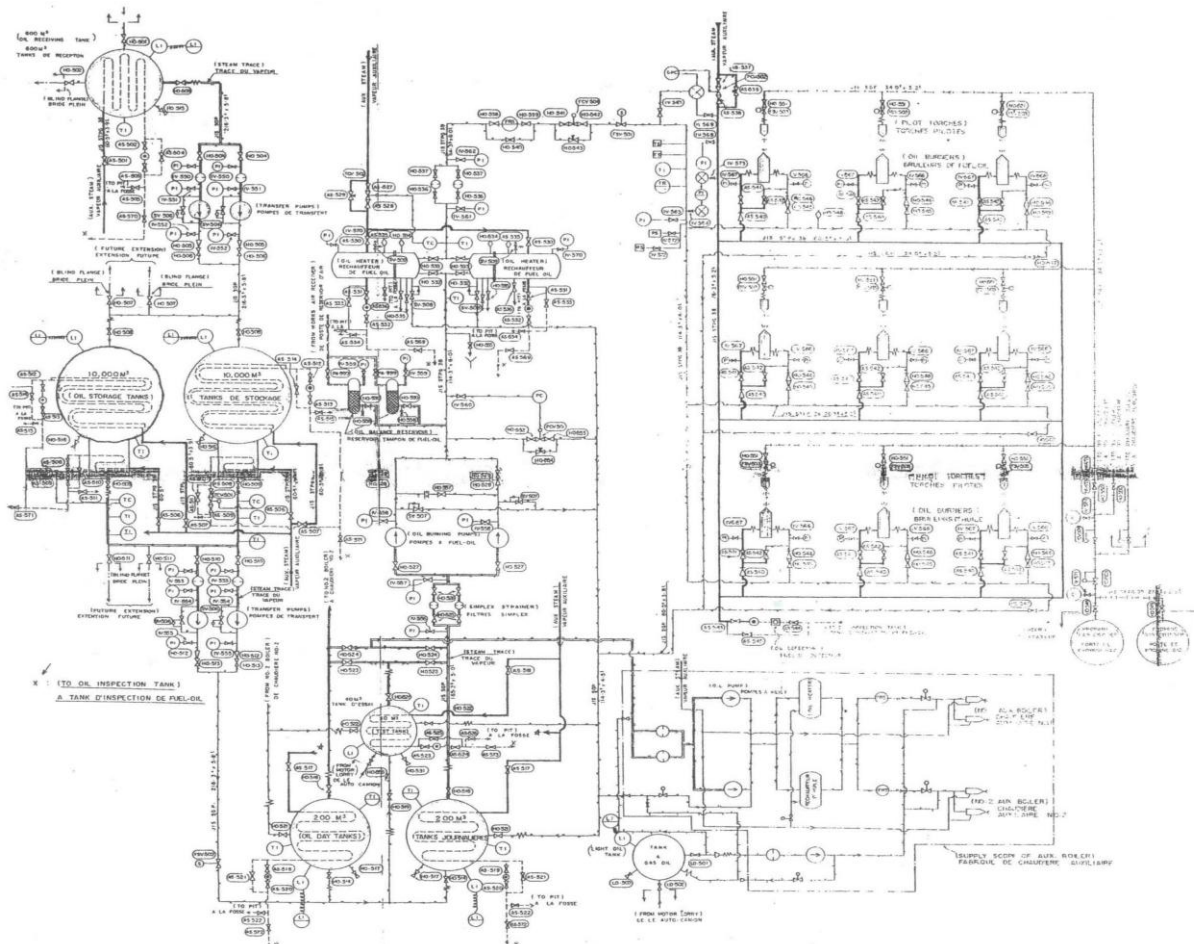
Εικόνα 3.2.1: Σχέδιο τυπικού πετρελαϊκού λέβητα φυσικής κυκλοφορίας με σύστημα εφαιπτομενικής καύσης (Πηγή: Alstom)



Στους λέβητες που είναι σχεδιασμένοι για την καύση πετρελαίου, γίνεται εκμετάλλευση των σχετικά καθαρών χαρακτηριστικών καύσης του, σε σύγκριση με τους λέβητες που καίνε άνθρακα ή άλλα στερεά καύσιμα. Οι εκπομπές NO_x , SO_2 και σωματιδίων είναι ιδιαίτερα χαμηλές στις μονάδες αυτές σε σχέση με τις ανθρακικές. Το πετρέλαιο είναι εύκολο στο χειρισμό και καταργούνται τα συστήματα διαχείρισης της τέφρας. Όμως, απαιτεί αποθήκευση, προθέρμανση (μαζούτ) και εγκαταστάσεις αντλιών.

Το πετρέλαιο, που έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο και συστατικά βαναδίου, μπορεί να προκαλέσει επικαθήσεις που δημιουργούν πρόβλημα σε όλες τις επιφάνειες συναλλαγής της μονάδας. Οι επικαθήσεις αυτές ελαχιστοποιούνται όταν οι επιφάνειες συναλλαγής είναι έτσι τοποθετημένες ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί ο καλύτερος δυνατός καθαρισμός τους από τον εξοπλισμό του εκκαπνιστή. Επίσης, πρέπει να γίνει πρόβλεψη για το σύστημα καθαρισμού, με νερό, της εστίας και όλων των επιφανειών συναλλαγής θερμότητας, όταν η μονάδα τεθεί εκτός λειτουργίας για συντήρηση.

Εικόνα 3.2.2: Τυπικό σύστημα καύσης μαζούτ



Σύστημα Καύσης

Το σύστημα ελέγχου καύσης ρυθμίζει την παροχή καυσίμου και αέρα, ή το λόγο αέρα καύσης, στην εστία ανάλογα με το φορτίο. Τα συστήματα ανάφλεξης καυσίμου παρέχουν ασφαλή και ελεγχόμενη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική, η οποία μεταφέρεται στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας του λέβητα. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω, το σύστημα καύσης εισάγει αέρα και καύσιμο, τα αναμιγνύει, αναφλέγει το μίγμα, διαχέει τη φλόγα και τα προϊόντα της καύσης. Συνολικά το σύστημα απαρτίζεται από εξαρτήματα μεταφοράς, μέτρησης και ελέγχου του καυσίμου και αέρα στην εστία, όπως καυστήρες, συσκευές ανάφλεξης και εξοπλισμό ελέγχου σωστής διάχυσης της φλόγας. Τυπικό σύστημα καύσης μαζούτ παρουσιάζεται στην παραπάνω εικόνα.

Μεταβολές στην πίεση εξόδου από το λέβητα, χρησιμοποιούνται συχνά ως ένδειξη για το ισοζύγιο μεταξύ της ενέργειας του καυσίμου, που προσδίδεται στο σύστημα, και της ενέργειας που παράγεται από αυτό. Στην περίπτωση που αυξηθεί η ζήτηση φορτίου, η πίεση στον λέβητα αρχίζει να πέφτει. Ο αισθητήρας που ελέγχει τη λειτουργία του καυστήρα, αντιλαμβάνεται αυτή την πτώση πίεσης και τη μεταφράζει ως ανάγκη για μεγαλύτερη πρόσδοση ενέργειας, οπότε ο ελεγκτής επιβάλλει αύξηση της ποσότητας αέρα και καυσίμου που παρέχεται στον καυστήρα, ώστε να αυξηθεί η απόδοση της καύσης. Η άνοδος της ατμοπαραγωγής ταιριάζει με το επιπλέον φορτίο που έχει προκύψει και έτσι διατηρείται ο ρυθμός καύσης σε υψηλό επίπεδο. Αν το σύστημα, παρουσιάσει πτώση στη ζήτηση, τότε ο ελεγκτής μειώνει το λόγο αέρα καύσης.

Οι λέβητες είναι εξοπλισμένοι με μονούς ή πολλαπλούς καυστήρες. Η κατασκευή των καυστήρων καθορίζει τα χαρακτηριστικά της ανάμιξης του καυσίμου με τον αέρα, τη μεταφορά του καυσίμου, το μέγεθος και τη μορφή της φλόγας.

Εστία και καυστήρες πετρελαίου

Η σωστή κατασκευή της εστίας στους λέβητες καύσης πετρελαίου είναι επιβεβλημένη για τρεις βασικούς λόγους:

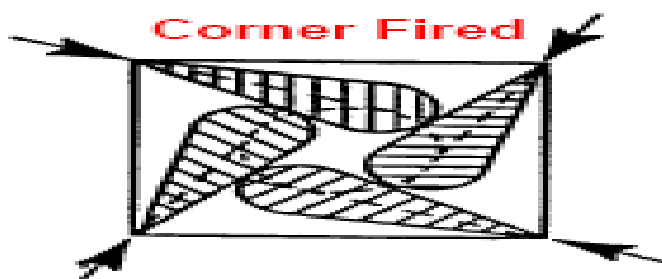
- Την επίτευξη της πλήρους καύσης του καυσίμου
- Τη διατήρηση αποδεκτών θερμοκρασιών στα μεταλλικά τοιχώματα της εστίας
- Την ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών εκπομπών

Ο καυστήρας είναι το βασικό εξάρτημα για την ανάφλεξη του πετρελαίου και είναι τοποθετημένος στα τοιχώματα της εστίας. Μαζί με την εστία, οι καυστήρες διασφαλίζουν τη σωστή καύση του καυσίμου. Οι καυστήρες εισάγουν το πετρέλαιο μαζί με τον αέρα στην εστία έτσι ώστε να επιτευχθεί η εξώθερμη χημική αντίδραση της καύσης με τη μεγαλύτερη δυνατή έκλυση θερμότητας. Τα επικρατέστερα συστήματα καύσης είναι δύο:

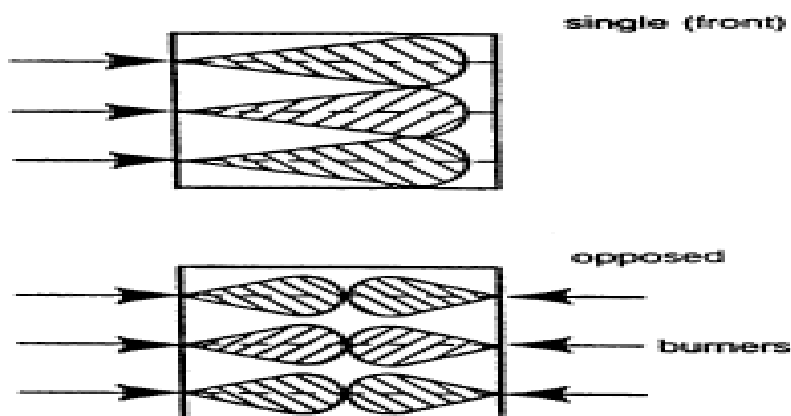
Εφαπτομενική καύση: Στην περίπτωση αυτή το καύσιμο και ο αέρας εγχέονται από γωνιακές θυρίδες, των οποίων οι άξονες εφάπτονται πάνω σε νοητό κύκλο που βρίσκεται στο κέντρο της εστίας (Εικόνα 3.2.3). Η ίδια η εστία αποτελεί τον καυστήρα του συστήματος καύσης.

Μετωπική καύση: Το καύσιμο και ο αέρας εγχέονται διαμέσου εγκαταστάσεων πολλαπλών κυκλικών καυστήρων, οι οποίοι βρίσκονται τοποθετημένοι σε ένα ή και δύο τοιχώματα της εστίας (Εικόνα 3.2.4).

Εικόνα 3.2.3: Σύστημα εφαπτομενικής καύσης (Πηγή: Alstom)



Εικόνα 3.2.4: Σύστημα μετωπικής καύσης (Πηγή: Alstom)



Η απόδοση των καυστήρων εξαρτάται από τα εξής:

- Την παροχή καυσίμου και αέρα, η οποία εξαρτάται από την αμοτπαραγωγή
- Την απόδοση της διαδικασίας καύσης, η οποία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη, με όσο το δυνατόν λιγότερα άκαυστα συστατικά και με χαμηλή περισσεια αέρα.
- Το μέγεθος και την πολυπλοκότητα της εστίας και το γεγονός ότι οι καυστήρες θα πρέπει να είναι περιορισμένοι σε μέγεθος, βάρος κ.α.
- Το σχεδιασμό των καυστήρων, συμπεριλαμβανομένων των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται και τα οποία θα πρέπει να παρέχουν ασφαλή λειτουργία υπό συγκεκριμένες συνθήκες, να πληρούν τις προϋποθέσεις συντήρησης για τους καυστήρες και τις εστίες.
- Η ασφάλεια θα πρέπει να είναι εγγυημένη κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας των καυστήρων, της εστίας και του λέβητα. Σε αυτό συμπεριλαμβάνεται η έναρξη, η διακοπή

λειτουργίας, η μεταβολή φορτίου και η όποια μεταβολή στην ποιότητα του καυσίμου της μονάδας.

Η λειτουργία ενός λέβητα πρέπει να καλύπτει ένα εύρος φορτίων. Το εύρος λειτουργίας ενός καυστήρα ορίζεται ως ο λόγος μέγιστου προς ελάχιστο φορτίο για το οποίο ο καυστήρας είναι αξιόπιστος για λειτουργία.

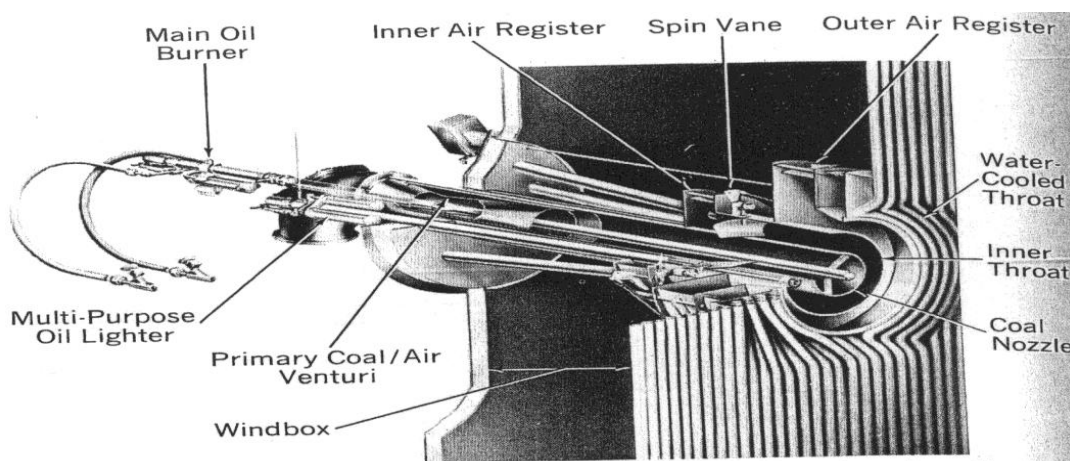
Ο αέρας καύσης οδηγείται στους καυστήρες με τη βοήθεια ανεμιστήρων. Είναι αναγκαίο να παρέχεται περισσότερη από τη στοιχειομετρική ποσότητα αέρα, για να εξασφαλίζεται τέλεια καύση του πετρελαίου στην εστία. Η ποσότητα της περίσσειας αέρα που παρέχεται θα πρέπει να είναι αρκετή ώστε να καεί όλο το καύσιμο και έτσι να ελαχιστοποιεί τις απώλειες των καυσαερίων στην καμινάδα.

Η συνεχής λειτουργία επιτυγχάνεται με σωστό σχεδιασμό της εστίας και τοποθετώντας τους καυστήρες με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι επικαθήσεις και η σκουριά στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας.

Το κόστος συντήρησης των καυστήρων μειώνεται με την όσο το δυνατόν μικρότερη έκθεση τους στη θερμότητα που εκλύει η εστία και με πρόβλεψη αντικατάστασης ή επισκευής «ευάλωτων» τμημάτων, ενώ η μονάδα λειτουργεί.

Ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος τύπος καυστήρων είναι ο καυστήρας κυκλικής μορφής (Εικόνα 3.2.5).

Εικόνα 3.2.5: Κυκλικός καυστήρας για καύση πετρελαίου ή αερίου

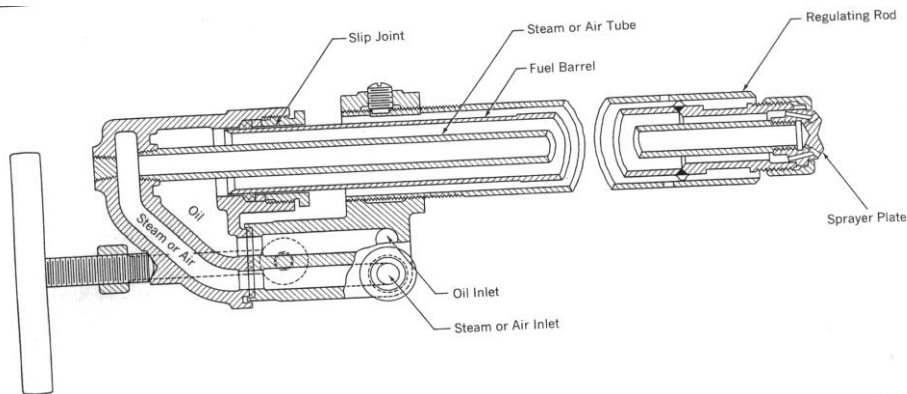


Για να γίνει η καύση πετρελαίου με καλή απόδοση, είναι απαραίτητο να γίνει ψεκασμός και διασκορπισμός του καυσίμου. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την επαφή μεγάλης ποσότητας καυσίμου με τον αέρα καύσης και διασφαλίζει σωστή ανάφλεξη και γρήγορη καύση. Υπάρχουν πολλοί τρόποι ψεκασμού του πετρελαίου, όμως οι δύο πιο διαδεδομένοι τύποι ψεκαστήρων είναι: οι μηχανικοί και οι ψεκαστήρες ατμού ή αέρα. Ακόμη, επειδή απαιτείται αύξηση της θερμοκρασίας του καυσίμου, πριν τον ψεκασμό, χρησιμοποιούνται ηλεκτρικοί προθερμαντές ή προθερμαντές με ατμό.

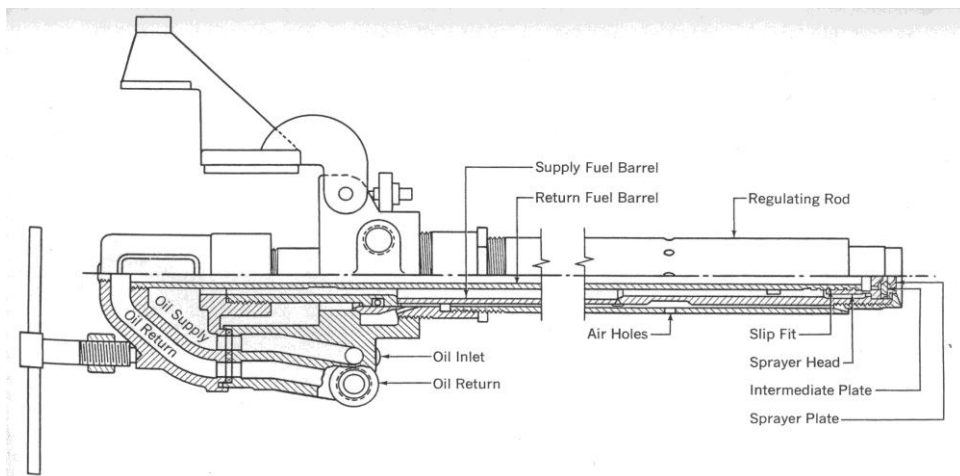
Οι ψεκαστήρες ατμού (ή αέρα), (Εικόνα 3.2.6) χρησιμοποιούνται συχνότερα απ' ό,τι οι μηχανικοί. Ο ατμός ψεκασμού πρέπει να είναι ξηρός, καθώς η υγρασία μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες ανάφλεξης. Όπου ο ατμός δεν είναι διαθέσιμος, αντικαθίσταται από συμπιεσμένο και ξηρό αέρα.

Στους μηχανικούς ψεκαστήρες (Εικόνα 3.2.7) η πίεση του καυσίμου χρησιμοποιείται ως μέσο ψεκασμού. Πολλοί τύποι τέτοιων ψεκαστήρων έχουν αναπτυχθεί. Ο ψεκαστήρας με ανακυκλοφορία χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις πλοίων και σε κάποιες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής όπου η χρήση ατμού για ψεκασμό δεν είναι εφικτή. Για την καλύτερη δυνατή απόδοση κατά τον ψεκασμό, η πίεση του καυσίμου πρέπει να είναι από 41 έως 69 bar (600 – 1000 psi), ανάλογα με την αποδοτικότητα του, το φορτίο και το καύσιμο. Το καύσιμο παρέχεται μέσω αυλακώσεων σε μία επιφάνεια ψεκασμού (spray plate) και από εκεί περνώντας από ένα ακροφύσιο εγχέεται. Αφού το καύσιμο περάσει από τις αυλακώσεις, η ποσότητα που δεν είναι αναγκαία (βάσει των απαιτήσεων του λέβητα) ανακυκλοφορεί.

Εικόνα 3.2.6: Διάταξη ψεκαστήρα ατμού (ή αέρα) για πετρέλαιο



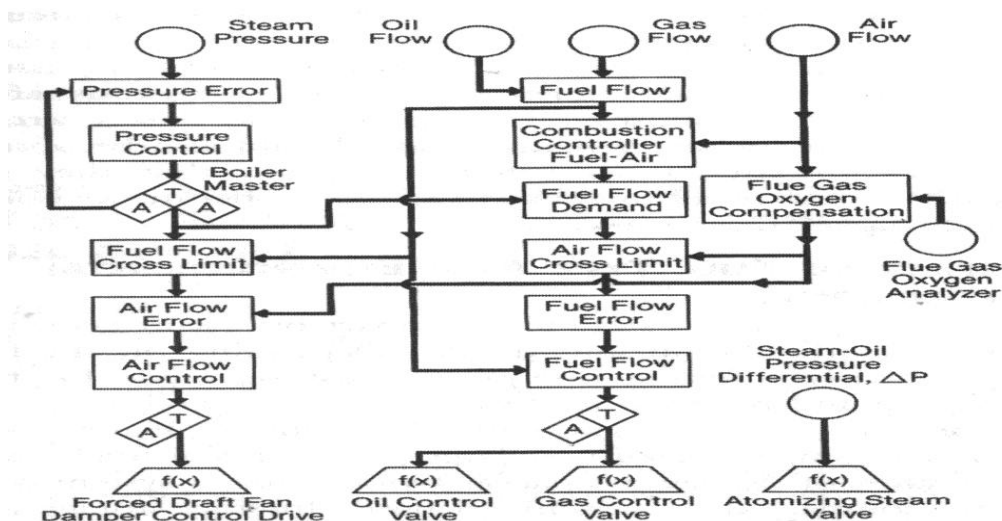
Εικόνα 3.2.7: Διάταξη μηχανικού ψεκαστήρα με ανακυκλοφορία



Σύστημα αέρα καύσης

Το σύστημα αυτό παρέχει οξυγόνο στον καυστήρα για την καύση του πετρελαίου, ενώ απομακρύνει και τα καυσαέρια από το λέβητα (ακριβώς όπως και στην περίπτωση λειτουργίας λεβήτων που χρησιμοποιούν άλλα ορυκτά καύσιμα). Μια επαρκής παροχή αέρα και καυσαερίου είναι απαραίτητη για σωστή καύση. Η καμινάδα ή ο συνδυασμός καμινάδας/ανεμιστήρα, δημιουργούν την απαραίτητη διαφορά πιέσεων για τη διατήρηση της απαιτούμενης ροής.

Εικόνα 3.2.8: Διάγραμμα συστήματος ελέγχου καύσης πετρελαϊκού λέβητα (Πηγή: Babcock & Wilcox)



Περίσσεια αέρα

Κατά την καύση πετρελαίου σε υψηλά φορτία, δεν υπάρχει, γενικά, πρόβλημα με την εισαγωγή του καυσίμου, όμως η διανομή του αέρα που χρησιμοποιείται στην καύση δεν είναι πάντα «τέλεια». Αυτό υπαγορεύει τη χρήση περίσσειας αέρα ώστε να διασφαλιστεί τέλεια καύση σε όλους τους καυστήρες. Οι περισσότερες μονάδες μπορούν να λειτουργήσουν με μικρή περίσσεια αέρα, της τάξης του 5 με 7%, στην έξοδο της εστίας στο πλήρες φορτίο, ενώ με ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των μονάδων, κάποιοι μεγάλοι λέβητες έχουν λειτουργήσει και με περίσσεια αέρα 2,5%, χωρίς μεγάλες απώλειες κατά την καύση (άκαυστα υλικά).

Σε μερικά φορτία, ανεξαρτήτως καυσίμου, πρέπει να αυξάνεται η περίσσεια αέρα καθώς το φορτίο μειώνεται. Εφόσον λειτουργούν όλοι οι καυστήρες, η θερμοκρασία της εστίας και η ταχύτητα του αέρα μειώνονται με την πτώση του φορτίου. Η αύξηση της περίσσειας αέρα τείνει να αντισταθμίσει τη μείωση αυτή καθώς τα φορτία μειώνονται. Μπορεί ακόμη να είναι επιθυμητή η λειτουργία με μεγαλύτερη του κανονικού, περίσσεια αέρα, ούτως ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία ατμού ή να αποκλείεται η διάβρωση του ψυχρού άκρου του λέβητα. Αυξημένη περίσσεια αέρα είναι, επίσης, επιθυμητή όταν ο αριθμός των καυστήρων που λειτουργούν είναι μειωμένος στα χαμηλά φορτία. Τα ντάμπερ των καυστήρων είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μην κλείνουν τελείως, επιτρέποντας την προστασία καυστήρων που δε χρησιμοποιούνται, από υπερθέρμανση λόγω ακτινοβολίας από γειτονικούς καυστήρες σε λειτουργία.

Έλεγχος εκπομπών

Ο τύπος καυσίμου είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τη διατήρηση των εκπομπών στα πλαίσια των περιβαλλοντικών κανονισμών. Τα συστήματα καύσης άνθρακα παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες προκλήσεις, έτσι ώστε να συμβαδίζουν με τους διεθνείς περιβαλλοντικούς κανονισμούς, ενώ έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής και συντήρησης σε σχέση με πετρελαϊκές μονάδες. Από την άλλη πλευρά, το φυσικό αέριο παρουσιάζει γενικά τις χαμηλότερες εκπομπές, αν και ορισμένες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται παρουσιάζουν εκπομπές NO_x που πλησιάζουν αυτές των πετρελαϊκών μονάδων.

Υπάρχει πλήθος περιβαλλοντικών κανονισμών που αφορούν τη λειτουργία λεβήτων. Η προστασία του περιβάλλοντος κι ο έλεγχος στερεών, υγρών και αέριων αποβλήτων και εκπομπών αποτελούν στοιχεία κλειδιά για την κατασκευή και τη λειτουργία των ατμοπαραγωγών. Οι εκπομπές των συστημάτων καύσης ελέγχονται από ομοσπονδιακές, εθνικές και τοπικές κυβερνήσεις, με πολύ πιο αυστηρές απαιτήσεις για τα συστήματα υψηλής απόδοσης. Οι πιο σημαντικές απαιτήσεις για τον έλεγχο των εκπομπών από λέβητες αφορούν:

- Το διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Οξειδία του αζώτου (NO_x)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)
- Αερομεταφερόμενα σωματίδια

Συμπληρωματικοί περιβαλλοντικοί κανονισμοί αφορούν τα υγρά απόβλητα των σταθμών, τα οποία προέρχονται από διάφορες πηγές. Οι πηγές αυτές μπορεί να είναι ο στρατσωνισμός του λέβητα, ο χημικός καθαρισμός του, οι στρατσώνες του πύργου ψύξης, η διαρροή ελαίου κ.α.

Για την μείωση των εκπομπών σωματιδίων σε πετρελαϊκές μονάδες χρησιμοποιούνται συνήθως ηλεκτροστατικά φίλτρα (ESP's), όπου τα σωματίδια συλλέγονται σε ξηρή μορφή για απόθεση. Για τη μείωση εκπομπών SO₂ στους λέβητες καύσης υγρών καυσίμων εφαρμόζεται η τεχνολογία της υγρής αποθείωσης. Η μείωση των εκπομπών NO_x πραγματοποιείται με πρωτογενή μέτρα (ανακυκλοφορία καυσαερίων, βαθμωτή προσαγωγή αέρα καύσης, καυστήρες χαμηλών εκπομπών NO_x, ανάκαυση) και με δευτερογενή μέτρα όπως επιλεκτική καταλυτική και μη καταλυτική αναγωγή (SCR, SNCR).

Πίνακας 3.2.1: Τυπικές τιμές εκπομπών συμβατικού, πετρελαϊκού ΑΗΣ

Καύσιμο	Μέτρα μείωσης εκπομπών	Εκπομπές στην ατμόσφαιρα (mg/Nm ³)			
		SO ₂	NO _x	Σκόνη - Τέφρα	CO
HFO (μαζούτ)	FGD/SCR/ESP	130	247	5	17
LFO (diesel)	FGD/SCR/ESP	126	1,1 - 141	0,01 – 3,9	1 – 14,6

3.3. Πετρελαϊκές ατμοηλεκτρικές μονάδες Αλιβερίου, Λινοπεραμάτων και Αθρινόλακκου

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε ένας αριθμός πετρελαϊκών ατμοηλεκτρικών μονάδων του διασυνδεδεμένου συστήματος και της Κρήτης, συγκεκριμένα η μονάδα IV του ΑΗΣ Αλιβερίου, οι μονάδες I, II, III, V και VI του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων και οι μονάδες III και IV του ΑΗΣ Αθρινόλακκου. Τα θερμοδυναμικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των ανωτέρω μονάδων περιγράφονται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.

Η μονάδα IV του ΑΗΣ Αλιβερίου, έχει ονομαστική ισχύ 150 MW και είναι ηλικίας περίπου 40 ετών (έτος κατασκευής 1969), με βαθμό απόδοσης αρκετά υψηλό (της τάξεως του 40%, για κατάσταση σε συνθήκες σχεδιασμού και 38% για την υπάρχουσα κατάσταση) παρά την ηλικία της και τα σχετικά χαμηλά θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά σε σχέση με πιο σύγχρονες πετρελαϊκές μονάδες.

Όσον αφορά τους σταθμούς της Κρήτης, οι υπό εξέταση μονάδες είναι σχετικά μικρής ισχύος (μικρότερες από 50 MW), και ιδιαίτερα οι μονάδες του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων είναι σχετικά μεγάλης ηλικίας (κατασκευή από το 1965 έως το 1987), με χαμηλά θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά, και απλό κύκλο αναγεννητικών προθερμάνσεων (μικρός αριθμός απομαστεύσεων), χωρίς αναθέρμανση. Κατά συνέπεια, εμφανίζουν αρκετά χαμηλούς βαθμούς απόδοσης. Ο βαθμός απόδοσης των μονάδων του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων κυμαίνεται από 23 έως 36%, ενώ οι νέες μονάδες του ΑΗΣ Αθρινόλακκου έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 37%.

4. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

4.1. Γενικά

Οι συνθήκες που έχουν διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια στο τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν εντείνει διεθνώς τις συζητήσεις και έχουν αυξήσει τις επεμβάσεις σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις, με σκοπό την καλύτερη προσαρμογή στο διαμορφούμενο πλαίσιο. Οι νέες συνθήκες που συμβάλλουν στην κατεύθυνση αυτή συνοψίζονται στα εξής:

- Μεγάλος ανταγωνισμός σε μια ολοένα και πιο ανοικτή αγορά ενέργειας που οδηγεί σε υψηλότερους βαθμούς απόδοσης
- Τάση για περιβαλλοντικά φιλικότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δεσμευτικές οδηγίες της ΕΕ (LCPD, Large Combustion Plant Directive, 88/609/EEC) για τα όρια εκπομπών SO₂, NO_x και σωματιδίων. Η μείωση των εκπομπών CO₂, εφόσον διατηρείται το ίδιο καύσιμο, εξαρτάται μόνο από τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης
- Η γήρανση θερμοηλεκτρικών σταθμών που έχει απομακρύνει το σημείο λειτουργίας τους από το βέλτιστο, με αποτέλεσμα τη λειτουργία με χαμηλότερους βαθμούς απόδοσης.
- Ορθολογική χρήση της ενέργειας στις ανεπτυγμένες χώρες, η οποία περιορίζει την ανέγερση νέων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής με αποτέλεσμα ο κατασκευαστικός τομέας να επικεντρώνεται στον εκσυγχρονισμό των ήδη υπάρχουσών εγκαταστάσεων. Το γεγονός αυτό ευνοείται από την ηλικία των μονάδων, αφού η αρχική επένδυση έχει αποσβεστεί, είτε πλήρως, είτε κατά μεγάλο βαθμό, οπότε το κόστος μιας βελτιωτικής επεμβάσεως μπορεί να αποσβεστεί σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.

Οι παραπάνω συνθήκες έχουν δημιουργήσει τρεις κυρίως τάσεις σε σχέση με τους υπάρχοντες σταθμούς:

- Αντικατάσταση των σταθμών
- Συνδυασμένοι κύκλοι με χρήση αεριοστροβίλου
- Εκμοντερνισμός υπάρχουσών μονάδων

4.2. Βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές για βελτίωση του βαθμού απόδοσης

Το Μάρτιο του 2008, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε μία αναφορά (BREF) στην οποία παρουσιάζονται οι βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (B.A.T., Best Available Techniques) που στόχο έχουν τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Το έγγραφο αυτό συνοψίζει τα συμπεράσματα που εξήχθησαν για την ενεργειακή απόδοση, υπό το άρθρο 16 (παράγραφος 2) της Κοινοτικής Οδηγίας 96/61/EC (IPPC Directive).

Στο πλαίσιο όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, παρουσιάζονται, με τη μορφή πίνακα, οι προτεινόμενες δράσεις που στόχο έχουν την αύξηση του βαθμού απόδοσης ατμοηλεκτρικών σταθμών, με χρήση της καλύτερης υπάρχουσας τεχνολογίας, έτσι όπως αυτές ορίζονται στο BREF. Ο πίνακας 4.2.1 παρουσιάζει, αυτές τις τεχνικές αύξησης του βαθμού απόδοσης ανάλογα με τους τομείς που μπορεί κανείς να επέμβει.

Πίνακας 4.2.1: Τεχνικές αύξησης βαθμού απόδοσης ΑΗΣ (Πηγή: BREF)

Τεχνική	Ενεργειακό κέρδος
Σχεδιασμός	
Ενεργειακά αποδοτικός σχεδιασμός και εγκατάσταση συστήματος αγωγών διανομής ατμού	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης
Εγκατάσταση ρυθμιστικών συσκευών και ατμοστροβίλων αντίθλιψης	Πιο αποδοτική μέθοδος μείωσης της πίεσης του ατμού, για εφαρμογές χαμηλής πίεσης
Λειτουργία και Έλεγχος	
Βελτίωση των λειτουργικών πρακτικών και του ελέγχου του λέβητα	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης
Χρήση συστημάτων διαδοχικού ελέγχου λεβήτων (sequential control - μόνο σε εγκαταστάσεις με περισσότερους του ενός λέβητες)	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης
Εγκατάσταση απομονωτικών ντάμπερ καυσαερίου (μόνο σε εγκαταστάσεις με περισσότερους του ενός λέβητες)	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης
Λέβητας- Ατμοπαραγωγή	
<p>Προθέρμανση τροφοδοτικού νερού με χρήση:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Απορριπτόμενης θερμότητας (π.χ. από κάποια διεργασία) • Οικονομητήρων που χρησιμοποιούν αέρα καύσης • Απαεριωμένου τροφοδοτικού νερού για θέρμανση του συμπυκνώματος • Συμπύκνωση του ατμού που θερμαίνει το τροφοδοτικό νερό στον απαεριωτή, μέσω εναλλάκτη θερμότητας 	Ανάκτηση θερμότητας εξόδου καυσαερίων και μεταφορά της στο σύστημα ατμοπαραγωγής για την προθέρμανση τροφοδοτικού νερού
Αποφυγή και αφαίρεση των επικαθίσεων που συγκεντρώνονται στις επιφάνειες συναλλαγής (Καθαρισμός επιφανειών συναλλαγής λέβητα)	Αποδοτικότερη μεταφορά θερμότητας από το καυσαέριο στον ατμό
Ελαχιστοποίηση του στρατσωνισμού του λέβητα με βελτίωση του συστήματος διαχείρισης του νερού. Εγκατάσταση αυτομάτου ελέγχου TDS (total dissolved solids)	Μείωση της συγκέντρωσης TDS στο νερό του λέβητα, κάτι το οποίο επιτρέπει την ελαχιστοποίηση του στρατσωνισμού και άρα τη μείωση των απωλειών ενέργειας
Πρόσθεση/αποκατάσταση περιβλήματος λέβητα	Μείωση των απωλειών θερμότητας του λέβητα και αποκατάσταση της απόδοσής του
Βελτιστοποίηση του εξαερισμού του απαεριωτή	Μείωση απωλειών ατμού
Ελαχιστοποίηση των απωλειών χαμηλού κύκλου (short cycling) του λέβητα	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης
Πραγματοποίηση συντήρησης του λέβητα	
Διανομή	
Βελτιστοποίηση συστήματος διανομής ατμού (με στόχο την υλοποίηση των παρακάτω δράσεων)	
Απομόνωση του ατμού από τους μη χρησιμοποιούμενους αγωγούς	Μείωση απωλειών ατμού και απωλειών ενέργειας από τους αγωγούς και τις επιφάνειες συναλλαγής
Μόνωση των αγωγών ατμού και των αγωγών επιστροφής συμπυκνώματος	Μείωση απωλειών ενέργειας από τους αγωγούς και τις επιφάνειες συναλλαγής

(Στόχος είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη μόνωση των αγωγών, των βαλβίδων, των τμημάτων σύνδεσης και των δοχείων της εγκατάστασης)	
Εφαρμογή προγράμματος ελέγχου και επισκευής των ατμοπαγίδων	Μείωση απωλειών ατμού και διαφυγών του προς το σύστημα του συμπυκνωτή, με ταυτόχρονη βελτίωση της λειτουργίας των επιφανειών συναλλαγής στο κρύο άκρο της μονάδας
Ανάκτηση θερμότητας	
Συλλογή και επιστροφή συμπυκνώματος στο λέβητα	Ανάκτηση της θερμικής ενέργειας στην πλευρά του συμπυκνώματος, μείωση ποσότητας νερού που προστίθεται στο σύστημα (makeup) και βελτίωση ενεργειακής απόδοσης
Επαναχρησιμοποίηση ατμού από δοχεία αποτόνωσης (χρήση συμπυκνώματος υψηλής πίεσης για παραγωγή ατμού χαμηλής πίεσης)	Καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας του συμπυκνώματος που επιστρέφει
Ανάκτηση ενέργειας από το στρατσωνισμό του λέβητα	Μεταφορά ενέργειας από ρεύμα στρατσωνισμού στο σύστημα ατμού, με ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών απωλειών
Καύσιμα	
Στρόβιλος αποτόνωσης για ανάκτηση της ενέργειας από συμπιεσμένα αέρια	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή μόνο για αέρια καύσιμα
Αναπτερόγωση στροβίλων	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή για άνθρακα και πετρέλαιο
Χρήση εξελιγμένων υλικών για επίτευξη υψηλών θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών ατμού	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή για άνθρακα, πετρέλαιο και αέρια καύσιμα
Υπερκρίσιμα χαρακτηριστικά ατμού	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή για άνθρακα, πετρέλαιο και αέρια καύσιμα
Διπλή αναθέρμανση	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή για άνθρακα, πετρέλαιο και αέρια καύσιμα
Αναγεννητική προθέρμανση τροφοδοτικού νερού	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή για άνθρακα, πετρέλαιο και αέρια καύσιμα
Χρήση της θερμότητας καυσαερίων για τηλεθέρμανση	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή για άνθρακα
Εξελιγμένη μέθοδος ελέγχου (μέσω Η/Υ) του αεριοστροβίλου και του λέβητα ανάκτησης θερμότητας (Συνδυασμένος κύκλος)	Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, εφαρμογή μόνο για αέρια καύσιμα

4.3. Εκμοντερνισμός υπαρχουσών μονάδων με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης τους

Ο εκμοντερνισμός υπαρχουσών μονάδων περιλαμβάνει διάφορες επιμέρους εργασίες (πολλές από τις οποίες αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα 4.2.1) οι οποίες ενδείκνυνται, κατά περίπτωση, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο. Στους επιδιωκόμενους στόχους εντάσσονται τόσο γενικοί στόχοι, όπως η αύξηση της ισχύος, η βελτίωση του βαθμού απόδοσης, η μείωση των εκπομπών των ρυπαντών, κ.λπ., όσο και εξειδικευμένοι στόχοι, όπως η βελτίωση της λειτουργίας των εκκαπνιστών, των ηλεκτροστατικών φίλτρων, των αντλιών και των ανεμιστήρων, που συνδέονται με συγκεκριμένα προβλήματα που έχουν προκύψει από τη μακροχρόνια λειτουργία της εγκατάστασης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση βασικός στόχος είναι, όπως ήδη αναφέρθηκε, η βελτίωση του βαθμού απόδοσης. Τέτοιου είδους δράσεις σε πετρελαϊκές μονάδες αφορούν κύρια τον καθαρισμό των επιφανειών συναλλαγής θερμότητας και συντήρηση και βελτιστοποίηση της

λειτουργίας των εκκαπνιστών, τη βελτιστοποίηση του προθερμαντή αέρα καθώς και τη βελτιστοποίηση του κρύου άκρου του σταθμού και επεμβάσεις στον ατμοστρόβιλο

Ο καθαρισμός των επιφανειών συναλλαγής θερμότητας, η συντήρηση και η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των εκκαπνιστών αποτελούν αναγκαία προϋπόθεση για να λειτουργεί ένας ατμοπαραγωγός σύμφωνα με τις συνθήκες του αρχικού σχεδιασμού. Συγκεκριμένα για την περίπτωση πετρελαϊκών μονάδων, όπου το καύσιμο έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο και συστατικά βαναδίου, όπως ήδη αναφέρθηκε, προκαλούνται επικαθήσεις στις επιφάνειες συναλλαγής και στο σωληνοτόιχωμα της εστίας. Ο καθαρισμός των επιφανειών από τις εύκολα απομακρυνόμενες επικαθήσεις, που συσσωρεύονται ανάμεσα στους σωλήνες ή στα σημεία μεταβολής της διατομής της εστίας, επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μονάδας με τη βοήθεια των εκκαπνιστών, που ψεκάζουν νερό ή ατμό. Οι επικαθήσεις αυτές ελαχιστοποιούνται όταν οι επιφάνειες συναλλαγής είναι έτσι τοποθετημένες ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί ο καλύτερος δυνατός καθαρισμός τους από τον εξοπλισμό του εκκαπνιστή. Αποτέλεσμα των επικαθήσεων είναι η μείωση του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας μεταξύ καυσαερίου και εργαζόμενου μέσου. Ο καθαρισμός των επιφανειών συναλλαγής από τις δύσκολα απομακρυνόμενες επικαθήσεις γίνεται κατά την ετήσια συντήρηση του σταθμού. Η κατάσταση του λέβητα και των επιφανειών συναλλαγής θερμότητας μετά τη συντήρηση αποτελεί την κατάσταση βάσης, σύμφωνα με την οποία διαπιστώνεται κάθε φορά η έκταση της ρύπανσης του θαλάμου καύσης και των επιφανειών συναλλαγής.

Όσον αφορά τη βελτιστοποίηση προθερμαντήρα αέρα, οι μεγαλύτερες απώλειες οφείλονται στις διαρροές, που μπορούν να φτάσουν μέχρι και το 35% του συνολικού αέρα που αναρροφάται. Οι αυξημένες διαρροές αέρα από το LUVO είναι δυνατόν να έχουν μια σειρά από σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία της μονάδας:

- Αυξημένη κατανάλωση ισχύος από τους ανεμιστήρες
- Μειωμένες θερμοκρασίες καυσαερίου στην έξοδο και αύξηση κινδύνου χημικής διάβρωσης (όξινο σημείο δρόσου καυσαερίων)
- Υψηλότερες ταχύτητες καυσαερίων προς τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, με συνέπεια μικρότερο χρόνο παραμονής τους σε αυτά και μικρότερη συγκράτηση σωματιδίων
- Επίδραση στη λειτουργία της μονάδας αποθείωσης (εφόσον υπάρχει) λόγω αυξημένης ισχύος του ανεμιστήρα booster

Ο όρος βελτιστοποίηση του κρύου άκρου σημαίνει βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συμπυκνωτή. Έχουν προταθεί μια σειρά από μέτρα για τον έλεγχο της λειτουργίας του συμπυκνωτή, έτσι ώστε να διακρίνονται εγκαίρως έστω και μικρές αποκλίσεις από το σχεδιασθέν σημείο λειτουργίας του και να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα. Ιδίως σε παλαιότερες εγκαταστάσεις η ισχύς συμπυκνώσεως, και συνεπώς η ισχύς του στροβίλου, μπορούν να μειωθούν λόγω ρυπάνσεως από την πλευρά του νερού ψύξης, εισροής αέρα στο συμπυκνωτή και λανθασμένης παροχής ψυκτικού νερού. Οι προαναφερθείσες παράμετροι μπορούν να αυξήσουν την πίεση λειτουργίας του ψυγείου με καταστροφικά αποτελέσματα για το συνολικό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης. Η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών είναι ιδιαίτερης σημασίας για τη σωστή λειτουργία της μονάδας και για το λόγο αυτό έχει κατασκευαστεί πρόγραμμα διάγνωσης και ελέγχου των αποκλίσεων της λειτουργίας του συμπυκνωτή από το σχεδιασθέν σημείο λειτουργίας.

4.4. Δράσεις βελτίωσης του βαθμού απόδοσης στις υπό εξέταση μονάδες

Κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της δυνατότητας αύξησης του βαθμού απόδοσης των μονάδων τριών πετρελαϊκών ΑΗΣ της ΔΕΗ Α.Ε., βάσει στοχοθετημένων από την Επιχείρηση δράσεων, όπου αυτές υπάρχουν, ή με την παραμετρική μελέτη που αφορά κάποιες πιθανές βλάβες ή αιτίες χειροτέρευσης της απόδοσης των μονάδων. Από τις ανωτέρω προτεινόμενες δράσεις, σύμφωνα με τα ΒΑΤ, υπάρχει ένας αριθμός δράσεων που θα μπορούσαν να εφαρμοσθούν στις υπό εξέταση μονάδες, κυρίως αυτές που αφορούν επεμβάσεις χαμηλού κόστους και λειτουργικές πρακτικές στο λέβητα (βελτίωση των λειτουργικών πρακτικών και του ελέγχου του λέβητα, καθαρισμός επιφανειών συναλλαγής κλπ.) και τη διαχείριση των συμπυκνωμάτων.

Συγκεκριμένα, οι δράσεις που εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική αφορούν την εγκατάσταση on-line συστήματος παρακολούθησης απόδοσης, τη μείωση διαφυγών ατμού – νερού, την αντικατάσταση αεροσυμπιεστή γενικής χρήσης, την αντικατάσταση προθερμαντών τροφοδοτικού νερού με βλάβη, τη μόνωση των δεξαμενών μαζούτ, τη μείωση των

ιδιοκαταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας και των καταναλώσεων θερμότητας για την μονάδα του Αλιβερίου IV, εφόσον αυτές αποτελούν τις στοχοθετημένες δράσεις της επιχείρησης. Για τις υπόλοιπες μονάδες εξετάσθηκε η επίδραση στο βαθμό απόδοσης και την παραγόμενη ισχύ από τη βλάβη προθερμαντών, την αύξηση των διαφυγών ατμού και τη χειροτέρευση της λειτουργίας του ψυγείου, ως αντιπροσωπευτικές συνήθων προβλημάτων.

5. ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΛΙΒΕΡΙΟΥ

5.1. Ιστορική αναδρομή

Το Αλιβέρι αποτελούσε ανέκαθεν εμπορικό κέντρο και αλιευτικό λιμάνι. Η ιδιαίτερη σημασία του Αλιβερίου όμως, βρίσκεται στα κοιτάσματα λιγνίτη που υπάρχουν στην περιοχή και τα οποία είναι γνωστά από την αρχαιότητα. Τα κοιτάσματα αυτά είναι ανθιγενή, ενώ η λεκάνη που τα περιέχει έχει έκταση 20-30 τετραγωνικά χιλιόμετρα και περιβάλλεται από ασβεστολιθικά πετρώματα. Από πετρογραφική άποψη, ο λιγνίτης του Αλιβερίου κατατάσσεται στην κατηγορία των ξυλωδών λιγνιτών, με κύρια πρώτη ύλη σχηματισμού την κωνοφόρα βλάστηση.

Η πρώτη σοβαρή προσπάθεια για την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων στη χώρα μας άρχισε στο Αλιβέρι το 1873 ενώ η συστηματική εκμετάλλευση των λιγνιτών άρχισε την πρώτη δεκαετία του 20^{ου} αιώνα. Η Ανώνυμη Εταιρία Ανθρακωρύχων Αλιβερίου (ΑΕΑΑ) άρχισε να εκμεταλλεύεται τα κοιτάσματα του Καράβου (πρόκειται για το λιμάνι της πόλης του Αλιβερίου), με εξόρυξη, βιομηχανική απόσταξη του προϊόντος και παραγωγή πλίνθων υψηλής θερμαντικής απόδοσης.

Η εκμετάλλευση ξανάρχισε μετά τον πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο. Το 1922 η ετήσια παραγωγή έφθασε τους 23.000 τόνους και διατηρήθηκε μέχρι το 1927. Το επόμενο έτος η εκμετάλλευση σταμάτησε για οικονομικούς λόγους.

Η ΑΕΑΑ λειτούργησε ως τον δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο, οπότε την εκμετάλλευση ανέλαβαν τα στρατεύματα κατοχής. Μετά το τέλος του πολέμου, η ανάγκη εξηλεκτρισμού της χώρας οδήγησε στην απόφαση κατασκευής ατμοηλεκτρικού σταθμού στο Αλιβέρι, που θα λειτουργούσε αποκλειστικά με λιγνίτη.

Το 1951 ανέλαβε την συστηματική οργάνωση του λιγνιτωρυχείου η ΔΕΗ και το 1953 ίδρυσε Ατμοηλεκτρικό Σταθμό (Εικόνα 5.1.1).

Πρόκειται για τον πρώτο Σταθμό της ΔΕΗ. Είναι εγκατεστημένος δίπλα στη θάλασσα, στον Κάραβο, το λιμάνι της πόλης του Αλιβερίου, στο δυτικό μέρος της νήσου Εύβοιας και περίπου στο μέσο αυτής. Η απόσταση του σταθμού από την Αθήνα είναι 125 km μέσω Χαλκίδας και 80 km μέσω Ωρωπού – Ερέτριας.

Η κατασκευή του Σταθμού έγινε σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο τελείωσε το 1953 όταν πρωτοξεκίνησε ο Σταθμός με 2 Μονάδες των 40MW η καθεμιά (Εικόνα 5.1.2) και το δεύτερο στάδιο το 1968 και 1969, όταν τέθηκαν σε λειτουργία 2 ακόμη Μονάδες των 150MW η καθεμιά. Έτσι η τοπογραφική διάταξη των εγκαταστάσεων και κτιρίων σήμερα δεν είναι η καλύτερη.

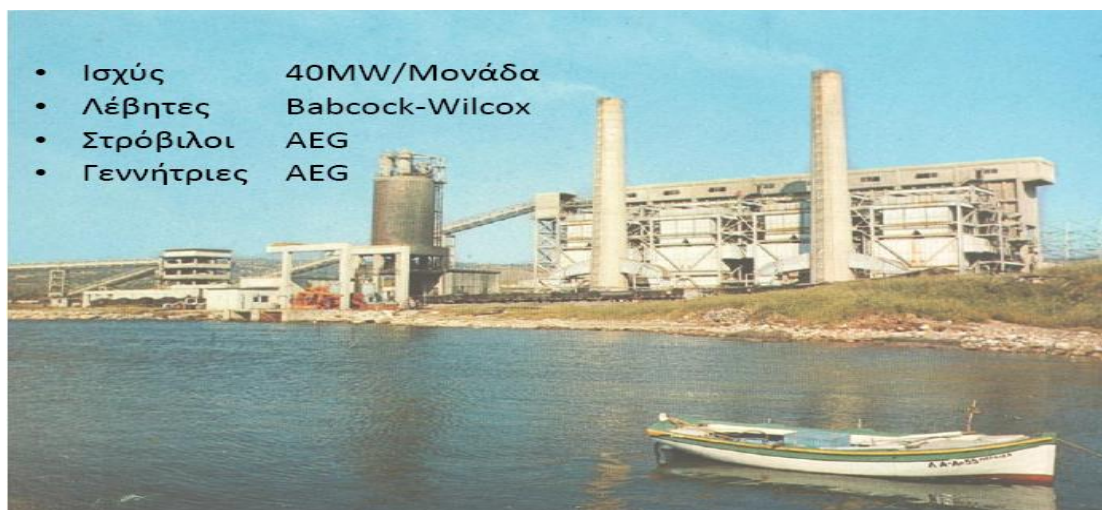
Η τρίτη μονάδα του Αλιβερίου ισχύος 150MW τέθηκε σε λειτουργία το 1968 και είχε σχεδιασθεί να καίει λιγνίτη ή μαζούτ ή μείγμα λιγνίτη και μαζούτ. Η μεικτή καύση λιγνίτη-μαζούτ δημιούργησε μεγάλα προβλήματα ρύπανσης του λέβητα και έτσι σταμάτησε νωρίς να εφαρμόζεται. Από το 1983 εφαρμόσθηκε μεικτή καύση λιγνίτη-λιθάνθρακα χωρίς να υπάρχουν προβλήματα στο λέβητα. Το 1969 τέθηκε σε λειτουργία και τέταρτη μονάδα των 150MW με χρήση μαζούτ.

Η χρήση λιγνίτη σταμάτησε στον ΑΗΣ Αλιβερίου το 1987 και οι μονάδες του χρησιμοποιούν έκτοτε μόνο μαζούτ. Το 1991 οι μονάδες I και II του Αλιβερίου τέθηκαν σε κατάσταση ψυχρής εφεδρείας και δεν λειτούργησαν ξανά.

Εικόνα 5.1.1: Δορυφορική άποψη ΑΗΣ Αλιβερίου



Εικόνα 5.1.2: Ατμοηλεκτρικές μονάδες I & II



5.2. Περιβαλλοντική επιβάρυνση

Η λειτουργία επί σειράς ετών με καύσιμο λιγνίτη άφησε το αποτύπωμά της στο περιβάλλον της περιοχής. Αφενός στα εδάφη των λιγνιτωρυχείων, αφετέρου σε τοποθεσίες εναπόθεσης τέφρας και στο βυθό της θάλασσας, και τέλος στην υγεία εργαζομένων και κατοίκων της περιοχής. Η αλλαγή του καυσίμου αποκλειστικά σε μαζούτ από τη μία και η ευαισθητοποίηση των τελευταίων χρόνων με την παράλληλη εφαρμογή σχετικών νομοθεσιών από την άλλη, μείωσε σε σημαντικό βαθμό την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Παραμένει όμως η οπτική όχληση, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της θέσης του Σταθμού δίπλα στο τουριστικό λιμάνι του Καράβου Αλιβερίου.

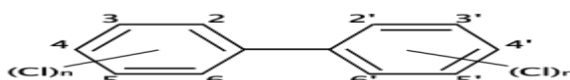
Στα πλαίσια της συμμόρφωσης με την ισχύουσα νομοθεσία και της ελαχιστοποίησης της ενόχλησης της τοπικής κοινωνίας, έχουν εγκατασταθεί στο σταθμό όργανα συνεχούς καταγραφής των εκπεμπόμενων ρύπων για κάθε μονάδα. Για τον ΑΗΣ Αλιβερίου έχει εγκριθεί η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και έχουν εκδοθεί οι Περιβαλλοντικοί Όροι Λειτουργίας. Επίσης ο Σταθμός έχει καταρτίσει σύγχρονο Σχέδιο Αντιμετώπισης Έκτακτων Καταστάσεων. Από το σταθμό έχουν απομακρυνθεί όλοι οι μετασχηματιστές που περιείχαν PCBs^[1] και υλοποιείται το έργο της απομάκρυνσης αμιάντου από τις παλιές μονάδες I και II.

Όσον αφορά στις προσπάθειες για μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων θα πρέπει να σημειωθεί η χρήση βελτιωτικών καύσης στη Μονάδα III και η τοποθέτηση νέου συστήματος καυστήρων χαμηλών ρύπων στη Μονάδα IV.

Εδώ και αρκετά χρόνια έχει εγκατασταθεί σύστημα κατεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τα οποία παλαιότερα οδηγούνταν στη θάλασσα. Ο Σταθμός είναι εξοπλισμένος έτσι ώστε η εκφορτώσεις μαζούτ από το πλοίο στο λιμάνι του Αλιβερίου να γίνονται με ασφάλεια και να είναι δυνατή και έγκαιρη η αντιμετώπιση διαρροών προς τη θάλασσα.

Σημαντικό πρόβλημα είναι η κατανάλωση περίπου 200 τόνων την ημέρα πηγαίου νερού από γεωτρήσεις από τη γύρω περιοχή για τη λειτουργία του σταθμού. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έχει προβλεφθεί στο σχεδιασμό της νέας μονάδας φυσικού αερίου με την κατασκευή συστήματος αφαλάτωσης. Είναι φανερό ότι η κατασκευή της νέας μονάδας και η προγραμματισμένη μετάβαση των μονάδων III και IV σε κατάσταση ψυχρής εφεδρείας το 2010 θα ελαχιστοποιήσουν τα παραπάνω περιβαλλοντικά προβλήματα.

^[1] Τα PCBs (πολυχλωριωμένα διφαινύλια) είναι μια κατηγορία οργανικών ενώσεων με 1 έως 10 άτομα χλωρίου που συνδέονται με το διφαινύλιο. Το τελευταίο είναι ένα μόριο που αποτελείται από δύο δαχτυλίδια βενζολίου κάθε ένα από τα οποία περιέχει έξι άτομα άνθρακα. Ο χημικός τύπος για τα PCBs είναι C₁₂H_{10-x}Cl_x. Τα PCBs χρησιμοποιήθηκαν ως διηλεκτρικά ρευστά στους μετασχηματιστές και τους πυκνωτές, ψυκτικά μέσα, λιπαντικά, στα σταθεροποιητικά για τις πρόσθετες ουσίες των εύκαμπτων επιστρωμάτων των PVC της ηλεκτρικής καλωδίωσης και των ηλεκτρονικών συστατικών, στα διαλυτικά χρώματος φυτοφαρμάκων, στα υδραυλικά ρευστά, σε στεγανωτικές ουσίες (που χρησιμοποιούνται στο καλαφάσιμα, κ.λπ.), σε κόλλες και αλλού. Η παραγωγή PCBs απαγορεύθηκε στη δεκαετία του '70 λόγω της υψηλής τους τοξικότητας.



5.3. Παρουσίαση μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου

5.3.1. Περιγραφή μονάδας

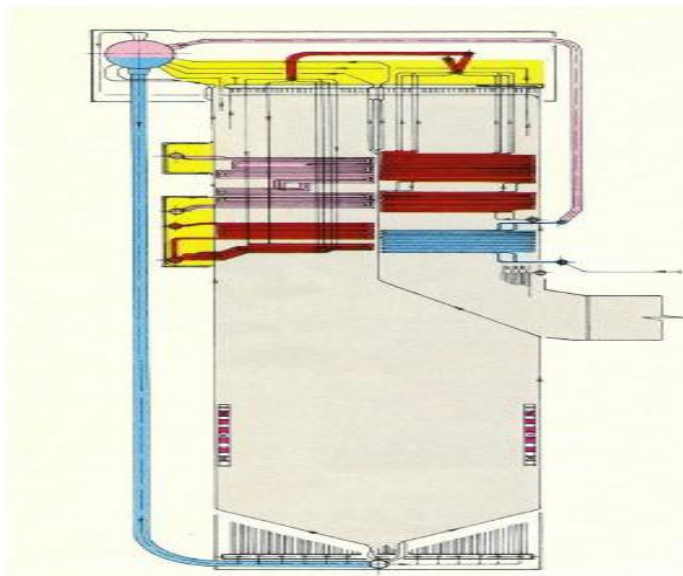
Η μονάδα IV του ΑΗΣ έχει κατασκευαστεί το έτος 1969, αποδίδει συνολική ονομαστική ισχύ 150 MW, ενώ ο βαθμός απόδοσης της υπολογίζεται περίπου στο 39% στις συνθήκες σχεδιασμού. Λειτουργεί με λέβητα υποκρίσιμων πιέσεων, με αναθέρμανση ατμού, κατασκευής της εταιρίας Stein-Industrie, ενώ ο αμμοστρόβιλος συμπύκνωσης, δράσεως, έχει κατασκευαστεί από την Alstom. Ο αμμοστρόβιλος της μονάδας αποτελείται από ένα τμήμα υψηλής και ένα μέσης πίεσης.

Ο θερμικός κύκλος της μονάδας περιλαμβάνει επτά προθερμάνσεις τροφοδοτικού νερού, με έξι προθερμαντήρες κλειστού τύπου και ένα τροφοδοτικό δοχείο – απαεριωτή (προθερμαντής ανοικτού τύπου). Η πίεση της ρυθμιστικής βαλβίδας είναι περίπου 138 bar (13800 kPa) ενώ η πίεση αναθέρμανσης είναι περίπου 34 bar (25% της πίεσης ρυθμιστικής βαλβίδας). Η θερμοκρασία υπερθέρμανσης – αναθέρμανσης είναι 543 C και η θερμοκρασία εισόδου του τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα είναι 240 C.

Ο συμπυκνωτής της μονάδας είναι υδρόψυκτος. Το ψυκτικό μέσο του συμπυκνωτή είναι το νερό της θάλασσας. Η θερμοκρασία του ψυκτικού νερού καθώς και η θερμοκρασία περιβάλλοντος λαμβάνονται 20 C.

Στοιχεία σχετικά με τον έλεγχο των εκπομπών της μονάδας, έχουν ήδη δοθεί στην προηγούμενη παράγραφο.

Εικόνα 5.3.1.1: Λέβητας μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου



5.3.2. Στοιχεία καυσίμου

Σε αντίθεση με τη μονάδα III του ΑΗΣ, η οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει ως καύσιμο λιγνίτη, μαζούτ ή μείγμα λιγνίτη και μαζούτ 3.500 REDW, η μονάδα IV λειτουργεί μόνο με μαζούτ.

Το καύσιμο αποθηκεύεται σε δύο δεξαμενές καυσίμου (8.000 τόνων η μία και 12.000 κυβικών μέτρων η άλλη). Για τη μεταφορά του καυσίμου από τα tankers (δεξαμενόπλοια) έχει κατασκευαστεί υποθαλάσσιος αγωγός ο οποίος συνδέεται με παράκτιο αγκυροβόλιο. Υπάρχει επίσης αντλιοστάσιο, εγκατεστημένο στην ακτή, του οποίου η δυνατότητα άντλησης είναι 1985 lit/min (περίπου 33 lit/sec).

Το πετρέλαιο παράγεται σε ελληνικά διυλιστήρια ή στα Διυλιστήρια Ρωσίας, Ρουμανίας και Μέσης Ανατολής (Περσικός κόλπος, Αίγυπτος).

Η παροχή του καυσίμου για το σταθμό είναι 8,889 kg/sec (32 t/h) ενώ η θερμογόνος ικανότητα του μαζούτ 3.500 REDW είναι:

- Ανώτερη θερμογόνος ικανότητα (HHV): 10100 kcal/kg έως 10400 kcal/kg
- Κατώτερη θερμογόνος ικανότητα (LHV): 9500 kcal/kg έως 9800 kcal/kg

Σημειώνεται εδώ ότι δε δόθηκαν περαιτέρω στοιχεία για τη σύσταση του καυσίμου. Επομένως στο πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία προσεγγιστικά.

5.3.3. Στοιχεία θερμικού κύκλου

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν αναλυτικά τα στοιχεία που δόθηκαν από τη ΔΕΗ σχετικά με τη λειτουργία του θερμικού κύκλου του σταθμού για την ονομαστική ισχύ των 150 MW. Τα στοιχεία αυτά αφορούν στα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά της μονάδας και στις θερμικές απώλειες του λέβητα. Σε επόμενη παράγραφο αναφέρεται αναλυτικά με ποιόν τρόπο αξιοποιούνται οι παρακάτω τιμές για τη μοντελοποίηση της μονάδας στο πρόγραμμα GateCycle.

Πίνακας 5.3.3.1: Στοιχεία θερμικού κύκλου μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου

Εργαζόμενο μέσο - Θέσεις	Παροχή μάζας m (kg/s)	Θερμοκρασία T (C)	Πίεση P (kPa)	Ενθαλπία h (kJ/kg)
Ατμός στο λέβητα				
Έξοδος υπερθερμαντή υψηλής πίεσεως	122,50	543	13827,00	
Είσοδος αναθέρμανσης	113,88	345	3432,00	
Έξοδος αναθέρμανσης		543	3236,00	
Ατμός στον ατμοστρόβιλο				
Είσοδος βαθμίδας υψηλής πίεσης	119,30	540	13827,00	3439,87
Έξοδος βαθμίδας υψηλής πίεσης		346	3432,00	3094,05
Είσοδος βαθμίδας μέσης πίεσης	111,30	540	3089,00	3542,87
Απομαστεύσεις - Προθερμάνσεις				
6	7,97			
5	5,44			
4	3,00			
Απαεριωτής	3,83			
3	4,94			
2	7,38			
1	3,72			
Ψυγείο			4,90	2336,23
Τροφοδοτικό νερό				
Είσοδος οικονομητήρα		239		1037,49
Έξοδος οικονομητήρα (είσοδος Evap)		282		

Αέρας				
Είσοδος προθερμαντή αέρα με καυσαέριο	147,22	58		
Έξοδος προθερμαντή αέρα με καυσαέριο (LUVO)	137,77	277		
Καυσαέριο				
Έξοδος εστίας-είσοδος υπερθερμαντή	170,00	1103		
Έξοδος υπερθερμαντή		780		
Έξοδος αναθέρμανσης		658		
Έξοδος οικονομητήρα	174,44	324		
Ανακυκλοφορία	21,94			
Έξοδος προθερμαντή αέρα (LUVO)	162,22	140		
Έξοδος από καμινάδα (διορθωμένο)		135		

Πίνακας 5.3.3.2: Θερμικές απώλειες μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ (%)	
Ξηρά καυσαέρια στην καμινάδα	4,7
H ₂ O και H ₂ στο καύσιμο	0,5
Υγρασία αέρα	0,1
Ακτινοβολία	0,3
Άκουστα συστατικά	0,2
Ολική θερμική απώλεια	5,8

5.4. Μοντελοποίηση μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου στο GateCycle

Στόχος είναι η εκτίμηση της βελτίωσης του βαθμού απόδοσης της μονάδας από την εφαρμογή μιας σειράς στοχοθετημένων δράσεων που έχουν τεθεί από τη ΔΕΗ. Η μελέτη για τη βελτίωση της απόδοσης της μονάδας γίνεται, με τη βοήθεια του προγράμματος Gate Cycle, σε τρία στάδια.

Αρχικά, μοντελοποιείται ο σταθμός σε συνθήκες σχεδιασμού (design), βάσει των δεδομένων της ΔΕΗ. Η μοντελοποίηση αυτή θεωρείται απαραίτητη, καθώς με τον τρόπο αυτό προκύπτει το ενεργειακό ισοζύγιο της μονάδας, χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη η παλαιότητα ή κάποιες βλάβες των εξαρτημάτων του σταθμού. Στη συνέχεια, με χρήση του υλοποιηθέντος μοντέλου σε συνθήκες σχεδιασμού, πραγματοποιείται η μοντελοποίηση της υπάρχουσας κατάστασης του σταθμού, σύμφωνα με τα διαθέσιμα από την Επιχείρηση στοιχεία (πίνακας 5.4.1). Έπειτα, γίνεται υπολογισμός του βαθμού απόδοσης με εφαρμογή των στοχοθετημένων δράσεων της ΔΕΗ, με την μοντελοποίηση της κατάστασης του στόχου, δηλαδή της βελτιωμένης κατάστασης μετά την εφαρμογή των δράσεων.

Τέλος, πραγματοποιείται παραμετρική μελέτη που αφορά την επίδραση παραμέτρων όπως το κενό του συμπυκνωτή, η βλάβη κάποιων προθερμαντών και οι διαφυγές ατμού στην απόδοση της μονάδας.

Στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου παρατίθενται τα μονογραμμικά σχέδια της μονάδας καθώς και πίνακες που αναφέρουν λεπτομερώς τις συνθήκες σε κάθε κλάδο, για κάθε περίπτωση λειτουργίας ξεχωριστά. Επίσης, υπάρχει παράρτημα στο τέλος της εργασίας, το οποίο εξηγεί τους συμβολισμούς που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση όλων των μονάδων που μελετήθηκαν.

5.4.1. Βαθμός απόδοσης σε συνθήκες σχεδιασμού – Design (Μονογραμμικό Διάγραμμα 5.1)

Τα υπάρχοντα δεδομένα (πίνακας 5.3.3.1) εισήχθησαν στα αντίστοιχα εξαρτήματα του προγράμματος, έτσι ώστε να υλοποιηθεί ο θερμικός κύκλος της εγκατάστασης. Το μοντέλο αποδίδει ισχύ 144,234 MW με βαθμό απόδοσης 39,785%.

Εισαγωγή δεδομένων

Λέβητας – Fossil boiler: Οι παράμετροι οι οποίοι ορίζουν τη λειτουργία του λέβητα είναι κυρίως:

- η παροχή καυσίμου 8,889 kg/sec, η οποία αποδίδει ατμοπαγωγή 122,5 kg/sec
- η θερμογόνος ικανότητα (LHV) του καυσίμου 41031 kJ/kg (9800 kcal/kg)
- η θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων από το λέβητα (είσοδος οικονομητήρα) 658 C
- η θερμοκρασία εξόδου του ατμού, τόσο μετά τον υπερθερμαντή όσο και μετά τον αναθερμαντή, 543 C
- οι θερμικές απώλειες, όπως αυτές ορίζονται από το πίνακα 5.3.3.2

Οικονομητήρας: Ορίζεται η ολική επιφάνεια συναλλαγής του εναλλάκτη 7743 m², έτσι ώστε να προκύπτει μια καλή προσέγγιση της θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων από αυτόν.

Προθερμαντής αέρα με καυσαέριο – LUVO: Η επιφάνεια συναλλαγής του luvo ορίζεται 13726 m² και με τον τρόπο αυτό προκύπτει θερμοκρασία εξόδου αέρα 277 C.

Προθερμαντής αέρα με ατμό: Αυτή η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας δεν αναφέρεται στα δεδομένα που έχουν δοθεί. Όμως, βάσει της θερμοκρασίας εισόδου του αέρα στο luvo προκύπτει ότι, εφόσον οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι 20 C και πίεση 1 atm, το εργαζόμενο μέσο έχει υποστεί μια ακόμη προθέρμανση η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία του στους 58 C. Από την τέταρτη απομάστευση του θερμικού κύκλου εξάγονται επιπλέον 2,2 kg/sec ώστε να επιτευχθεί η προαναφερόμενη προθέρμανση.

Ατμοστρόβιλος: Ο στρόβιλος έχει σχεδιαστεί στο πρόγραμμα έτσι ώστε σε κάθε απομάστευση ατμού να αντιστοιχεί και μια «βαθμίδα». Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης έχει ορισθεί στο 87%. Χρησιμοποιούνται, επίσης, splitters, δηλαδή εξαρτήματα τα οποία διαχωρίζουν τη ροή σε κύρια και σε ροή απομάστευσης, βάσει των παροχών που προβλέπονται από τα δεδομένα (πίνακας 5.3.3.1).

Συμπυκνωτής: Ορίζεται η πίεση συμπύκνωσης (κενό ψυγείου) 4,9 kPa.

Προθερμαντές νερού: Με δεδομένες τις παροχές των απομαστεύσεων οι εναλλάκτες αυτοί προθερμαίνουν το τροφοδοτικό νερό, που εισέρχεται στον eco με θερμοκρασία 239 C.

Απαερωτής: Η πίεση λειτουργίας του τροφοδοτικού δοχείου ορίσθηκε στα 700 kPa.

Πίνακας 5.4.1: Δράσεις βελτίωσης βαθμού απόδοσης μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου

ΔΡΑΣΕΙΣ		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		ΣΤΟΧΟΣ	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ Β.Α
1	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΝ- LINE ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	Αναλυτικός β.α. Λέβητα - Στροβίλου	2220 Kcal/Kwh ειδική κατανάλωση θερμότητας μονάδας (net) σε πλήρες φορτίο	2214 Kcal/Kwh ειδική κατανάλωση θερμότητας μονάδας (net) σε πλήρες φορτίο	
2	ΜΕΙΩΣΗ ΔΙΑΦΥΓΩΝ ΑΤΜΟΥ - ΝΕΡΟΥ	Συμπλήρωση νερού (make-up) θερμικού κύκλου	Μέση τιμή 180tn/ημέρα, Διακύμανση 160 - 200 tn/ημέρα	Περιορισμός make up water σε <125tn/day (Διακύμανση 105-145 tn/day)	0,28
3	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗ Γ.Χ.	Μεταβολή των MWh/έτος τα οποία καταναλίσκονται από τους Α/Σ αέρα γ.χ.	Σημερινή κατανάλωση ~580MWh/έτος	~290MWh/έτος	0,022
4	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Π/Θ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	1. Ωρες μη λειτουργίας Π/Θ τροφ. Νερού σε ετήσια βάση	1. 120 ώρες ανά έτος λειτουργία της μονάδας χωρίς Π/Θ τροφοδοτικού νερού 2. Θερμοκρασία τροφ. Νερού προ ECO ... °C	1. 12 ώρες ανά έτος χωρίς Π/Θ 2. Θερμοκρασία τροφ. Νερού προ ECO ... °C	0,549
5	ΜΟΝΩΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΜΑΖΟΥΤ	Παροχή ατμού 5ης απομάστευσης προς Δεξαμενές	Κατανάλωση ατμού 5ης απομάστευσης προς Δεξαμενές ~0,360tn/h	Κατανάλωση ατμού 5ης απομάστευσης προς Δεξαμενές ~0,055tn/h	0,015
6	ΜΕΙΩΣΗ ΙΔΙΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	MWh ηλεκτρικής κατανάλωσης βοηθητικών σε ελάχιστο φορτίο, σε ετήσια βάση	Για τη λειτουργία 3600h/έτος σε ελάχιστο φορτίο και λειτουργία 2 Τροφοδοτικών αντλιών η κατανάλωση είναι ~8400MWh	Για 3600h/έτος εξοικονόμηση ~3000MWh/έτος	0,413
7	ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	Διαφορά στην παροχή βοηθητικού ατμού (κατόπιν τοποθέτησης ροομέτρου)	Λόγω έλλειψης ροομέτρου βοηθ. ατμού, γίνονται μόνο υπολογισμοί	Εξοικονόμηση >4tn/h βοηθητικού ατμού	0,0114
Συνολική βελτίωση					1,395

5.4.2. Βαθμός απόδοσης στην υπάρχουσα κατάσταση – Στοχοθετημένες δράσεις ΔΕΗ (Μονογραμμικό διάγραμμα 5.2)

Προκειμένου να υπάρξει βελτίωση του βαθμού απόδοσης στη μονάδα IV του ΑΗΣ Αλιβερίου, έχει εκπονηθεί πίνακας με δράσεις που συντελούν σε αυτήν την κατεύθυνση (Πίνακας 5.4.1) και οι οποίες ορίζονται από συγκεκριμένα ελεγχόμενα μεγέθη. Στον πίνακα παρουσιάζεται ακόμα η βελτίωση του συνολικού βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης εφόσον γίνουν οι απαραίτητες από τη ΔΕΗ επεμβάσεις.

Σε αυτό το πλαίσιο, γίνεται επέμβαση στο μοντέλο που έχει ήδη σχεδιαστεί για τις συνθήκες σχεδιασμού της μονάδας, με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί να μοντελοποιηθεί, αρχικά η υπάρχουσα κατάσταση της μονάδας και στη συνέχεια το θερμικό ισοζύγιο της μονάδας με εφαρμογή των δράσεων. Οι δράσεις αφορούν σε 10ωρη λειτουργία του σταθμού.

Υπάρχουσα κατάσταση

Με δεδομένα τα παραπάνω (στοιχεία πίνακα 5.4.1) γίνονται οι εξής επεμβάσεις στο πρόγραμμα:

- Μοντελοποίηση της προθέρμανσης των δεξαμενών μαζούτ (δράση 5), με απλό εναλλάκτη θερμότητας (HX), με ατμό παροχής 0,1 kg/sec (0,360 t/h) από την πέμπτη απομάστευση και αύξηση θερμοκρασίας της ψυχρής πλευράς του εναλλάκτη (καύσιμο) κατά περίπου 30 C.
- Εισαγωγή τιμών ιδιοκαταναλώσεως ηλεκτρικής ενέργειας (BOP – miscellaneous) της τάξης των 2494,4 kW, ώστε να μοντελοποιηθεί το γεγονός ότι λόγω παλαιότητας οι συμπιεστές και οι τροφοδοτικές αντλίες της εγκατάστασης απορροφούν περισσότερη ισχύ συγκριτικά με την κατάσταση λειτουργίας σε συνθήκες σχεδιασμού (δράσεις 3, 6).
- Ορισμός των διαφυγών ατμού στην δεύτερη από την πλευρά του συμπυκνώματος, απομάστευση στα 5 kg/sec (δράση 2, 180 t/day).
- Μοντελοποίηση καταναλώσεως θερμότητας (δράση 7), με διαφυγή ατμού στη δεύτερη απομάστευση της τάξης των 2 kg/sec.
- Βλάβη του δεύτερου σε σειρά προθερμαντή (δράση 4, FWH3).

Συνοπλογίζοντας όλα τα παραπάνω, προκύπτει ότι η μονάδα IV στην υπάρχουσα κατάσταση αποδίδει ισχύ 137,290 MW με βαθμό απόδοσης 37,87%. Συμπεραίνεται, λοιπόν ότι υπάρχει σημαντικό ενεργειακό κόστος είτε λόγω βλαβών είτε λόγω παλαιότητας του σταθμού.

Στόχος

Με σκοπό να μοντελοποιηθεί η μονάδα με τις βελτιώσεις που προκύπτουν από τις στοχοθετημένες δράσεις που έχει ορίσει η ΔΕΗ γίνονται οι ακόλουθες αλλαγές στα δεδομένα του προγράμματος:

- Ορίζονται οι διαφυγές ατμού-νερού σε 125 t/day (δράση 2), δηλαδή για 10ωρη λειτουργία του σταθμού προκύπτει 3,472 kg/sec.
- Μειώνεται στα 0,015 kg/sec η παροχή του εναλλάκτη που αντιστοιχεί στη μόνωση των δεξαμενών μαζούτ (δράση 5). Από τη μελέτη προκύπτει ότι ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης βελτιώνεται με αυτή τη στοχοθετημένη δράση κατά 0,015%.
- Η διαφυγή ατμού στην πρώτη απομάστευση ορίζεται 1,11 kg/sec, αντί 2 kg/sec, που ήταν στην υπάρχουσα κατάσταση (δράση 7). Με τη μείωση των καταναλώσεων θερμότητας επιτυγχάνεται αύξηση του βαθμού απόδοσης της τάξης του 0,0114%,
- Θεωρείται κανονική λειτουργία του δεύτερου προθερμαντή τροφοδοτικού νερού (δράση 4), με παροχή προς αυτόν 7,4 kg/sec.
- Οι τιμές της ιδιοκατανάλωσης μειώνονται στα 913,88 kW, που αντιστοιχούν στην αντικατάσταση του αεροσυμπιεστή και στη μείωση της ισχύος που απορροφούν οι τροφοδοτικές αντλίες ή και άλλα εξαρτήματα.
 - Αντικατάσταση αεροσυμπιεστή (δράση 3): Στην περίπτωση αυτή το κέρδος σε απόδοση που σημειώνεται από τη μελέτη είναι της τάξης του 0,022%.
 - Λειτουργία βοηθητικών σε ελάχιστο φορτίο (δράση 6): Μία τέτοια ενέργεια οδηγεί σε μείωση των ιδιοκαταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας κατά 1 MW και σε βελτίωση του συνολικού βαθμού απόδοσης κατά 0,413%.

Με εφαρμογή όλων των στοχοθετημένων δράσεων, ο σταθμός αποδίδει ισχύ της τάξης των 142,348 MW με βαθμό απόδοσης 39,265%. συνεπώς προκύπτει αύξηση του βαθμού απόδοσης κατά 1,395%.

5.4.3. Παραμετρική μελέτη

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε παραμετρική μελέτη που αφορά την επίδραση της μεταβολής επιλεγμένων μεγεθών στην απόδοση της μονάδας.

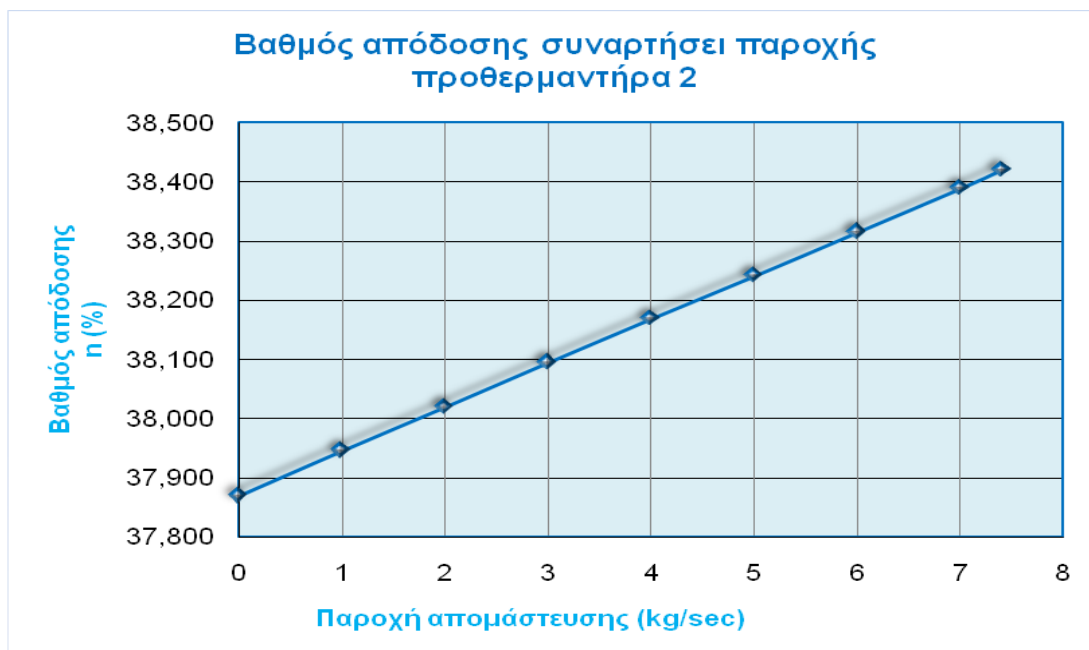
Μεταβολή παροχής απομάστευσης στον προθερμαντή 2 (FWH3)

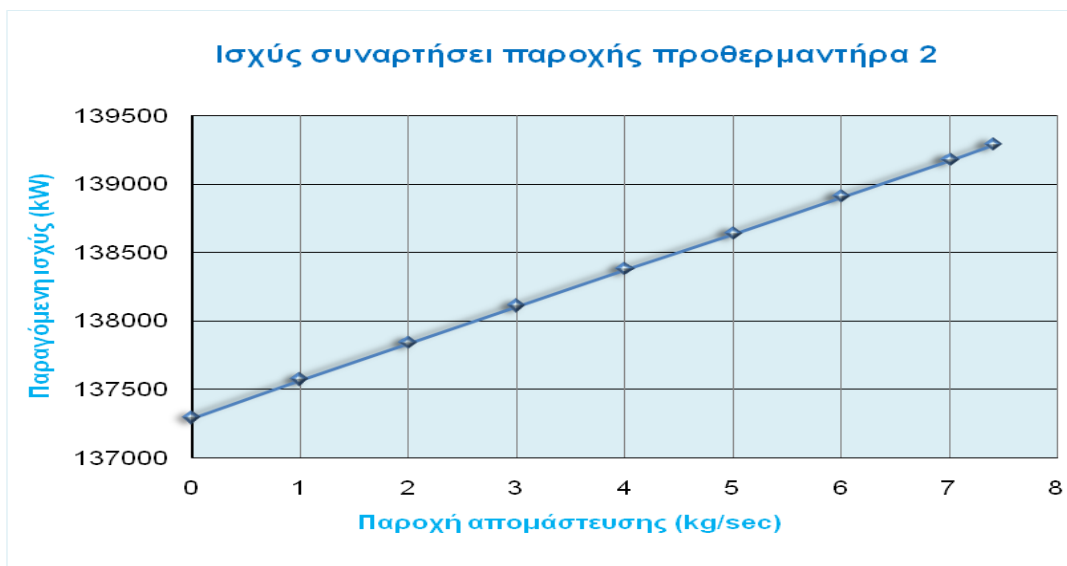
Οι παραμετρικές καμπύλες παρουσιάζουν τη μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης για τιμές παροχής αυξανόμενες από 0 έως 7,4 kg/sec, που μοντελοποιούν καταστάσεις μεταβαλλόμενης απόφραξης του προθερμαντή. Η μηδενική τιμή παροχής σχετίζεται με την υπάρχουσα κατάσταση της μονάδας, όπου έχουμε θεωρήσει βλάβη του δεύτερου σε σειρά προθερμαντή (Πίνακας 5.4.1, δράση 4). Αντίστοιχα, η τιμή 7,4 kg/sec αναφέρεται στην παροχή που προκύπτει μετά την αντικατάσταση του προαναφερόμενου προθερμαντή η οποία συμπίπτει με την περίπτωση του στόχου.

Σημειώνεται ότι, παρά την μεταβολή της παροχής προς τον προθερμαντή η θερμοκρασία εισόδου του τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα παραμένει σταθερή και ίση με 239 C. Αυτό συμβαίνει γιατί, στην περίπτωση της βλάβης παρατηρείται αύξηση της παροχής ατμού προς το τροφοδοτικό δοχείο-απαεριωτή για να αντισταθμιστεί ή μείωση της θερμοκρασίας εισόδου του νερού. Για την περίπτωση αυτή, υπάρχει αύξηση του συνολικού βαθμού απόδοσης κατά 0,549%.

Διάγραμμα 5.4.3.1: Παραμετρική μελέτη παροχής προθερμαντή 2

m (kg/s)	P (kW)	n (%)
7,4	139283	38,419
7	139174	38,389
6	138905	38,315
5	138636	38,241
4	138376	38,169
3	138107	38,095
2	137838	38,020
1	137569	37,946
0	137291	37,870





Μεταβολή διαφυγών ατμού-νερού

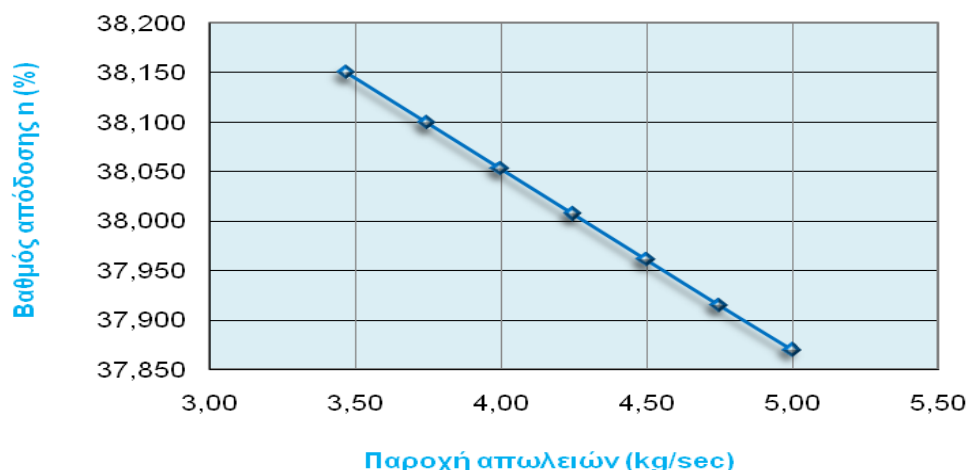
Οι παραμετρικές καμπύλες παρουσιάζουν τη μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης για τιμές παροχής απωλειών αυξανόμενες από 3,47 έως 5 kg/sec. Η τιμή 5 kg/sec σχετίζεται με την υπάρχουσα κατάσταση της μονάδας, όπου έχουμε θεωρήσει σημαντική παροχή απωλειών (Πίνακας 5.4.1, δράση 2). Αντίστοιχα, η τιμή 3,47 kg/sec αναφέρεται στην παροχή που προκύπτει μετά τη μείωση διαφυγών ατμού-νερού η οποία συμπίπτει με την κατάσταση του στόχου. Σημειώνεται ότι, η μείωση των απωλειών που μπορεί να επιτευχθεί στη μονάδα μεταφράζεται σε ποσοστό 30% (περίπου 1,5 kg/sec).

Η αύξηση του βαθμού απόδοσης που επιτυγχάνεται κατά τη μείωση των απωλειών ατμού είναι 0,28%. Ενώ παρατηρείται ότι για κάθε μείωση 0,25 kg/sec στις διαφυγές, η ισχύς αυξάνεται κατά 166 – 167 kW ενώ η αντίστοιχη αύξηση του βαθμού απόδοσης είναι 0,046%.

Διάγραμμα 5.4.3.2: Παραμετρική μελέτη διαφυγών ατμού – νερού

m (kg/s)	P (kW)	n (%)
3,47	138308	38,150
3,75	138123	38,099
4,00	137957	38,053
4,25	137790	38,007
4,50	137624	37,961
4,75	137457	37,915
5,00	137291	37,870

Βαθμός απόδοσης συναρτήσεσι απωλειών



Ισχύς συναρτήσεσι απωλειών



Μεταβολή παροχής απομάστευσης στον προθερμαντή 6 (FWH6)

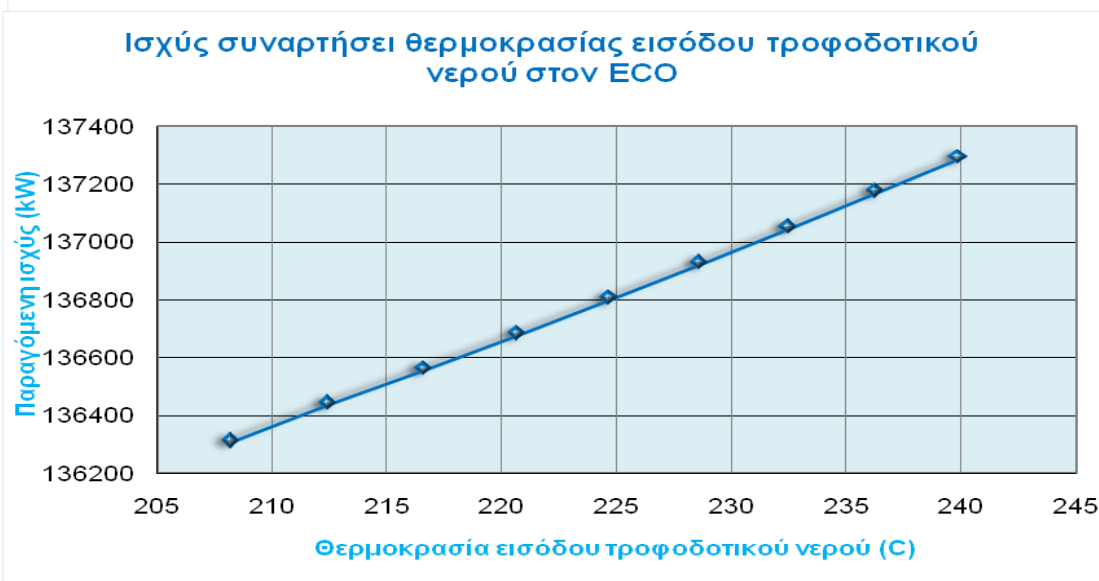
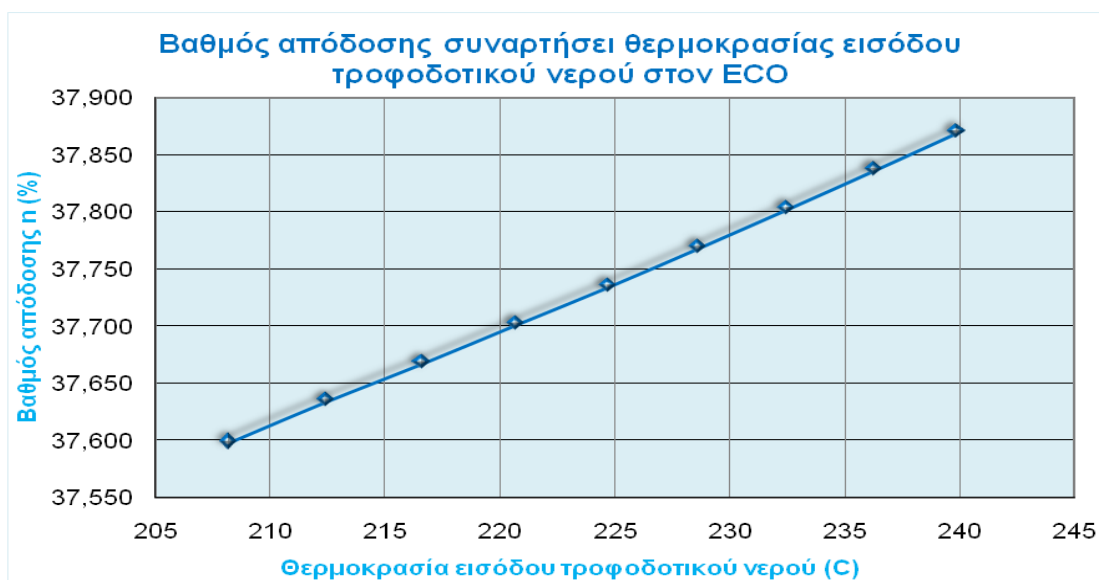
Στον τελευταίο κατά σειρά προθερμαντή γίνεται μεταβολή της παροχής απομάστευσης από 0 έως 7,9722 kg/sec. Η μεταβολή αυτή έχει ως βασικό αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας εισόδου του τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα. Αυτό συνεπάγεται μείωση της απόδοσης της μονάδας, καθώς δαπανάται περισσότερη ενέργεια στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας του λέβητα, ώστε ο ατμός να αποκτήσει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά (πίεση, θερμοκρασία, ενθαλπία) στην είσοδο του αμοστροβίλου.

Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε να παρουσιαστούν οι καμπύλες μεταβολής συναρτήσεσι της εν λόγω θερμοκρασίας εισόδου.

Πιθανή βλάβη του προθερμαντή 6 κοστίζει 0,271% στον βαθμό απόδοσης της μονάδας και 980 kW σε ισχύ.

Διάγραμμα 5.4.3.3: Παραμετρική μελέτη παροχής προθερμαντή 6

T (C)	P (kW)	n (%)	m (kg/s)
239,87	137291	37,870	7,9722
236,27	137173	37,837	7
232,48	137049	37,803	6
228,63	136926	37,769	5
224,70	136804	37,735	4
220,69	136681	37,702	3
216,61	136560	37,668	2
212,46	136441	37,635	1
208,21	136311	37,599	0



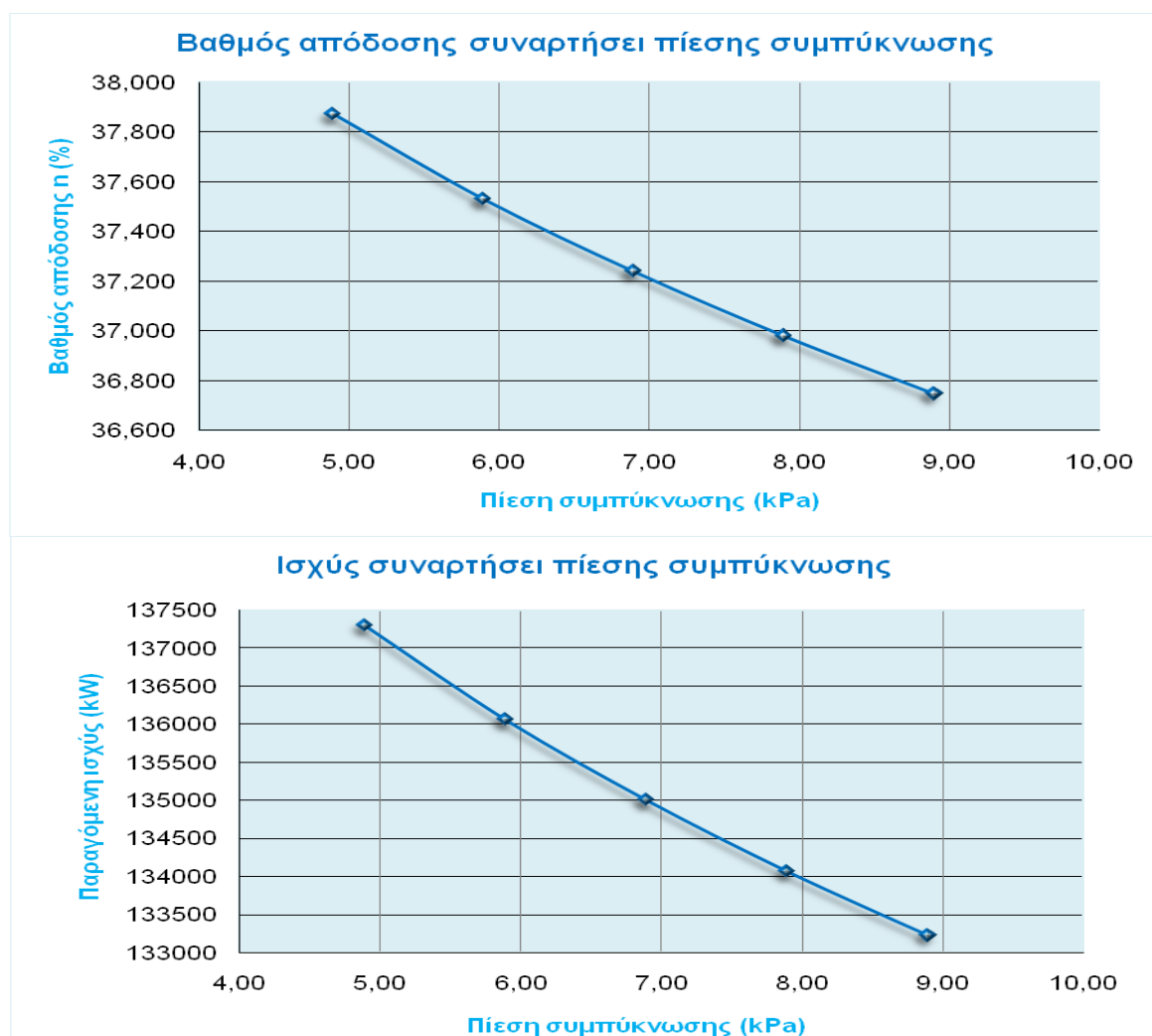
Μεταβολή πίεσης συμπυκνωτή

Είναι γνωστό ότι αν μειωθεί η πίεση στον συμπυκνωτή, δηλαδή αυξηθεί το κενό, τότε αυξάνεται η διαθέσιμη ενθαλπική πτώση για δεδομένη πίεση τροφοδοσίας και το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού απόδοσης. Μεταβολές στο κενό μπορούν να προκύψουν είτε από αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού ψύξης, λόγω αλλαγών θερμοκρασίας περιβάλλοντος, είτε από αλλαγές της κατάστασης του συμπυκνωτή (π.χ. επικαθήσεις). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αυξήθηκε το κενό ψυγείου σταδιακά από τα 4,9 έως τα 8,9 kPa, έτσι ώστε να μελετηθεί η μείωση του βαθμού απόδοσης.

Παρατηρείται από τις τιμές του διαγράμματος ότι για κάθε αύξηση 1 kPa στο συμπυκνωτή, «χάνονται» από 1,24 έως 0,84 MW, ενώ η συνολική πτώση της ισχύος είναι 4,07 MW. Ο βαθμός απόδοσης της μονάδας σημειώνει μείωση κατά 1,123%.

Διάγραμμα 5.4.3.4: Παραμετρική μελέτη πίεσης συμπύκνωσης

ρ (kPa)	P (kW)	n (%)
4,90	137291	37,870
5,90	136052	37,528
6,90	134999	37,238
7,90	134062	36,979
8,90	133222	36,747



5.5. Γενικά συμπεράσματα από την μοντελοποίηση

Η αύξηση του βαθμού απόδοσης ενός ατμοηλεκτρικού σταθμού είναι αποτέλεσμα πλήθους μεταβολών και επιδράσεων στα διάφορα συστήματα που τον απαρτίζουν. Για τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης της μονάδας IV του ΑΗΣ Αλιβερίου, αναφέρθηκαν προηγουμένως όλες οι απαραίτητες δράσεις που συμβάλλουν σε αυτό. Συνολικά, για τις στοχοθετημένες δράσεις της ΔΕΗ, προκύπτει αύξηση του βαθμού απόδοσης της μονάδας 1,395%.

Οι επεμβάσεις που συμβάλλουν περισσότερο στη λειτουργία του σταθμού με αυξημένη απόδοση είναι η αντικατάσταση του δεύτερου προθερμαντή τροφοδοτικού νερού και η μείωση ιδιοκαταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας με λειτουργία σε ελάχιστο φορτίο, σε ετήσια βάση, των βοηθητικών εξαρτημάτων του σταθμού (Πίνακας 5.4.1).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία για τη λειτουργία του σταθμού σε όλες τις προαναφερθείσες περιπτώσεις, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη εσοπτεία του αποτελέσματος της μελέτης. Η αύξηση της ισχύος και του βαθμού απόδοσης μελετώνται με αναφορά την υπάρχουσα κατάσταση.

Πίνακας 5.5.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (%)	ΑΥΞΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ (kW)	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (%)
Στοχοθετημένες Δράσεις ΔΕΗ				
Συνθήκες σχεδιασμού	144234	39,785		
Υπάρχουσα κατάσταση	137291	37,870		
Μείωση διαφυγών ατμού-νερού	138308	38,150	1017	0,28
Αντικατάσταση αεροσυμπιεστή	137371	37,892	80	0,022
Μόνωση δεξαμενών μαζούτ	137347	37,885	56	0,015
Μείωση ιδιοκαταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας	138790	38,283	1499	0,413
Αντικατάσταση προθερμαντή 2	139283	38,419	1992	0,549
Μείωση καταναλώσεων θερμότητας	137704	37,983	413	0,113
Στόχος – Εφαρμοσμένες όλες οι παραπάνω στοχοθετημένες δράσεις	142348	39,264	5057	1,395

5.6. Οικονομική ανάλυση επενδύσεων

Στον πίνακα 5.6.1 παρουσιάζονται, εκτός από τις στοχοθετημένες δράσεις της Δ.Ε.Η., τα επιμέρους κόστη των επενδύσεων που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν ώστε να υπάρξει η αναμενόμενη βελτίωση του βαθμού απόδοσης της μονάδας (πίνακας 5.4.1).

Πίνακας 5.6.1: Επιμέρους κόστη επενδύσεων στοχοθετημένων δράσεων ΔΕΗ

ΔΡΑΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ
Εγκατάσταση on-line συστήματος παρακολούθησης απόδοσης	A. Εγκατάσταση του συστήματος. B. Ρύθμιση και δοκιμές απόδοσης	400.000 €
Μείωση διαφυγών ατμού – νερού		
Αντικατάσταση Αεροσυμπιεστή Γ.Χ.	Προμήθεια και εγκατάσταση	60.000 €
Αντικατάσταση προθερμαντή τροφοδοτικού νερού	Προμήθεια και εγκατάσταση νέου προθερμαντή	400.000 €
Μόνωση δεξαμενών μαζούτ	Εκτέλεση έργου	100.000 €
Μείωση ιδιοκαταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας		
Μείωση καταναλώσεων θερμότητας	A. Προμήθεια θερμοκάμερας B. Λειτουργικές πρακτικές – Διορθωτικές παρεμβάσεις	60.000 €
Συνολικό κόστος		1.020.000 €

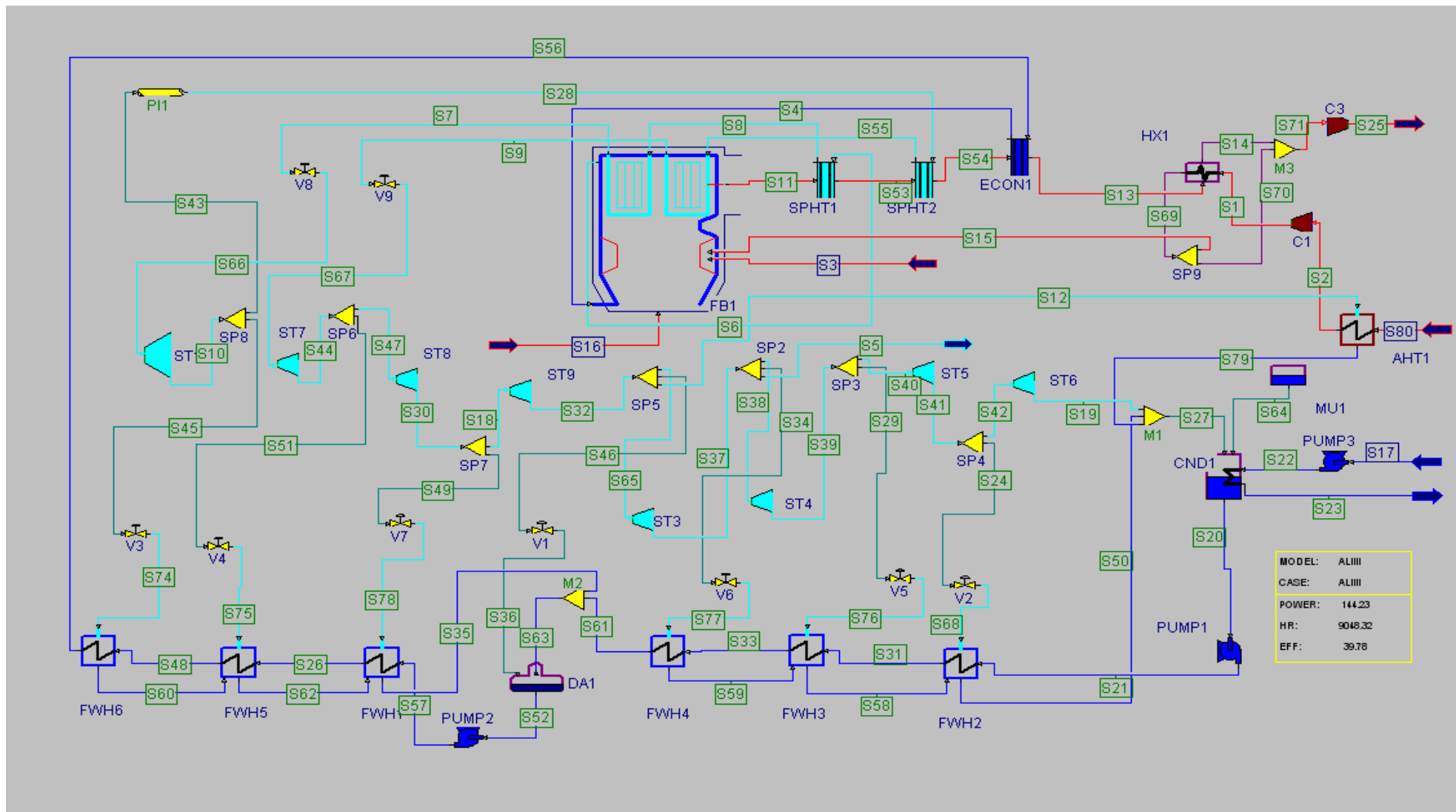
Η μονάδα IV του ΑΗΣ Αλιβερίου στην υπάρχουσα κατάσταση αποδίδει ισχύ 137,291 MW, όπως ήδη αναφέρθηκε. Με την εφαρμογή των στοχοθετημένων δράσεων της Επιχείρησης η παραγόμενη ισχύς αναμένεται να ανέλθει στα 142,348 MW. Επομένως το κέρδος της αποδιδόμενης στο δίκτυο ηλεκτρικής ισχύος αγγίζει τα 5057 kW, για 10ωρη λειτουργία της μονάδας σε ημερήσια βάση.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τον υπολογισμό του χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης για τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας 0,10 €/kWh. Συμπεραίνεται ότι, η επένδυση με σκοπό τη βελτίωση της μονάδας IV του ΑΗΣ αποπληρώνεται μόλις στον έβδομο μήνα εφαρμογής των στοχοθετημένων δράσεων.

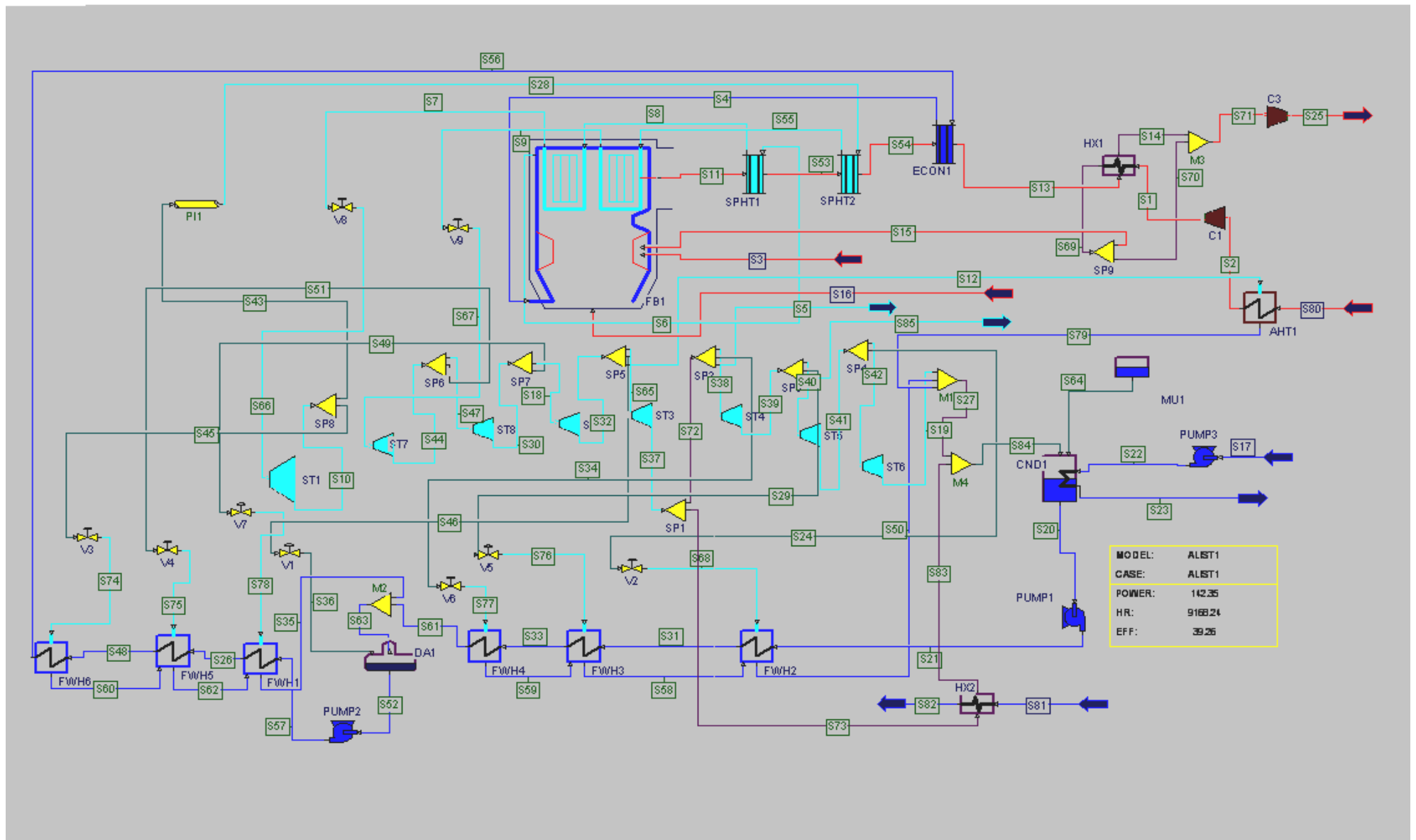
Πίνακας 5.6.2: Προσδιορισμός χρόνου αποπληρωμής επένδυσης

Προσδιορισμός χρόνου αποπληρωμής	
Παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς στην υπάρχουσα κατάσταση (kW)	137.291
Παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς μετά την εφαρμογή των δράσεων (kW)	142.348
Όφελος παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος (kW)	5.057
Ώρες λειτουργίας μονάδας ετησίως (hr)	3.650
Πρόσθετη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ετησίως (kWh)	18.458.050
Τιμή πώλησης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)	0,10
Κέρδος από βελτιωτικές επενδύσεις (€)	1.845.805
Κόστος βελτιωτικών επενδύσεων (€)	1.020.000
Χρόνος αποπληρωμής (μήνες)	6,57

Μονογραμμικό Διάγραμμα 5.1.: Θερμικός κύκλος Μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου – DESIGN



Μονογραμμικό Διάγραμμα 5.2.: Θερμικός κύκλος Μονάδας IV ΑΗΣ Αλιβερίου – Υπάρχουσα κατάσταση - Στόχος



Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών ΑΗΣ Αλιβερίου σε συνθήκες σχεδιασμού

ΚΛΑΔΟΣ	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (C)	ΠΙΕΣΗ (κΡα)	ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ (kg/sec)	ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)
S1	C1	HX1	58,321	105,000	156,924	43,342
S10	ST1	SP8	339,390	3432,327	122,661	3079,293
S11	FB1	SPHT1	658,000	98,150	156,304	731,943
S12	SP5	AHT1	392,652	1082,000	2,200	3246,440
S13	ECON1	HX1	326,807	98,150	156,304	339,499
S14	HX1	M3	120,228	98,150	156,304	111,360
S15	SP9	FB1	277,010	103,950	147,424	268,329
S16	-	FB1	20,000	105,000	0,000	4,501
S17	-	PUMP3	20,000	100,000	7000,004	83,588
S18	SP7	ST9	470,493	1910,000	106,245	3403,192
S19	ST6	M1	32,531	4,903	80,950	2360,340
S2	AHT1	C1	54,150	101,325	156,924	39,112
S20	CND1	PUMP1	32,531	4,903	102,010	135,770
S21	PUMP1	FWH2	32,600	1200,000	102,010	137,272
S22	PUMP3	CND1	20,015	300,000	7000,004	83,839
S23	CND1	-	26,219	300,000	7000,004	109,794
S24	SP4	V2	79,533	46,500	3,720	2639,739
S25	C3	-	133,359	101,300	165,804	125,186
S26	FWH1	FWH5	179,025	17900,000	122,660	767,368
S27	M1	CND1	32,531	4,903	99,210	1968,587
S28	PI1	SPHT2	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S29	SP3	V5	183,437	165,000	7,400	2838,522
S3	-	FB1	20,000	120,000	0,000	4,497
S30	ST8	SP7	470,493	1910,000	109,245	3403,192
S31	FWH2	FWH3	57,024	1100,000	102,018	239,133
S32	ST9	SP5	392,652	1082,000	106,245	3246,440
S33	FWH3	FWH4	103,435	1000,000	102,018	433,732
S34	SP2	V6	291,431	471,000	4,940	3046,826
S35	FWH1	M2	166,973	1701,000	16,412	706,041
S36	V1	DA1	389,657	700,000	4,236	3246,440
S37	ST3	SP2	291,431	471,000	99,810	3046,826
S38	SP2	ST4	291,431	471,000	92,070	3046,826
S39	ST4	SP3	183,437	165,000	92,070	2838,522
S4	ECON1	FB1	333,464	17500,002	122,660	1533,645
S40	SP3	ST5	183,437	165,000	84,670	2838,522
S41	ST5	SP4	79,533	46,500	84,670	2639,739
S42	SP4	ST6	79,533	46,500	80,950	2639,739
S43	SP8	PI1	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S44	ST7	SP6	531,168	2877,000	114,685	3527,407
S45	SP8	V3	339,390	3432,327	7,972	3079,293
S46	SP5	V1	392,652	1082,000	4,236	3246,440
S47	SP6	ST8	531,168	2877,000	109,245	3527,407

S48	FWH5	FWH6	208,771	17800,002	122,660	897,841
S49	SP7	V7	470,493	1910,000	3,000	3403,192
S5	SP2	-	291,431	471,000	2,800	3046,826
S50	FWH2	M1	37,600	28,830	16,060	157,096
S51	SP6	V4	531,168	2877,000	5,440	3527,407
S52	DA1	PUMP2	158,973	700,000	122,661	670,680
S53	SPHT1	SPHT2	658,000	98,150	156,304	731,943
S54	SPHT2	ECON1	658,000	98,150	156,304	731,943
S55	SPHT2	FB1	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S56	FWH6	ECON1	239,875	17700,002	122,660	1038,512
S57	PUMP2	FWH1	161,973	18000,000	122,661	693,903
S58	FWH3	FWH2	62,024	120,000	12,340	259,210
S59	FWH4	FWH3	108,438	380,000	4,940	454,400
S6	FB1	SPHT1	347,055	15925,002	122,660	2500,000
S60	FWH6	FWH5	213,771	3400,000	7,972	914,966
S61	FWH4	M2	132,758	900,000	102,013	558,042
S62	FWH5	FWH1	184,025	2650,000	13,412	781,341
S63	M2	DA1	137,557	900,000	118,425	578,553
S64	MU1	CND1	20,000	103,420	2,800	83,592
S65	SP5	ST3	392,652	1082,000	99,810	3246,440
S66	V8	ST1	540,615	13827,378	122,661	3435,518
S67	V9	ST7	542,142	3089,095	114,689	3550,071
S68	V2	FWH2	76,708	28,830	3,720	2639,739
S69	HX1	SP9	277,010	103,950	156,924	268,329
S7	FB1	V8	543,000	14412,128	122,661	3435,518
S70	SP9	M3	277,010	103,950	9,500	268,329
S71	M3	C3	128,873	98,150	165,804	120,362
S74	V3	FWH6	339,068	3400,000	7,972	3079,293
S75	V4	FWH5	530,163	2650,000	5,440	3527,407
S76	V5	FWH3	182,184	120,000	7,400	2838,522
S77	V6	FWH4	290,243	380,000	4,940	3046,826
S78	V7	FWH1	470,381	1890,000	3,000	3403,192
S79	AHT1	M1	183,362	1082,000	2,200	777,772
S8	SPHT1	FB1	347,055	15925,002	122,660	2500,000
S80	-	AHT1	20,000	101,325	156,924	4,502
S9	FB1	V9	543,000	3291,602	114,689	3550,071

Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών ΑΗΣ Αλιβερίου στην υπάρχουσα κατάσταση

ΚΛΑΔΟΣ	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (C)	ΠΙΕΣΗ (kPa)	ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ (kg/sec)	ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)
S1	C1	HX1	58,321	105,000	156,924	43,342
S10	ST1	SP8	339,390	3432,327	122,661	3079,293
S11	FB1	SPHT1	658,000	98,150	156,304	731,943
S12	SP5	AHT1	392,652	1082,000	2,200	3246,440
S13	ECON1	HX1	326,807	98,150	156,304	339,499
S14	HX1	M3	120,228	98,150	156,304	111,360
S15	SP9	FB1	277,010	103,950	147,424	268,329
S16	-	FB1	20,000	105,000	0,000	4,501
S17	-	PUMP3	20,000	100,000	7000,004	83,588
S18	SP7	ST9	470,493	1910,000	106,245	3403,192
S19	ST6	M1	32,531	4,903	77,731	2360,340
S2	AHT1	C1	54,150	101,325	156,924	39,112
S20	CND1	PUMP1	32,531	4,903	95,691	135,770
S21	PUMP1	FWH2	32,600	1200,000	95,691	137,272
S22	PUMP3	CND1	20,015	300,000	7000,004	83,839
S23	CND1	-	25,971	300,000	7000,004	108,757
S24	SP4	V2	79,533	46,500	3,720	2639,739
S25	C3	-	133,359	101,300	165,804	125,186
S26	FWH1	FWH5	179,025	17900,000	122,660	767,368
S27	M1	M4	32,531	4,903	88,591	2105,668
S28	PI1	SPHT2	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S29	SP3	V5	183,437	165,000	0,000	2838,522
S3	-	FB1	20,000	120,000	0,000	4,497
S30	ST8	SP7	470,493	1910,000	109,245	3403,192
S31	FWH2	FWH3	56,751	1100,000	95,699	237,993
S32	ST9	SP5	392,652	1082,000	106,245	3246,440
S33	FWH3	FWH4	56,772	1000,000	95,699	237,998
S34	SP2	V6	291,431	471,000	4,940	3046,826
S35	FWH1	M2	166,973	1701,000	16,412	706,041
S36	V1	DA1	389,657	700,000	10,554	3246,440
S37	ST3	SP1	291,431	471,000	93,491	3046,826
S38	SP2	ST4	291,431	471,000	83,451	3046,826
S39	ST4	SP3	183,437	165,000	83,451	2838,522
S4	ECON1	FB1	333,464	17500,002	122,660	1533,645
S40	SP3	ST5	183,437	165,000	81,451	2838,522
S41	ST5	SP4	79,533	46,500	81,451	2639,739
S42	SP4	ST6	79,533	46,500	77,731	2639,739
S43	SP8	PI1	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S44	ST7	SP6	531,168	2877,000	114,685	3527,407
S45	SP8	V3	339,390	3432,327	7,972	3079,293
S46	SP5	V1	392,652	1082,000	10,554	3246,440
S47	SP6	ST8	531,168	2877,000	109,245	3527,407

S48	FWH5	FWH6	208,771	17800,002	122,660	897,841
S49	SP7	V7	470,493	1910,000	3,000	3403,192
S5	SP2	-	291,431	471,000	5,000	3046,826
S50	FWH2	M1	37,600	28,830	8,660	157,096
S51	SP6	V4	531,168	2877,000	5,440	3527,407
S52	DA1	PUMP2	158,973	700,000	122,661	670,680
S53	SPHT1	SPHT2	658,000	98,150	156,304	731,943
S54	SPHT2	ECON1	658,000	98,150	156,304	731,943
S55	SPHT2	FB1	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S56	FWH6	ECON1	239,875	17700,002	122,660	1038,512
S57	PUMP2	FWH1	161,973	18000,000	122,661	693,903
S58	FWH3	FWH2	61,751	380,000	4,940	258,286
S59	FWH4	FWH3	61,774	380,000	4,940	258,381
S6	FB1	SPHT1	347,055	15925,002	122,660	2500,000
S60	FWH6	FWH5	213,771	3400,000	7,972	914,966
S61	FWH4	M2	90,816	900,000	95,694	380,526
S62	FWH5	FWH1	184,025	2650,000	13,412	781,341
S63	M2	DA1	102,136	900,000	112,106	428,181
S64	MU1	CND1	20,000	103,420	7,000	83,592
S65	SP5	ST3	392,652	1082,000	93,491	3246,440
S66	V8	ST1	540,615	13827,378	122,661	3435,518
S67	V9	ST7	542,142	3089,095	114,689	3550,071
S68	V2	FWH2	76,708	28,830	3,720	2639,739
S69	HX1	SP9	277,010	103,950	156,924	268,329
S7	FB1	V8	543,000	14412,128	122,661	3435,518
S70	SP9	M3	277,010	103,950	9,500	268,329
S71	M3	C3	128,873	98,150	165,804	120,362
S72	SP1	SP2	291,431	471,000	93,391	3046,826
S73	SP1	HX2	291,431	471,000	0,100	3046,826
S74	V3	FWH6	339,068	3400,000	7,972	3079,293
S75	V4	FWH5	530,163	2650,000	5,440	3527,407
S76	V5	FWH3	183,437	120,000	0,000	2838,522
S77	V6	FWH4	290,243	380,000	4,940	3046,826
S78	V7	FWH1	470,381	1890,000	3,000	3403,192
S79	AHT1	M1	183,362	1082,000	2,200	777,772
S8	SPHT1	FB1	347,055	15925,002	122,660	2500,000
S80	-	AHT1	20,000	101,325	156,924	4,502
S81	-	HX2	20,000	101,325	0,100	83,590
S82	HX2	-	50,000	101,325	0,100	208,942
S83	HX2	M4	230,272	471,000	0,100	2920,220
S84	M4	CND1	32,531	4,903	88,691	2106,586
S85	SP3	-	183,437	165,000	2,000	2838,522
S9	FB1	V9	543,000	3291,602	114,689	3550,071

Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών ΑΗΣ Αλιβερίου μετά την εφαρμογή των στοχοθετημένων δράσεων

ΚΛΑΔΟΣ	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (C)	ΠΙΕΣΗ (kPa)	ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ (kg/sec)	ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)
S1	C1	HX1	58,321	105,000	156,924	43,342
S10	ST1	SP8	339,390	3432,327	122,661	3079,293
S11	FB1	SPHT1	658,000	98,150	156,304	731,943
S12	SP5	AHT1	392,652	1082,000	2,200	3246,440
S13	ECON1	HX1	326,807	98,150	156,304	339,499
S14	HX1	M3	120,228	98,150	156,304	111,360
S15	SP9	FB1	277,010	103,950	147,424	268,329
S16	-	FB1	20,000	105,000	0,000	4,501
S17	-	PUMP3	20,000	100,000	7000,004	83,588
S18	SP7	ST9	470,493	1910,000	106,245	3403,192
S19	ST6	M1	32,531	4,903	79,153	2360,340
S2	AHT1	C1	54,150	101,325	156,924	39,112
S20	CND1	PUMP1	32,531	4,903	102,010	135,770
S21	PUMP1	FWH2	32,600	1200,000	102,010	137,272
S22	PUMP3	CND1	20,015	300,000	7000,004	83,839
S23	CND1	-	26,080	300,000	7000,004	109,214
S24	SP4	V2	79,533	46,500	3,720	2639,739
S25	C3	-	133,359	101,300	165,804	125,186
S26	FWH1	FWH5	179,025	17900,000	122,660	767,368
S27	M1	M4	32,531	4,903	97,413	1961,359
S28	PI1	SPHT2	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S29	SP3	V5	183,437	165,000	7,400	2838,522
S3	-	FB1	20,000	120,000	0,000	4,497
S30	ST8	SP7	470,493	1910,000	109,245	3403,192
S31	FWH2	FWH3	57,024	1100,000	102,018	239,133
S32	ST9	SP5	392,652	1082,000	106,245	3246,440
S33	FWH3	FWH4	103,435	1000,000	102,018	433,734
S34	SP2	V6	291,431	471,000	4,940	3046,826
S35	FWH1	M2	166,973	1701,000	16,412	706,041
S36	V1	DA1	389,657	700,000	4,236	3246,440
S37	ST3	SP1	291,431	471,000	99,810	3046,826
S38	SP2	ST4	291,431	471,000	91,383	3046,826
S39	ST4	SP3	183,437	165,000	91,383	2838,522
S4	ECON1	FB1	333,464	17500,002	122,660	1533,645
S40	SP3	ST5	183,437	165,000	82,873	2838,522
S41	ST5	SP4	79,533	46,500	82,873	2639,739
S42	SP4	ST6	79,533	46,500	79,153	2639,739
S43	SP8	PI1	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S44	ST7	SP6	531,168	2877,000	114,685	3527,407
S45	SP8	V3	339,390	3432,327	7,972	3079,293
S46	SP5	V1	392,652	1082,000	4,236	3246,440
S47	SP6	ST8	531,168	2877,000	109,245	3527,407

S48	FWH5	FWH6	208,771	17800,002	122,660	897,841
S49	SP7	V7	470,493	1910,000	3,000	3403,192
S5	SP2	-	291,431	471,000	3,472	3046,826
S50	FWH2	M1	37,600	28,830	16,060	157,096
S51	SP6	V4	531,168	2877,000	5,440	3527,407
S52	DA1	PUMP2	158,973	700,000	122,660	670,680
S53	SPHT1	SPHT2	658,000	98,150	156,304	731,943
S54	SPHT2	ECON1	658,000	98,150	156,304	731,943
S55	SPHT2	FB1	339,390	3432,327	114,689	3079,293
S56	FWH6	ECON1	239,875	17700,002	122,660	1038,512
S57	PUMP2	FWH1	161,973	18000,000	122,660	693,903
S58	FWH3	FWH2	62,024	120,000	12,340	259,210
S59	FWH4	FWH3	108,438	380,000	4,940	454,402
S6	FB1	SPHT1	347,055	15925,002	122,660	2500,000
S60	FWH6	FWH5	213,771	3400,000	7,972	914,966
S61	FWH4	M2	132,759	900,000	102,013	558,044
S62	FWH5	FWH1	184,025	2650,000	13,412	781,341
S63	M2	DA1	137,557	900,000	118,425	578,555
S64	MU1	CND1	20,000	103,420	4,582	83,592
S65	SP5	ST3	392,652	1082,000	99,810	3246,440
S66	V8	ST1	540,615	13827,378	122,661	3435,518
S67	V9	ST7	542,142	3089,095	114,689	3550,071
S68	V2	FWH2	76,708	28,830	3,720	2639,739
S69	HX1	SP9	277,010	103,950	156,924	268,329
S7	FB1	V8	543,000	14412,128	122,661	3435,518
S70	SP9	M3	277,010	103,950	9,500	268,329
S71	M3	C3	128,873	98,150	165,804	120,362
S72	SP1	SP2	291,431	471,000	99,795	3046,826
S73	SP1	HX2	291,431	471,000	0,016	3046,826
S74	V3	FWH6	339,068	3400,000	7,972	3079,293
S75	V4	FWH5	530,163	2650,000	5,440	3527,407
S76	V5	FWH3	182,184	120,000	7,400	2838,522
S77	V6	FWH4	290,243	380,000	4,940	3046,826
S78	V7	FWH1	470,381	1890,000	3,000	3403,192
S79	AHT1	M1	183,362	1082,000	2,200	777,772
S8	SPHT1	FB1	347,055	15925,002	122,660	2500,000
S80	-	AHT1	20,000	101,325	156,924	4,502
S81	-	HX2	20,000	101,325	0,100	83,590
S82	HX2	-	50,000	101,325	0,100	208,942
S83	HX2	M4	149,619	471,000	0,016	2230,016
S84	M4	CND1	32,531	4,903	97,428	1961,402
S85	SP3	-	183,437	165,000	1,110	2838,522
S9	FB1	V9	543,000	3291,602	114,689	3550,071

6. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

6.1. Γενικά

Η νησιωτική περιφέρεια της Κρήτης αποτελεί το μεγαλύτερο ελληνικό νησί και τη νοτιότερη περιφέρεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων με δεσπίζουσα θέση στην Νοτιοανατολική Μεσόγειο.

Η Κρήτη είναι από τις δυναμικότερες περιφέρειες της χώρας και την τελευταία εικοσαετία η ανάπτυξή της βασίστηκε πρωταρχικά στην γεωργία και τον τουρισμό, ενώ οι αναπτυξιακές της δυνατότητες υποστηρίζονται και από την υπάρχουσα υποδομή των διεθνούς κύρους Ερευνητικών και Εκπαιδευτικών της Ιδρυμάτων.

Η Κρήτη παρουσιάζει τα κοινά ενεργειακά προβλήματα των περισσότερων νησιών:

- Υψηλό κόστος ενέργειας
- Μεγάλη εξάρτηση από προϊόντα πετρελαίου
- Μικρή ασφάλεια εφοδιασμού
- Εποχιακές διακυμάνσεις ενεργειακής ζήτησης
- Αυστηροί περιορισμοί προστασίας και ανάδειξης του νησιωτικού περιβάλλοντος.

Εκτός των παραπάνω γενικών ενεργειακών χαρακτηριστικών το νησί διαθέτει μεγάλο ανεκμετάλλετο δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) καθώς και σημαντικότερα περιθώρια ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ η ενεργειακή χρήση της βιομάζας συμβάλλει σημαντικά στην τελική κατανάλωση.

Το σύστημα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργεί οριακά με μικρές ως ανύπαρκτες εφεδρείες ενώ η σημαντική αύξηση των αιχμών ζήτησης φορτίων (εποχιακές διακυμάνσεις ζήτησης που συνδέονται με τον εντατικό τουρισμό της ίδιας περιόδου) προκαλεί διακοπές παροχής ηλεκτρισμού και συνακόλουθα προβλήματα, γι' αυτό επιβάλλεται η άμεση λειτουργία νέου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή σημαντικής ενίσχυσης των υπαρχόντων.

6.1.1. Εξέλιξη κατανάλωσης

Η γρήγορη ανάπτυξη του πρωτογενούς και τριτογενούς τομέα ακολουθείται από υψηλούς ρυθμούς αύξησης της ενεργειακής ζήτησης. Η ετήσια αύξηση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 7% σε σύγκριση με 4% που είναι ο εθνικός μέσος όρος.

Η αιχμή του συστήματος έφθασε το 2005 τα 560MW και η ηλεκτρική κατανάλωση τα 2654 Gwh. Εάν ληφθεί υπόψη ότι το 1995 τα αντίστοιχα μεγέθη ήταν 303 MW και 1510 Gwh γίνεται αντιληπτή η τεράστια αύξηση της ζήτησης και η ανάγκη ενίσχυσης της παραγωγής προκειμένου το σύστημα να λειτουργεί με την απαραίτητη διαθεσιμότητα και αξιοπιστία.

6.1.2. Σημερινή κατάσταση στην ηλεκτροπαραγωγή

Η μέχρι σήμερα ενεργειακή ανάπτυξη της Κρήτης βασίστηκε στην ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μονάδες οι οποίες χρησιμοποιούν αποκλειστικά πετρέλαιο και μαζούτ. Στο νησί υπάρχουν εγκατεστημένοι τρεις σταθμοί: στα Λινοπεράματα Ηρακλείου, στην Ξυλοκαμάρα Χανίων και στον Αθρινόλακκο Λασιθίου.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στο νησί είναι 710 MW και συνίσταται από ατμοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο μαζούτ (110 MW), μία μονάδα συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο πετρέλαιο (135 MW), αεριοστρόβιλους ανοικτού κυκλώματος με καύσιμο πετρέλαιο (318 MW), μονάδες Diesel (48MW και 100MW), δύο μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς (0,6 MW) και τέλος από αιολικά πάρκα συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 105 MW.

Η μεγάλη συμμετοχή του πετρελαίου στο ενεργειακό ισοζύγιο του νησιού δημιουργεί αυξημένο κόστος παραγωγής σε σχέση με το αντίστοιχο του Εθνικού Συστήματος. Σημειώνεται ότι το 64% της εγκατεστημένης ισχύος χρησιμοποιεί ως καύσιμο ελαφρύ πετρέλαιο ενώ το υπόλοιπο 36% μαζούτ. Η πραγματική αποδιδόμενη ισχύς των παραπάνω θερμικών μονάδων είναι 580 MW, περίπου, κατά τη θερινή περίοδο και τα περιθώρια εφεδρείας είναι ελάχιστα. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν ότι υπάρχει πρόβλημα ισχύος με προφανείς δυσμενείς επιπτώσεις στην αναπτυξιακή πορεία του νησιού.

6.2. Προτεινόμενες λύσεις ενεργειακού προβλήματος

Το ενεργειακό πρόβλημα της Κρήτης έχει μελετηθεί συστηματικά. Το ζητούμενο είναι η κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τρόπο περιβαλλοντικά φιλικό. Οι εναλλακτικές λύσεις που έχουν προταθεί αφορούν σε:

Διασύνδεση της Κρήτης με το ηπειρωτικό σύστημα.

Αν και σήμερα έχουν ουσιαστικά λυθεί τα τεχνικά προβλήματα της πόντισης, δεν είναι εφικτή η διασύνδεση γιατί προϋποθέτει την ενίσχυση του δικτύου υψηλής τάσης της Πελοποννήσου με την κατασκευή γραμμών υψηλής τάσης 400KV καθώς και την αναβάθμιση του Σταθμού της Μεγαλόπολης.

Χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή σε συνδυασμό με συμβατικές μονάδες παραγωγής.

Η πρόταση αυτή δεν μπορεί από μόνη της να αποτελέσει την πλήρη λύση του προβλήματος λόγω της μεταβλητότητας που παρουσιάζουν οι ΑΠΕ για την παραγωγή αξιόπιστης ενέργειας αλλά και των τεχνικοοικονομικών περιορισμών του υπάρχοντος συστήματος.

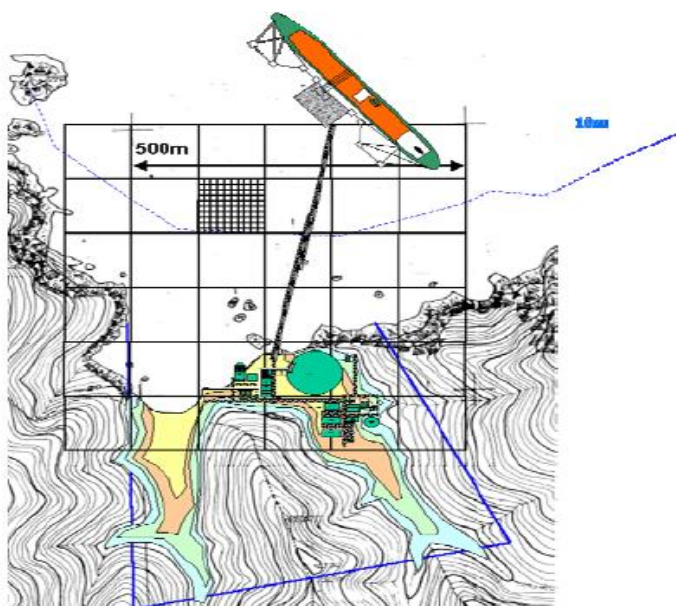
Χρήση του φυσικού αερίου για ηλεκτροπαραγωγή.

Βάσει των σημαντικών προβλημάτων που παρουσιάζουν οι υπόλοιπες περιπτώσεις, η λύση της χρήσης φυσικού αερίου για ηλεκτροπαραγωγή, με τις ΑΠΕ να παίζουν συμπληρωματικό ρόλο, φαίνεται μονόδρομος. Το σενάριο εισαγωγής φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο του νησιού αποτελεί την πλέον περιβαλλοντικά φιλική λύση ενώ διασφαλίζει χαμηλότερο κόστος παραγωγής και αντιμετωπίζει μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα το ενεργειακό πρόβλημα του νησιού. Επίσης, η λύση αυτή ανταποκρίνεται στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για αποδέσμευση από το πετρέλαιο και καθαρό περιβάλλον και συμβάλλει στην ανάπτυξη της αποκεντρωμένης παραγωγής και συμπαραγωγής με βελτιστοποίηση ολόκληρου του συστήματος.

6.2.1. Σχέδιο για τη χρήση φυσικού αερίου στην Κρήτη

Το φυσικό αέριο θα ενταχθεί στο ενεργειακό ισοζύγιο της Κρήτης, έως το 2012, με την ανάπτυξη τερματικού σταθμού εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ) στη θέση Κορακιά, στο βόρειο τμήμα του νησιού, στα όρια των Νομών Ρεθύμνης και Ηρακλείου. Η ΔΕΗ έχει ήδη άδεια για κατασκευή μονάδας ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου 250 MW στην Κορακιά (πλησίον του τερματικού σταθμού), ενώ προβλέπεται η κατασκευή και δεύτερης μονάδας 250 MW στην περιοχή, ώστε να ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του ενεργειακού κέντρου των 500 MW.

Εικόνα 6.2.1.1: Τερματικός σταθμός ΥΦΑ Κορακιάς.



Η πρώτη μονάδα της ΔΕΗ θα τεθεί σε λειτουργία στα τέλη του 2012 ενώ η δεύτερη στις αρχές του 2014. Στα τέλη του 2012, επίσης, θα μετεγκατασταθούν στο νέο σταθμό Κορακιάς τρεις αεριοστρόβιλοι, συνολικής ισχύος 86 MW, από το σταθμό των Λινοπεραμάτων, οι οποίοι θα μετατραπούν έτσι ώστε να είναι κατάλληλοι για καύση φυσικού αερίου.

Παράλληλα με τις εργασίες ανάπτυξης του σταθμού υγροποιημένου φυσικού αερίου, θα βρίσκεται σε εξέλιξη η κατασκευή δικτύου μεταφοράς φυσικού αερίου που θα συνδέσει την Κορακιά με το σταθμό της Ξυλοκαμάρας στα Χανιά. Με προοπτική ολοκλήρωσης του εν λόγω δικτύου το έτος 2012, η ΔΕΗ θα μετατρέψει την υφιστάμενη μονάδα συνδυασμένου κύκλου Χανίων (132 MW) και τρεις αεριοστροβίλους του σταθμού της Ξυλοκαμάρας (ισχύος 59 MW, 59 MW και 28 MW) έτσι ώστε να μπορεί να γίνει καύση φυσικού αερίου. Παράλληλα οι δύο αεριοστρόβιλοι των 59 MW θα μετατραπούν σε μονάδα συνδυασμένου κύκλου, ισχύος 180 MW, με την προσθήκη δύο λεβήτων ανάκτησης θερμότητας και ενός ατμοστροβίλου

Η ολοκλήρωση των μετατροπών των μονάδων της Ξυλοκαμάρας θα επιτρέψει την απόσυρση τριών αεριοστροβίλων του σταθμού συνολικής ισχύος 62 MW (14 MW, 20 MW και 28 MW) ενώ με τη θέση σε λειτουργία της πρώτης μονάδας συνδυασμένου κύκλου στην Κορακιά θα επιτραπεί η απόσυρση τεσσάρων ηλεκτροπαραγωγών ζευγών συνολικής ισχύος 42 MW από τα Λινοπεράματα.

Η λειτουργία της δεύτερης μονάδας συνδυασμένου κύκλου στην Κορακιά στις αρχές του 2014 θα επιτρέψει την απόσυρση πέντε ατμοηλεκτρικών μονάδων, συνολικής ισχύος 99 MW, και δύο αεριοστροβιλικών, συνολικής ισχύος 30 MW, από τα Λινοπεράματα και την οριστική θέση εκτός λειτουργίας του υπόψη σταθμού.

Στο σταθμό του Αθερινόλακκου λειτουργούν ήδη από το 2004 δύο σύγχρονα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη συνολικής ισχύος 102 MW, ενώ έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή δύο ατμοηλεκτρικών μονάδων συνολικής ισχύος περίπου 100 MW. Προβλέπεται, επίσης, η εγκατάσταση δύο ακόμη ηλεκτροπαραγωγών ζευγών συνολικής ισχύος 100 MW.

Η σύνδεση του σταθμού στον Αθερινόλακκο με το δίκτυο φυσικού αερίου προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί το έτος 2016. Ο σχεδιασμός των μονάδων επιτρέπει τη μετατροπή τους για καύση φυσικού αερίου.

Στα επόμενα κεφάλαια, μελετώνται τα περιθώρια βελτίωσης του βαθμού απόδοσης σε δύο από τους προαναφερθέντες σταθμούς της Κρήτης: του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων και δύο μονάδων (III και IV) του ΑΗΣ Αθερινόλακκου.

7. ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ

7.1. Χαρακτηριστικά ΘΗΣ Λινοπεραμάτων

Ο σταθμός Λινοπεραμάτων αποτελεί τον έναν από τους τρεις κύριους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ στην Κρήτη. Βρίσκεται 10 km δυτικά της πόλης του Ηρακλείου, μεταξύ της θάλασσας και του βόρειου οδικού άξονα της Κρήτης και καταλαμβάνει έκταση 172 στρεμμάτων. Ο σταθμός θεμελιώθηκε το 1963. Σήμερα λειτουργούν 15 μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 250 MW, εκ των οποίων οι 6 είναι ατμοηλεκτρικές, οι 4 ντιζελοηλεκτρικές και οι 5 αεροστροβιλικές. Ο ΑΗΣ τροφοδοτεί το δίκτυο των 66 και των 150 kV της Κρήτης.

Η ψύξη των ατμοηλεκτρικών μονάδων I, II, III, γίνεται από νερό ποταμού, ενώ οι ατμοηλεκτρικές μονάδες IV, V, VI και οι μονάδες Diesel I, II, III, IV ψύχονται με θαλάσσιο νερό. Τέλος, οι αεροστροβιλικές μονάδες είναι αερόψυκτες.

Πίνακας 7.1.1: Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά Σταθμού Λινοπεραμάτων

ΜΟΝΑΔΕΣ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΘΕΡΟΥΣ (MW)	ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ (MVA)	ΤΑΣΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (KV)
Ατμοηλεκτρικές				
I	6,25	6	8	15,75
II	15	14	18,75	15,75
III	15	14	18,75	15,75
IV	25	24	31,25	6,3
V	25	24	31,25	6,3
VI	25	24	31,25	6,3
ΣΥΝΟΛΟ	111,25	106		
Diesel				
I	12,3	10,7	16	10
II	12,3	10,7	16	10
III	12,3	10,7	16	10
IV	12,3	10,7	16	10
ΣΥΝΟΛΟ	49,2	42,8		
Αεροστροβιλικές				
I	16,2	13	18,5	6,3
II	16,2	13	18,5	6,3
III	43,3	42	60	11,5
IV	14,72	13	20	11
V	33,4	30	42	11,5
ΣΥΝΟΛΟ	123,8	111		

Εικόνα 7.1.1: ΘΗΣ Λινοπεραμάτων Ηρακλείου



7.2. Παρουσίαση μονάδων ΑΗΣ Λινοπεραμάτων

7.2.1. Περιγραφή μονάδων

Η παλαιότερη μονάδα του σταθμού των Λινοπεραμάτων είναι η μονάδα I καθώς έχει τεθεί σε λειτουργία από το 1965. Η ονομαστική ισχύς της μονάδας είναι 6,25 MW και ο βαθμός απόδοσής της προσδιορίζεται περίπου στο 23%. Ο λέβητας υποκρίσιμων πιέσεων και φυσικής κυκλοφορίας λειτουργεί χωρίς αναθέρμανση και είναι κατασκευής της εταιρίας Franco - Tosi όπως και ο ατμοστρόβιλος συμπυκνώσεως. Η παροχή του καυσίμου (μαζούτ 3.500 REDW) είναι 0,64 kg/sec και ο λόγος αέρα καύσης στην εστία του λέβητα είναι 0,15. Η μονάδα λειτουργεί τέσσερις προθερμάνσεις τροφοδοτικού νερού (τρεις κλειστού τύπου και μια ανοικτού). Η πίεση της ρυθμιστικής βαλβίδας είναι 37 bar περίπου, και η θερμοκρασία εισόδου του ατμού στο στρόβιλο είναι 460 C. Ο συμπυκνωτής της μονάδας είναι υδρόψυκτος και αντλεί το ψυκτικό μέσο από τα νερά παρακείμενου ποταμού.

Το 1971 τέθηκαν σε λειτουργία οι μονάδες II και III, των οποίων τα χαρακτηριστικά είναι ίδια. Η ονομαστική ισχύς των μονάδων είναι 15 MW και ο βαθμός απόδοσής τους προσδιορίζεται περίπου στο 33%. Οι υποκρίσιμοι λέβητες, φυσικής κυκλοφορίας, χωρίς αναθέρμανση ατμού, είναι κατασκευής του οίκου Wagner-Bird ενώ οι ατμοστρόβιλοι έχουν κατασκευαστεί από τη Siemens. Η παροχή καυσίμου είναι 1,092 kg/sec. Η προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού πριν την είσοδο του στον οικονομητήρα γίνεται σε 4 στάδια, με τη βοήθεια τριών προθερμαντών κλειστού τύπου και ενός απαιριωτή, μέχρι τη θερμοκρασία των 214 C. Η πίεση της ρυθμιστικής βαλβίδας είναι περίπου 59 bar και η θερμοκρασία εισόδου του ατμού στο στρόβιλο 485 C. Ο συμπυκνωτής της μονάδας είναι υδρόψυκτος και αντλεί το ψυκτικό μέσο από τα νερά παρακείμενου ποταμού, όπως ακριβώς και στην περίπτωση της μονάδας I του ΑΗΣ.

Τέλος, οι μονάδες V και VI λειτουργούν με λέβητες φυσικής κυκλοφορίας και υποκρίσιμων πιέσεων του οίκου Breda και ατμοστρόβιλους της εταιρίας CNR Ansaldo. Η ονομαστική ισχύς των μονάδων είναι 25 MW και ο βαθμός απόδοσής τους προσδιορίζεται περίπου στο 36%. Το 1981 ολοκληρώθηκε η κατασκευή της μονάδας V και το 1987 τέθηκε σε λειτουργία η μονάδα VI. Η παροχή καυσίμου είναι 1,663 kg/sec, οι μονάδες λειτουργούν χωρίς αναθέρμανση ατμού και με τέσσερις προθερμάνσεις τροφοδοτικού νερού (επίσης με τρεις προθερμαντήρες κλειστού και έναν ανοικτού τύπου). Η πίεση της ρυθμιστικής βαλβίδας είναι 98 bar ενώ η θερμοκρασία εισόδου του ατμού στο στρόβιλο δεν ξεπερνά τους 490 C (κατά προσέγγιση και με βάση τη μοντελοποίηση που έγινε, αφού δε δόθηκε η ακριβής τιμή από τη ΔΕΗ). Η ψύξη των μονάδων γίνεται με υδρόψυκτο συμπυκνωτή, με ψυκτικό μέσο το νερό της θάλασσας.

Επισημαίνεται ότι για τη μονάδα IV δεν έχουν δοθεί καθόλου στοιχεία από τη ΔΕΗ και για το λόγο αυτό η παρούσα διπλωματική δεν ασχολείται με τη μοντελοποίησή της.

7.2.2. Στοιχεία καυσίμου

Ο ατμοηλεκτρικός σταθμός χρησιμοποιεί καύσιμο μαζούτ με θερμογόνο ικανότητα και λοιπά στοιχεία καυσίμου τα εξής:

- Ανώτερη θερμογόνο ικανότητα (HHV): 10100 kcal/kg
- Κατώτερη θερμογόνο ικανότητα (LHV): 9500 kcal/kg
- C/H₂ : 7,7 έως 8,5
- S% κατά βάρος : 2,3 έως 2,9
- V₂O₅ λιγότερο από 60 P.P.M
- Ιξώδες στους 37,8 C : 560 έως 680 CST
- Ιξώδες στους 100 C : 25 έως 28 CST

7.2.3.Στοιχεία θερμικού κύκλου

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά τα στοιχεία που δόθηκαν από τη ΔΕΗ σχετικά με τη λειτουργία του θερμικού κύκλου του σταθμού για την ονομαστική ισχύ κάθε μονάδας.

Πίνακας 7.2.3.1: Στοιχεία θερμικού κύκλου ΑΗΣ Λινοπεραμάτων

Μονάδα	Παροχή μάζας (kg/sec)			Θερμοκρασία (C)			Πίεση (kPa)			Ενθαλπία (kJ/kg)			Ιδιοκαταναλώσεις Ηλεκτρικής ενέργειας (kW)		
	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI
Θέση															
Ατμός															
Έξοδος υπερθερμαντή (SH)	8,89	16,81	27,26	460	485		3726,53	5883,99	9800,00			3389,63			
Τύμπανο							3383,43								
Τροφοδοτικό νερό															
Είσοδος οικονομητήρα (ECO)				165	214	224						902,96			
Τροφοδοτική αντλία														220	490
Συμπύκνωμα															
Ψυγείο			19,17					4,00	5,00			2253,67			
Αντλία συμπυκνώματος														33,8	65
Αντλία ψυκτικού μέσου														130	225
Απομαστεύσεις-Προθερμάνσεις															
3			1,78												
2			2,14												
Απαεριωτής			1,16												
1			1,90												

Πίνακας 7.2.3.1 (Συνέχεια): Στοιχεία θερμικού κύκλου ΑΗΣ Λινοπεραμάτων

Μονάδα	Παροχή μάζας (kg/sec)			Θερμοκρασία (C)			Πίεση (kPa)			Ενθαλπία (kJ/kg)			Ιδιοκαταναλώσεις Ηλεκτρικής ενέργειας (kW)		
	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI	I	II,III	V,VI
Θέση															
Αέρας															
Είσοδος προθερμαντή αέρα (LUNO)	11,67			25											
Έξοδος προθερμαντή αέρα (LUNO)	10,22			250											
Αεροσυμπιεστές														135	202
Καυσαέριο															
Έξοδος εστίας				1185											
Είσοδος υπερθερμαντή (SH)	10,86			1148											
Είσοδος προθερμαντή αέρα (LUNO)	12,31			380											
Έξοδος προθερμαντή αέρα (LUNO)				185											
Έξοδος καμινάδας				167											

7.3. Μοντελοποίηση μονάδων στο GateCycle

Στόχος της μελέτης είναι η μεταβολή του βαθμού απόδοσης της κάθε μονάδας του σταθμού συναρτήσει βασικών μεταβολών που πραγματοποιούνται σε κάποια από τα εξαρτήματα του. Δεδομένου ότι δεν δόθηκαν στοχοθετημένες δράσεις από την Επιχείρηση, πραγματοποιείται μόνο η παραμετρική μελέτη για τη λειτουργία τους, η οποία και βασίζεται στη μοντελοποίηση σε συνθήκες σχεδιασμού (design). Πιο συγκεκριμένα μελετάται:

- Η αύξηση της πίεσης συμπύκνωσης
- Η αύξηση των διαφυγών ατμού-νερού
- Πιθανή βλάβη του τελευταίου ή του προτελευταίου και του προτελευταίου (ξεκινώντας από την πλευρά του συμπυκνώματος) προθερμαντή τροφοδοτικού νερού (προθερμαντές 3 και 2)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μοντελοποίηση, στο πρόγραμμα GateCycle, πάντα σε συνθήκες σχεδιασμού, αλλά και οι παραμετρικές καμπύλες κάθε μονάδας χωριστά.

Στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου παρατίθενται τα μονογραμμικά σχέδια του σταθμού ξεχωριστά για τη μονάδα I και τις II, III, V, VI (κοινός σχεδιασμός) καθώς και πίνακες που αναφέρουν λεπτομερώς τις συνθήκες σε κάθε κλάδο.

7.3.1. Μονάδα I (Μονογραμμικό Διάγραμμα 7.1)

A. Βαθμός απόδοσης σε συνθήκες σχεδιασμού – Design

Για τη μοντελοποίηση της μονάδας, έγινε χρήση των βασικών μεγεθών που δόθηκαν από την ΔΕΗ (πίνακας 7.2.3.1). Τα υπάρχοντα δεδομένα εισήχθησαν στα αντίστοιχα εξαρτήματα του προγράμματος και στη συνέχεια τα εξαρτήματα ενώθηκαν μεταξύ τους με τη χρήση κλάδων, έτσι ώστε να σχηματιστεί ο θερμικός κύκλος της εγκατάστασης. Το μοντέλο αποδίδει ισχύ 5,770 MW με βαθμό απόδοσης 22,784%.

Εισαγωγή δεδομένων

Λέβητας – Fossil boiler: Οι παράμετροι οι οποίοι ορίζουν τη λειτουργία του λέβητα είναι κυρίως:

- η παροχή καυσίμου 0,64 kg/sec, η οποία αποδίδει ατμοπαραγωγή 8,89 kg/sec
- η θερμογόνος ικανότητα (LHV) του καυσίμου 39775 kJ/kg (9500 kcal/kg)
- η θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων από το λέβητα (είσοδος οικονομητήρα) 600 C
- η θερμοκρασία εξόδου του ατμού, μετά τον υπερθερμαντή 460 C.

Τύμπανο: Ορίζεται η πίεση στο τύμπανο 3383,43 kPa.

Οικονομητήρας: Ορίζεται η ολική επιφάνεια συναλλαγής του εναλλάκτη 239,56 m², έτσι ώστε να προκύπτει μια καλή προσέγγιση της θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων από αυτόν, η οποία θα πρέπει να είναι 380 C, αλλά και της θερμοκρασίας εξόδου των καυσαερίων από την καμινάδα (167 C).

Προθερμαντής αέρα με καυσαέριο – LUVO: Η επιφάνεια συναλλαγής του luno ορίζεται 451,72 m² και με τον τρόπο αυτό προκύπτει θερμοκρασία εξόδου αέρα 250 C.

Ατμοστρόβιλος: Ο στρόβιλος έχει σχεδιαστεί στο πρόγραμμα έτσι ώστε σε κάθε απομάστευση ατμού να αντιστοιχεί και μια «βαθμίδα». Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης έχει ορισθεί στο 62%. Χρησιμοποιούνται, επίσης, splitters, δηλαδή εξαρτήματα τα οποία διαχωρίζουν τη ροή σε κύρια και σε ροή απομάστευσης. Οι παροχές που διακινούν τα splitters επιλέχθηκαν έτσι ώστε να επιτυγχάνεται θερμοκρασία εισόδου τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα 165 C, εφόσον δε δίνονται περαιτέρω στοιχεία παροχών απομαστεύσεων.

Συμπυκνωτής: Ορίζεται η πίεση συμπύκνωσης (κενό ψυγείου) 6 kPa.

Προθερμαντές νερού: Με τις παροχές των απομαστεύσεων ορισμένες από τα splitters οι εναλλάκτες αυτοί προθερμαίνουν το τροφοδοτικό νερό, που εισέρχεται στον eco, με θερμοκρασία 165 C.

Απαεριωτής: Η πίεση λειτουργίας του τροφοδοτικού δοχείου ορίσθηκε στα 300 kPa.

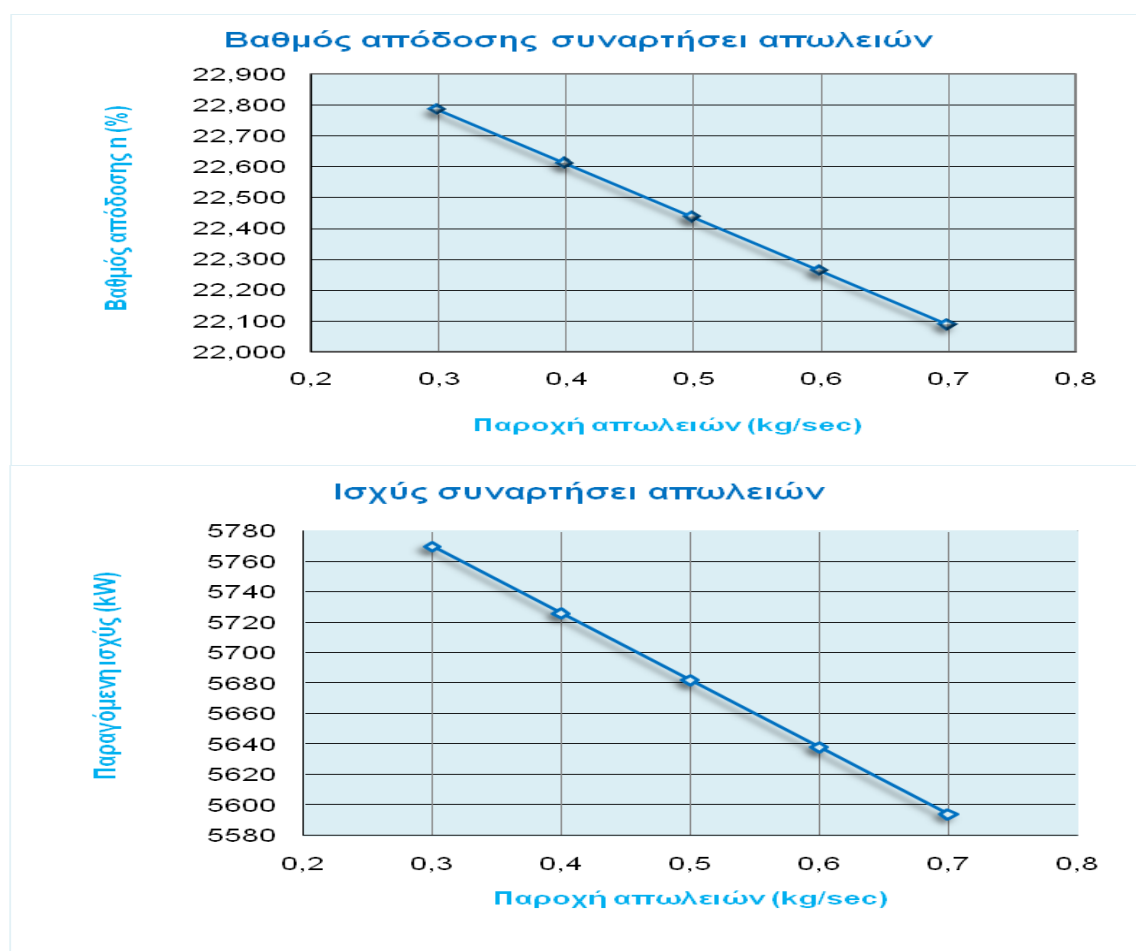
B. Παραμετρική μελέτη

Μεταβολή διαφυγών ατμού-νερού

Οι παραμετρικές καμπύλες παρουσιάζουν τη μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης για τιμές παροχής διαφυγών αυξανόμενες από 0,3 έως 0,7 kg/sec, όπου η τιμή 0,3 kg/sec αφορά τη μοντελοποίηση σε συνθήκες σχεδιασμού της μονάδας. Η επιλογή της τιμής 0,3 kg/sec, ελλείψει στοιχείων για τον ακριβή προσδιορισμό της, προέκυψε αναλογικά με τις ήδη γνωστές τιμές του ΑΗΣ Αλιβερίου. Από την καμπύλη προκύπτει ότι για κάθε αύξηση 0,1 kg/sec στις απώλειες του θερμικού κύκλου, η ισχύς μειώνεται κατά 44 kW ενώ η αντίστοιχη πτώση του βαθμού απόδοσης είναι 0,174%. Αν υποθεθεί ότι η παρούσα κατάσταση της μονάδας είναι παρόμοια με αυτήν του Αλιβερίου, εκτιμάται ότι οι διαφυγές είναι σήμερα αυξημένες κατά τουλάχιστον 30%, περίπου στα 0,4 kg/sec. Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα, υπάρχει μείωση της ισχύος κατά 44 kW, κάτι το οποίο μεταφράζεται σε πτώση του βαθμού απόδοσης κατά 0,174%.

Διάγραμμα 7.3.1.1: Παραμετρική μελέτη διαφυγών ατμού – νερού

m (kg/s)	P (kW)	n (%)
0,30	5770	22,784
0,40	5726	22,610
0,50	5682	22,436
0,60	5638	22,262
0,70	5594	22,088



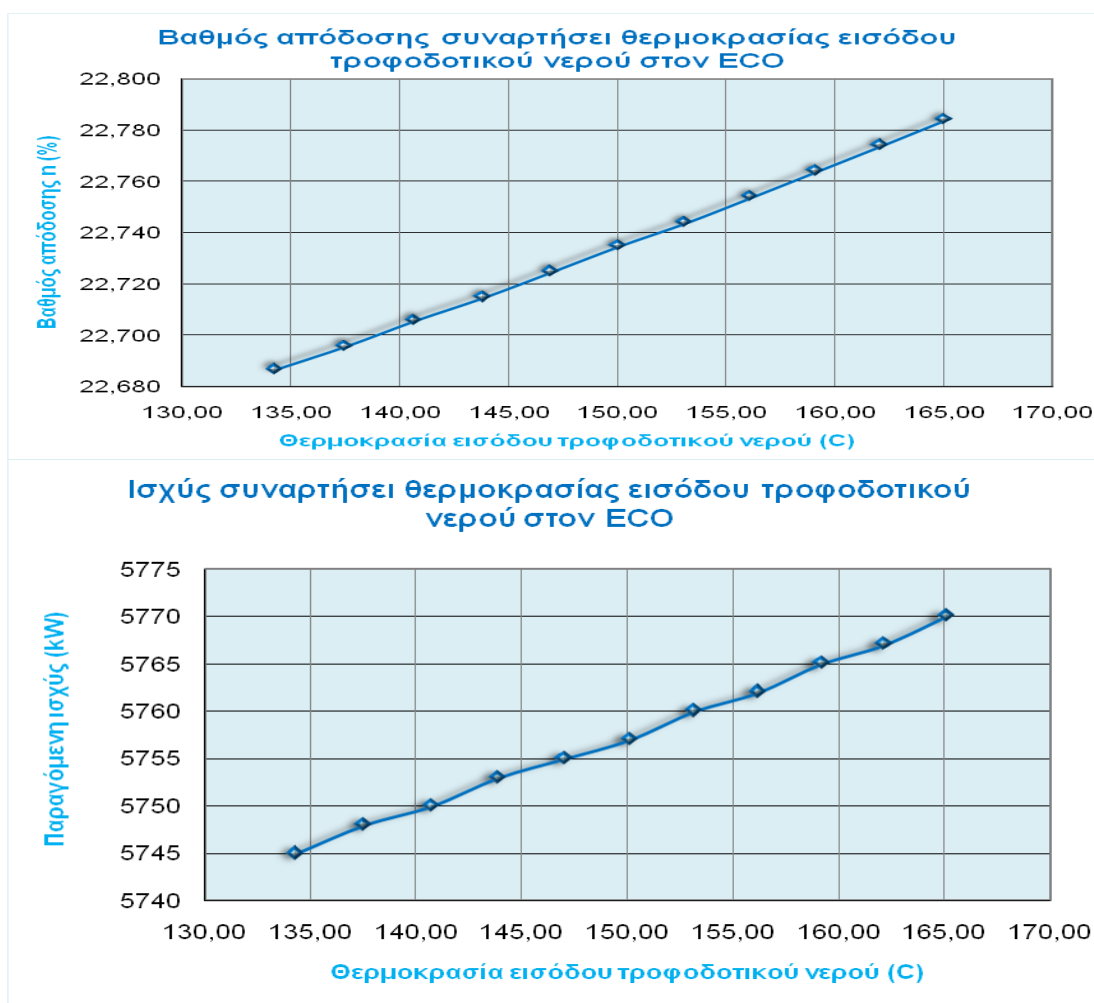
Μεταβολή παροχής απομάστευσης στον προθερμαντή 3 (FWH6)

Στον τελευταίο κατά σειρά προθερμαντή γίνεται μεταβολή της παροχής απομάστευσης από 0 έως 0,45 kg/sec. Η μεταβολή αυτή έχει ως βασικό αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας εισόδου του τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα. Αυτό συνεπάγεται μείωση της απόδοσης της μονάδας, καθώς δαπανάται περισσότερη ενέργεια στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας του λέβητα, ώστε ο ατμός να αποκτήσει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά (πίεση, θερμοκρασία, ενθαλπία) στην είσοδο του ατμοστροβίλου. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε να παρουσιαστούν οι καμπύλες μεταβολής συναρτήσεως της εν λόγω θερμοκρασίας εισόδου.

Πιθανή βλάβη του προθερμαντή 3 κοστίζει περίπου 0,1% στον βαθμό απόδοσης της μονάδας και 25 kW σε ισχύ.

Διάγραμμα 7.3.1.2: Παραμετρική μελέτη παροχής προθερμαντή 3

T (C)	P (KW)	n (%)	m ₃ (kg/s)
134,31	5745	22,687	0
137,54	5748	22,696	0,045
140,72	5750	22,706	0,09
143,88	5753	22,715	0,135
147,00	5755	22,725	0,18
150,09	5757	22,735	0,225
153,14	5760	22,744	0,27
156,16	5762	22,754	0,315
159,14	5765	22,764	0,36
162,10	5767	22,774	0,405
165,02	5770	22,784	0,45



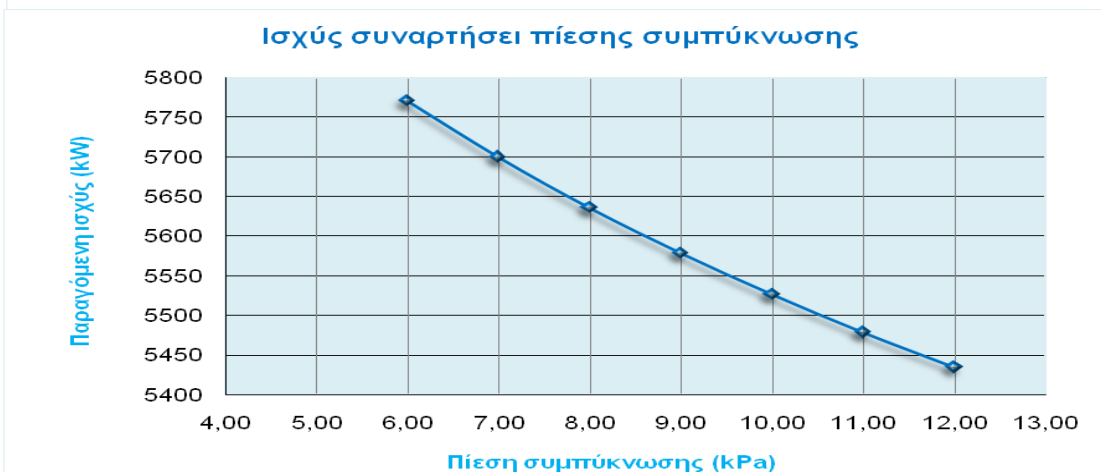
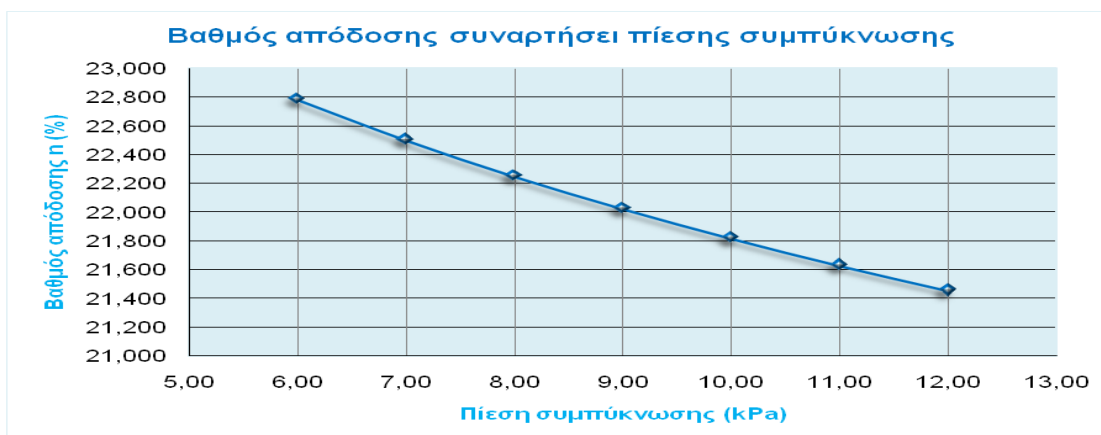
Μεταβολή πίεσης συμπυκνωτή

Είναι γνωστό ότι αν μειωθεί η πίεση στον συμπυκνωτή, δηλαδή αυξηθεί το κενό, τότε αυξάνεται η διαθέσιμη ενθαλπική πτώση για δεδομένη πίεση τροφοδοσίας και το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού απόδοσης. Μεταβολές στο κενό μπορούν να προκύψουν είτε από αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού ψύξης, λόγω αλλαγών θερμοκρασίας περιβάλλοντος, είτε από αλλαγές της κατάστασης του συμπυκνωτή (π.χ. επικαθίσεις). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αυξήθηκε το κενό ψυγείου σταδιακά από τα 6 έως τα 12 kPa, έτσι ώστε να μελετηθεί η μείωση του βαθμού απόδοσης.

Παρατηρείται από τις τιμές του διαγράμματος ότι για κάθε αύξηση 1 kPa στο συμπυκνωτή, υπάρχει απώλεια από 71 έως 44 kW, ενώ η συνολική πτώση της ισχύος είναι 336 kW και ο βαθμός απόδοσης της μονάδας μειώνεται 1,328% αν η πίεση του συμπυκνωτή μεταβληθεί από 6 σε 12 kPa.

Διάγραμμα 7.3.1.3: Παραμετρική μελέτη πίεσης συμπύκνωσης

p (kPa)	P (kW)	η (%)
6	5770	22,784
7	5699	22,502
8	5635	22,250
9	5578	22,025
10	5526	21,819
11	5478	21,630
12	5434	21,456



7.3.2. ΜΟΝΑΔΑ II, III (Μονογραμμικό Διάγραμμα 7.2)

A. Βαθμός απόδοσης σε συνθήκες σχεδιασμού – Design

Όπως ακριβώς και στην περίπτωση της μονάδας I, για τη μοντελοποίηση έγινε χρήση των βασικών μεγεθών που δόθηκαν από την ΔΕΗ (πίνακας 7.2.3.1). Υλοποιήθηκε ο θερμικός κύκλος της εγκατάστασης και το μοντέλο αποδίδει ισχύ 14,220 MW με βαθμό απόδοσης 32,739%.

Εισαγωγή δεδομένων

Λέβητας – Fossil boiler: Οι παράμετροι οι οποίοι ορίζουν τη λειτουργία του λέβητα είναι κυρίως:

- η παροχή καυσίμου 1,09 kg/sec, η οποία αποδίδει ατμοπαρογωγή 16,81 kg/sec
- η θερμογόνος ικανότητα (LHV) του καυσίμου 39775 kJ/kg (9500 kcal/kg)
- η θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων από το λέβητα (είσοδος οικονομητήρα) 650 C
- η θερμοκρασία εξόδου του ατμού, μετά τον υπερθερμαντή 485 C.

Οικονομητής: Ορίζεται η ολική επιφάνεια συναλλαγής του εναλλάκτη 439,39 m², έτσι ώστε να προκύπτει μια καλή προσέγγιση της θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων από αυτόν.

Προθερμαντής αέρα με καυσάεριο – LUVO: Η επιφάνεια συναλλαγής του luno ορίζεται 1013,1 m².

Ατμοστρόβιλος: Ο στρόβιλος έχει σχεδιαστεί στο πρόγραμμα έτσι ώστε σε κάθε απομάστευση ατμού να αντιστοιχεί και μια «βαθμίδα». Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης έχει ορισθεί στο 87,5%. Χρησιμοποιούνται, επίσης, splitters, δηλαδή εξαρτήματα τα οποία διαχωρίζουν τη ροή σε κύρια και σε ροή απομάστευσης. Οι παροχές που διακινούν τα splitters επιλέχθηκαν έτσι ώστε να επιτυγχάνεται θερμοκρασία εισόδου τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα 214 C.

Συμπυκνωτής: Ορίζεται η πίεση συμπύκνωσης (κενό ψυγείου) 4 kPa.

Προθερμαντές νερού: Με τις παροχές των απομαστεύσεων ορισμένες από τα splitters οι εναλλάκτες αυτοί προθερμαίνουν το τροφοδοτικό νερό, που εισέρχεται στον eco, με θερμοκρασία 214 C.

Απαερωτής: Η πίεση λειτουργίας του τροφοδοτικού δοχείου ορίσθηκε στα 330 kPa.

Αντλίες: Με σκοπό να αποδίδονται στο ενεργειακό ισοζύγιο της μονάδας οι τιμές ιδιοκατανάλωσης των αντλιών, ορίζονται ο ισεντροπικός βαθμός και η πίεση τους. Συγκεκριμένα, οι τιμές που χρησιμοποιούνται είναι:

- Αντλία τροφοδοτικού νερού: $n_{is}=0,78$, $p=9800$ kPa
- Αντλία συμπυκνώματος: $n_{is}=0,82$, $p=2050$ kPa
- Αντλία ψυκτικού μέσου: $n_{is}=0,80$, $p=115$ kPa

Αεροσυμπιεστές: Προκειμένου να υπάρξουν συγκεκριμένες τιμές ιδιοκαταναλώσεως για τους δύο συμπιεστές που χρησιμοποιούνται ορίζονται $n_{is}=0,79$, $p=105$ kPa.

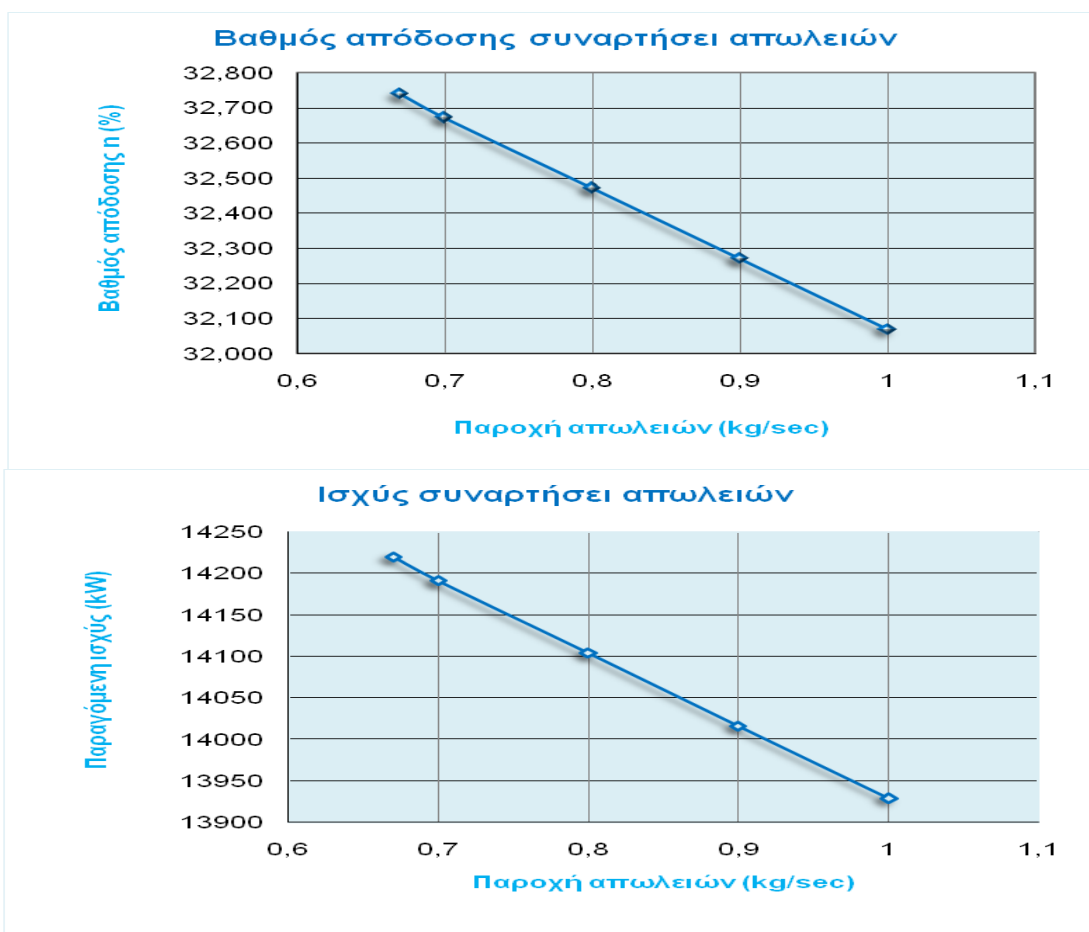
B. Παραμετρική μελέτη

Μεταβολή διαφυγών ατμού-νερού

Οι παραμετρικές καμπύλες παρουσιάζουν τη μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης για τιμές παροχής διαφυγών αυξανόμενες από 0,67 έως 1,0 kg/sec, όπου η τιμή 0,67 kg/sec αφορά τη μοντελοποίηση σε συνθήκες σχεδιασμού της μονάδας. Η επιλογή της τιμής 0,67 kg/sec, ελλείπει στοιχείων για τον ακριβή προσδιορισμό της, προέκυψε αναλογικά με τις ήδη γνωστές τιμές του ΑΗΣ Αλιβερίου, ακριβώς όπως και στη μονάδα Ι του ΑΗΣ. Από την καμπύλη προκύπτει ότι για κάθε αύξηση 0,1 kg/sec στις απώλειες του θερμικού κύκλου, η ισχύς μειώνεται κατά 87 kW ενώ η αντίστοιχη πτώση του βαθμού απόδοσης είναι 0,200%. Αν υποθεθεί ότι η παρούσα κατάσταση της μονάδας είναι παρόμοια με αυτήν του Αλιβερίου, εκτιμάται ότι οι διαφυγές είναι σήμερα αυξημένες κατά τουλάχιστον 30%, περίπου στα 0,87 kg/sec. Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα, υπάρχει μείωση της ισχύος κατά 178 kW, κάτι το οποίο μεταφράζεται σε πτώση του βαθμού απόδοσης κατά 0,409% (ο υπολογισμός έγινε προσεγγιστικά με γραμμική παρεμβολή).

Διάγραμμα 7.3.2.1: Παραμετρική μελέτη διαφυγών ατμού – νερού

m (kg/s)	P (MW)	η (%)
0,67	14220	32,739
0,70	14191	32,671
0,80	14104	32,471
0,90	14016	32,270
1,00	13929	32,069



Μεταβολή παροχής απομάστευσης στους προθερμαντές 3 και 2 (FWH6, FWH5)

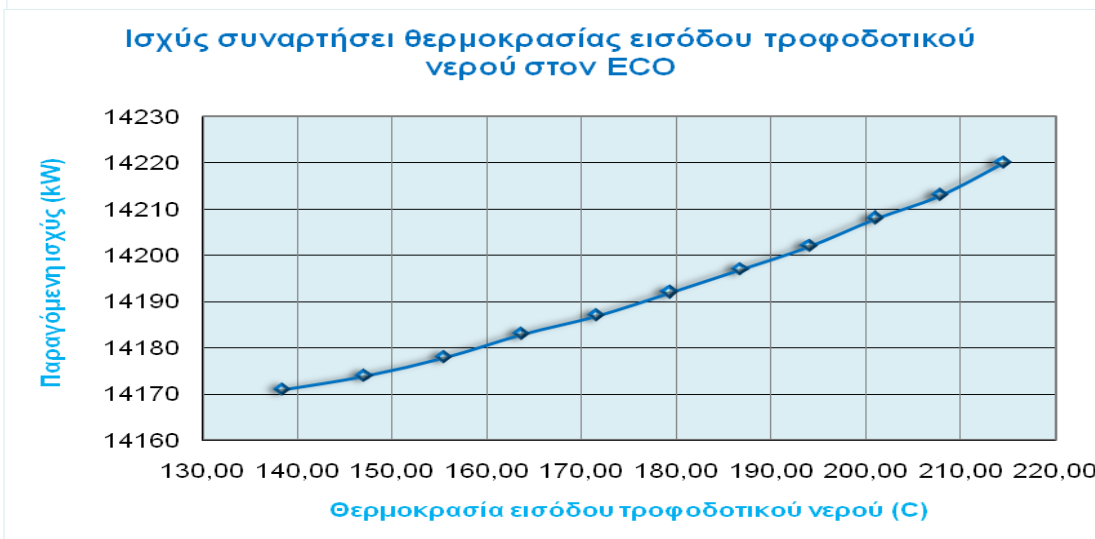
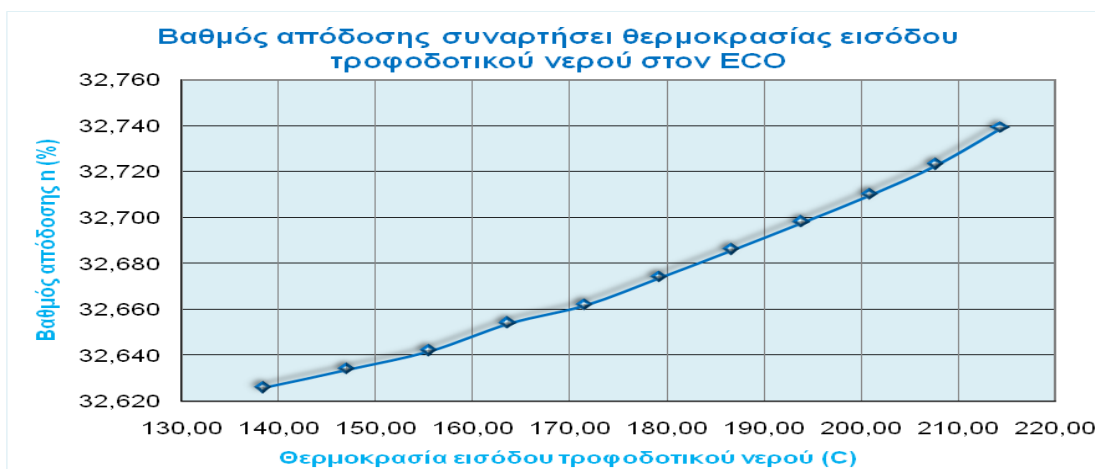
Για καλύτερη εποπτεία του αποτελέσματος, λόγω μικρών μεταβολών, γίνεται μεταβολή της παροχής στους δύο τελευταίους προθερμαντές. Στον τελευταίο, κατά σειρά, προθερμαντή γίνεται μεταβολή της παροχής απομάστευσης από 0 έως 1,3 kg/sec ενώ στον προθερμαντή 2 η παροχή μεταβάλλεται από 0 έως 0,82 kg/sec. Όπως και σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις οι μεταβολές αυτές έχουν ως βασικό αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας εισόδου του τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα. Αυτό συνεπάγεται μείωση της απόδοσης της μονάδας.

Επιλέχθηκε, και σε αυτή την περίπτωση, να παρουσιαστούν οι καμπύλες μεταβολής συναρτήσεως της θερμοκρασίας εισόδου.

Επομένως, πιθανή βλάβη των προθερμαντών 3 και 2 κοστίζει 0,113% στον βαθμό απόδοσης της μονάδας και 49 kW σε ισχύ.

Διάγραμμα 7.3.2.2: Παραμετρική μελέτη παροχής προθερμαντών 3 και 2

T (C)	P (kW)	n (%)	m ₃ (kg/s)	m ₂ (kg/s)
138,50	14171	32,626	0	0
147,16	14174	32,634	0,13	0,082
155,56	14178	32,642	0,26	0,164
163,71	14183	32,654	0,39	0,246
171,62	14187	32,662	0,52	0,328
179,29	14192	32,674	0,65	0,41
186,74	14197	32,686	0,78	0,492
193,97	14202	32,698	0,91	0,574
200,98	14208	32,710	1,04	0,656
207,78	14213	32,723	1,17	0,738
214,38	14220	32,739	1,3	0,82



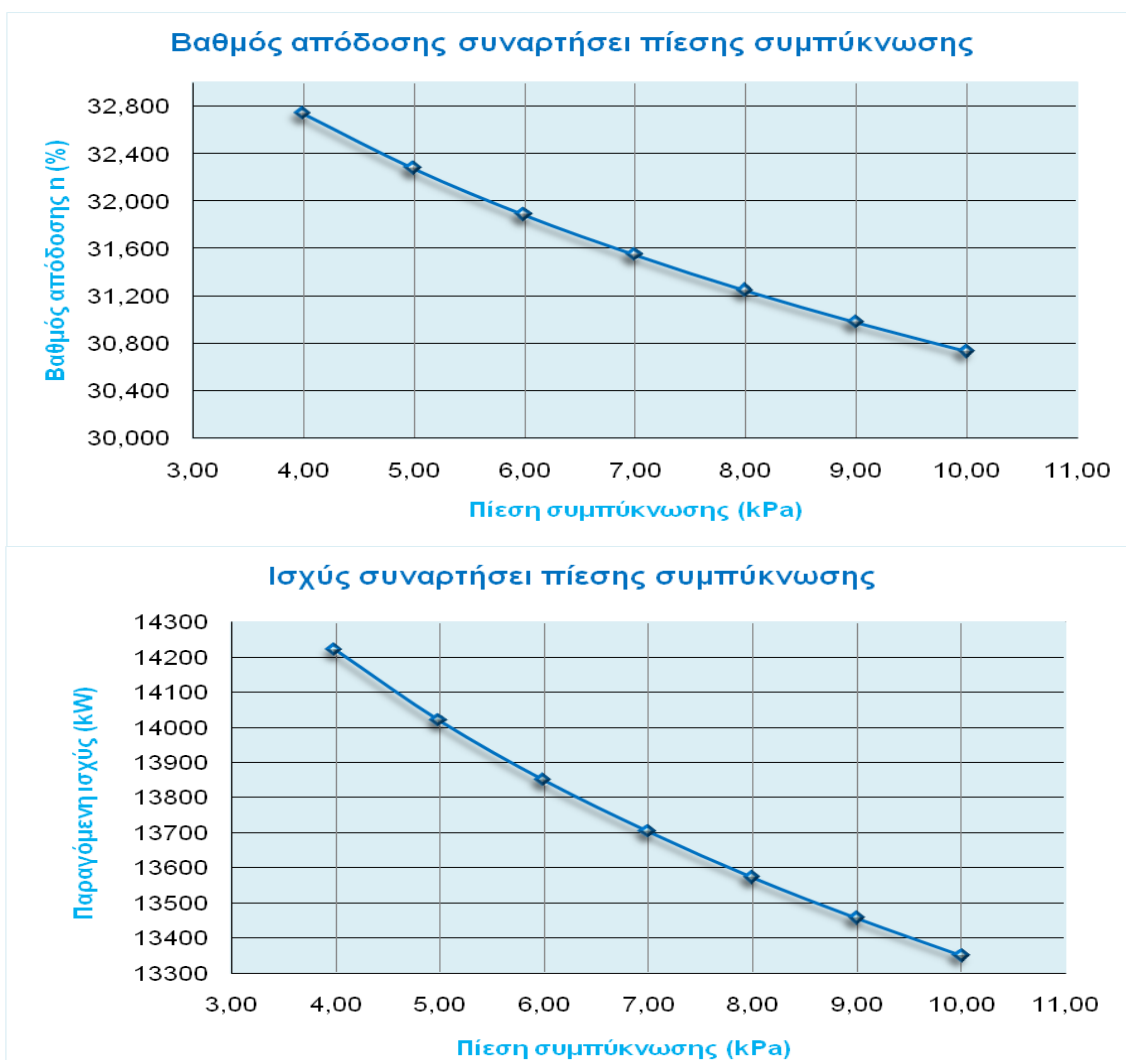
Μεταβολή πίεσης συμπυκνωτή

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αυξήθηκε το κενό ψυγείου σταδιακά από τα 4 έως τα 10 kPa, έτσι ώστε να μελετηθεί η μείωση του βαθμού απόδοσης.

Παρατηρείται από τις τιμές του διαγράμματος ότι για κάθε αύξηση 1 kPa στο συμπυκνωτή, υπάρχει απώλεια από 202 έως 106 kW, ενώ η συνολική πτώση της ισχύος είναι 870 kW και ο βαθμός απόδοσης της μονάδας σημειώνει μείωση κατά 2,004%, αν το κενό του ψυγείου από 4 σε 10 kPa.

Διάγραμμα 7.3.2.3: Παραμετρική μελέτη πίεσης συμπύκνωσης

p (kPa)	P (kW)	η (%)
4	14220	32,739
5	14018	32,275
6	13849	31,884
7	13703	31,548
8	13572	31,247
9	13456	30,979
10	13350	30,735



7.3.3. ΜΟΝΑΔΑ V, VI (Μονογραμμικό Διάγραμμα 7.2)

A. Βαθμός απόδοσης σε συνθήκες σχεδιασμού – Design

Για τη μοντελοποίηση των μονάδων V, VI έγινε χρήση των βασικών μεγεθών που δόθηκαν από την ΔΕΗ (πίνακας 7.2.3.1). Σχηματίζεται ο θερμικός κύκλος της εγκατάστασης και το μοντέλο αποδίδει ισχύ 23,897 MW με βαθμό απόδοσης 36,127%.

Εισαγωγή δεδομένων

Λέβητας – Fossil boiler: Οι παράμετροι οι οποίοι ορίζουν τη λειτουργία του λέβητα είναι κυρίως:

- η παροχή καυσίμου 1,66 kg/sec, η οποία αποδίδει αμοπαρογωγή 27,26 kg/sec
- η θερμογόνος ικανότητα (LHV) του καυσίμου 39775 kJ/kg (9500 kcal/kg)
- η θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων από το λέβητα (είσοδος οικονομητήρα) 778 C
- η θερμοκρασία εξόδου του ατμού, μετά τον υπερθερμαντή 450 C.

Οικονομητήρας: Ορίζεται η ολική επιφάνεια συναλλαγής του εναλλάκτη 1367,1 m², έτσι ώστε να προκύπτει μια καλή προσέγγιση της θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων από αυτόν και εν συνεχεία από την καμινάδα.

Προθερμαντής αέρα με καυσάεριο – LUVO: Η επιφάνεια συναλλαγής του luvo ορίζεται 930,29 m².

Ατμοστρόβιλος: Ο στρόβιλος έχει σχεδιαστεί στο πρόγραμμα έτσι ώστε σε κάθε απομάστευση ατμού να αντιστοιχεί και μια «βαθμίδα». Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης έχει ορισθεί στο 93,5%. Χρησιμοποιούνται, επίσης, splitters, δηλαδή εξαρτήματα τα οποία διαχωρίζουν τη ροή σε κύρια και σε ροή απομάστευσης, βάσει των παροχών που προβλέπονται από τα δεδομένα (πίνακας 8.A.α).

Συμπυκνωτής: Ορίζεται η πίεση συμπύκνωσης (κενό ψυγείου) 5 kPa.

Προθερμαντές νερού: Με τις παροχές των απομαστεύσεων ορισμένες από τα splitters οι εναλλάκτες αυτοί προθερμαίνουν το τροφοδοτικό νερό, που εισέρχεται στον eco, με θερμοκρασία 224 C.

Απαεριοτής: Η πίεση λειτουργίας του τροφοδοτικού δοχείου ορίσθηκε στα 330 kPa.

Αντλίες: Με σκοπό να αποδίδονται στο ενεργειακό ισοζύγιο της μονάδας οι τιμές ιδιοκατανάλωσης των αντλιών, ορίζονται ο ισεντροπικός βαθμός και η πίεση τους. Συγκεκριμένα, οι τιμές που χρησιμοποιούνται είναι:

- Αντλία τροφοδοτικού νερού: $n_{is}=0,82$, $p=14000$ kPa
- Αντλία συμπυκνώματος: $n_{is}=0,82$, $p=2500$ kPa
- Αντλία ψυκτικού μέσου: $n_{is}=0,80$, $p=123,5$ kPa

Αεροσυμπιεστές: Προκειμένου να υπάρξουν συγκεκριμένες τιμές ιδιοκαταναλώσεως για τους δύο συμπιεστές που χρησιμοποιούνται, ορίζεται $n_{is}=0,79$ και $n_{is}=0,80$, $p=103,4$ kPa και $p=100,3$ kPa αντίστοιχα για συμπιεστή εισόδου και εξόδου.

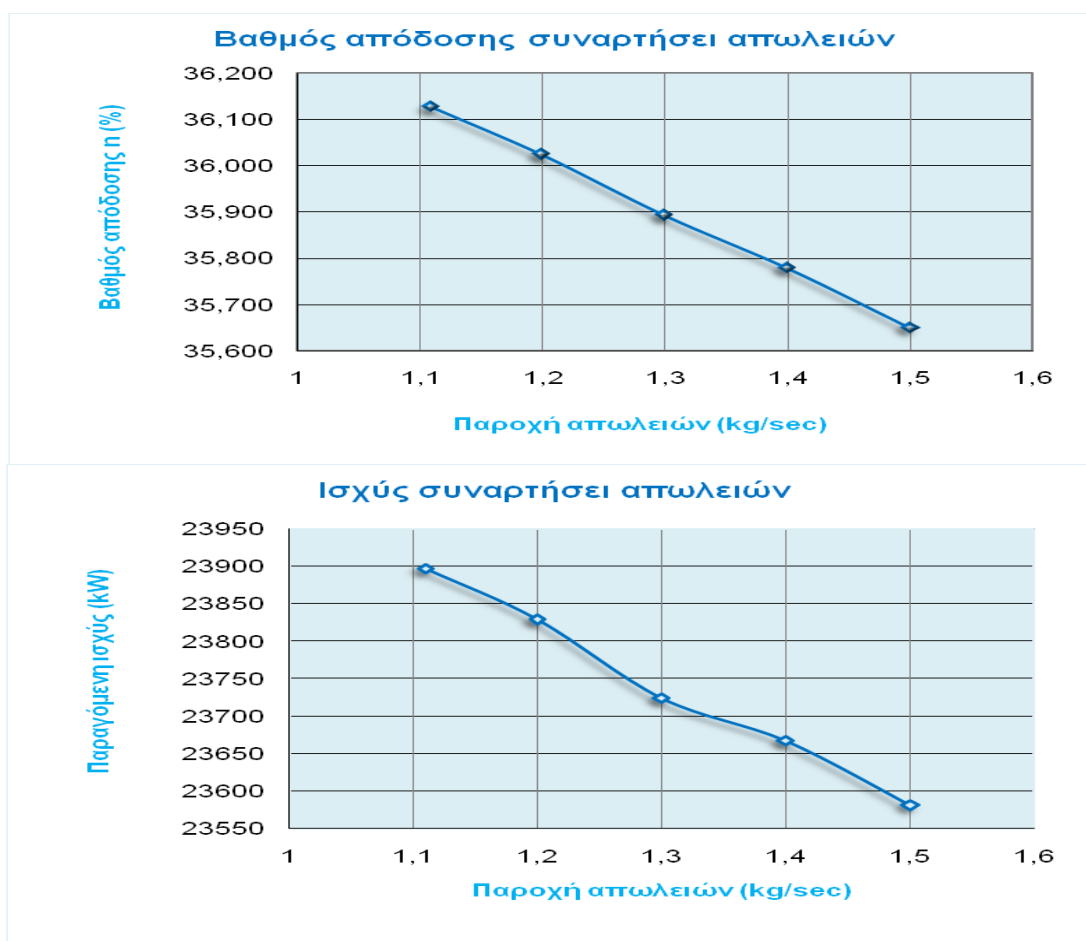
Β. Παραμετρική μελέτη

Μεταβολή διαφυγών ατμού-νερού

Οι παραμετρικές καμπύλες παρουσιάζουν τη μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης για τιμές παροχής διαφυγών αυξανόμενες από 1,11 έως 1,5 kg/sec, όπου η τιμή 1,11 kg/sec αφορά τη μοντελοποίηση σε συνθήκες σχεδιασμού της μονάδας. Η επιλογή της τιμής 1,11 kg/sec έγινε βάσει των δεδομένων του πίνακα 7.2.3.1 για συγκεκριμένες παροχές απομάστευσης προς τους προθερμαντές και το ψυγείο. Από την καμπύλη προκύπτει ότι για κάθε αύξηση 0,1 kg/sec στις απώλειες του θερμικού κύκλου, η ισχύς μειώνεται κατά 105 kW ενώ η αντίστοιχη πτώση του βαθμού απόδοσης είναι 0,131%. Αν υποθεθεί ότι η παρούσα κατάσταση της μονάδας είναι παρόμοια με αυτήν του Αλιβερίου, εκτιμάται ότι οι διαφυγές είναι σήμερα αυξημένες κατά τουλάχιστον 30%, περίπου στα 1,44 kg/sec. Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα, υπάρχει μείωση της ισχύος κατά 268 kW, κάτι το οποίο μεταφράζεται σε πτώση του βαθμού απόδοσης κατά 0,405% (ο υπολογισμός έγινε προσεγγιστικά με γραμμική παρεμβολή).

Διάγραμμα 7.3.3.1: Παραμετρική μελέτη διαφυγών ατμού – νερού

m (kg/s)	P (kW)	n (%)
1,11	23897	36,127
1,20	23829	36,024
1,30	23724	35,893
1,40	23667	35,779
1,50	23581	35,650



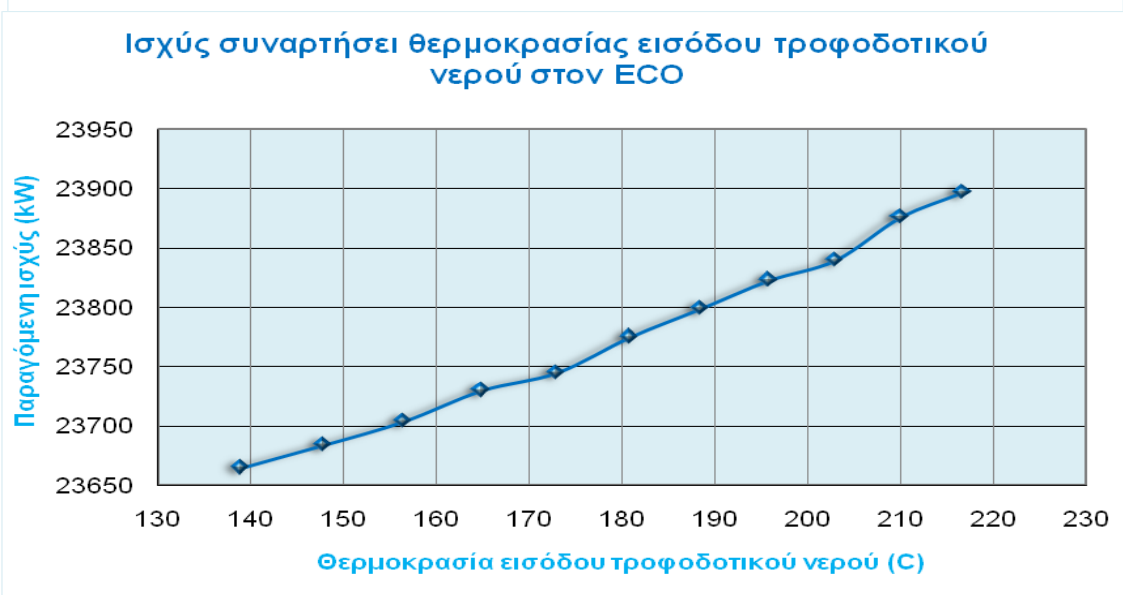
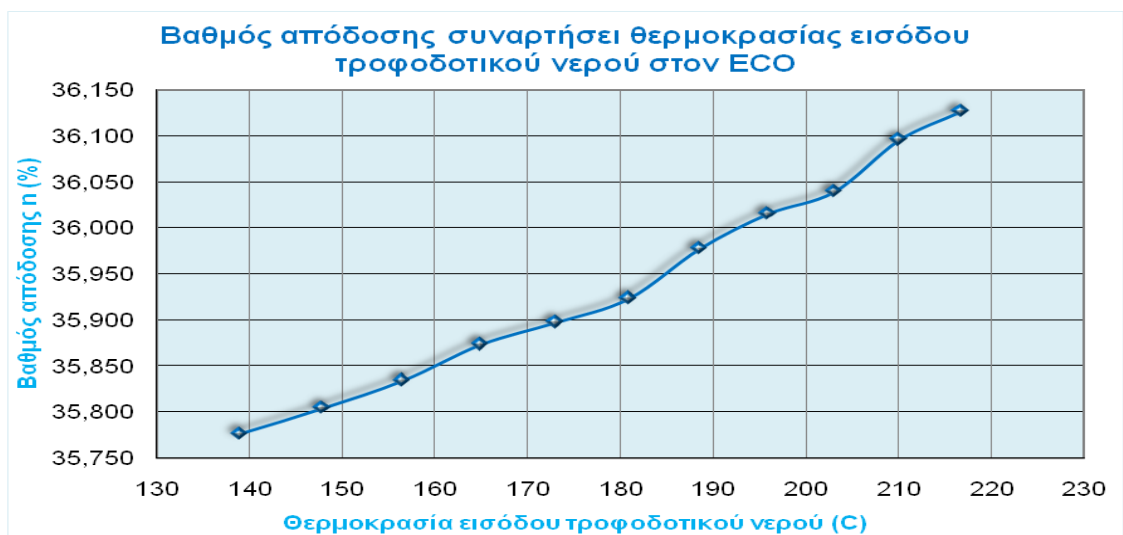
Μεταβολή παροχής απομάστευσης στους προθερμαντές 3 και 2 (FWH6, FWH5)

Για καλύτερη εποπτεία του αποτελέσματος, λόγω μικρών μεταβολών, γίνεται μεταβολή της παροχής στους δύο τελευταίους προθερμαντές. Στον τελευταίο, κατά σειρά, προθερμαντή γίνεται μεταβολή της παροχής απομάστευσης από 0 έως 1,78 kg/sec ενώ στον προθερμαντή 2 η παροχή μεταβάλλεται από 0 έως 2,13 kg/sec.

Άρα κάθε πιθανή βλάβη των προθερμαντών 3 και 2 κοστίζει 0,35% στον βαθμό απόδοσης της μονάδας και 232 kW σε ισχύ.

Διάγραμμα 7.3.3.2: Παραμετρική μελέτη παροχής προθερμαντών 3 και 2

T (C)	P (kW)	η (%)	m_3 (kg/s)	m_2 (kg/s)
138,99	23665	35,777	0	0
147,90	23684	35,805	0,178	0,214
156,53	23704	35,835	0,356	0,428
164,90	23730	35,874	0,534	0,642
173,00	23745	35,898	0,712	0,856
180,87	23775	35,924	0,89	1,07
188,49	23799	35,978	1,068	1,284
195,88	23823	36,016	1,246	1,498
203,02	23840	36,040	1,424	1,712
209,98	23876	36,096	1,602	1,926
216,65	23897	36,127	1,78	2,14



Μεταβολή πίεσης συμπυκνωτή

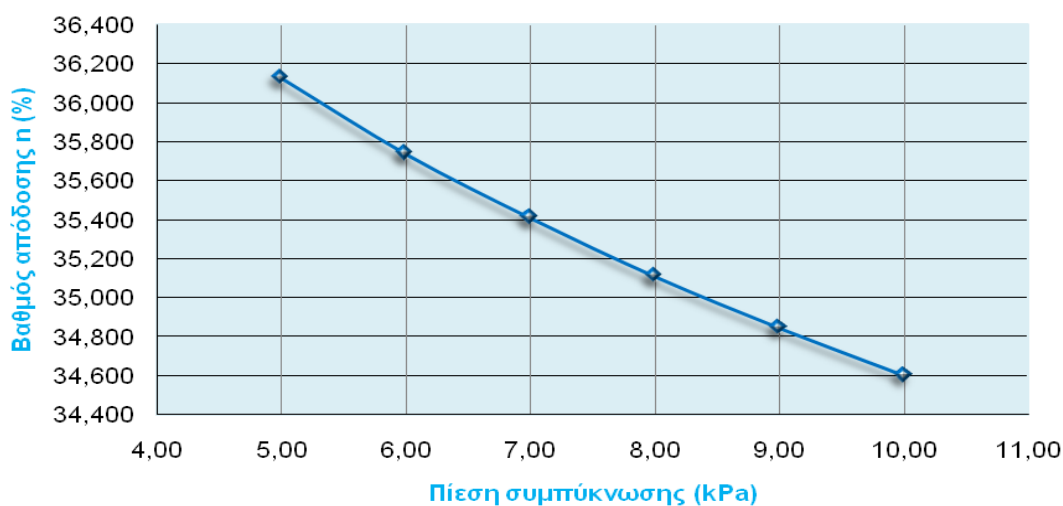
Σημειώνεται αύξηση της πίεσης συμπύκνωσης σταδιακά από τα 5 έως τα 10 kPa, έτσι ώστε να μελετηθεί η μείωση του βαθμού απόδοσης.

Παρατηρείται από τις τιμές του διαγράμματος ότι για κάθε αύξηση 1 kPa στο συμπυκνωτή, υπάρχει απώλεια από 257 έως 161 kW, ενώ η συνολική πτώση της ισχύος είναι 1007 kW και ο βαθμός απόδοσης της μονάδας σημειώνει μείωση κατά 1,523%, για μεταβολή του κενού του ψυγείου από 5 έως 10 kPa.

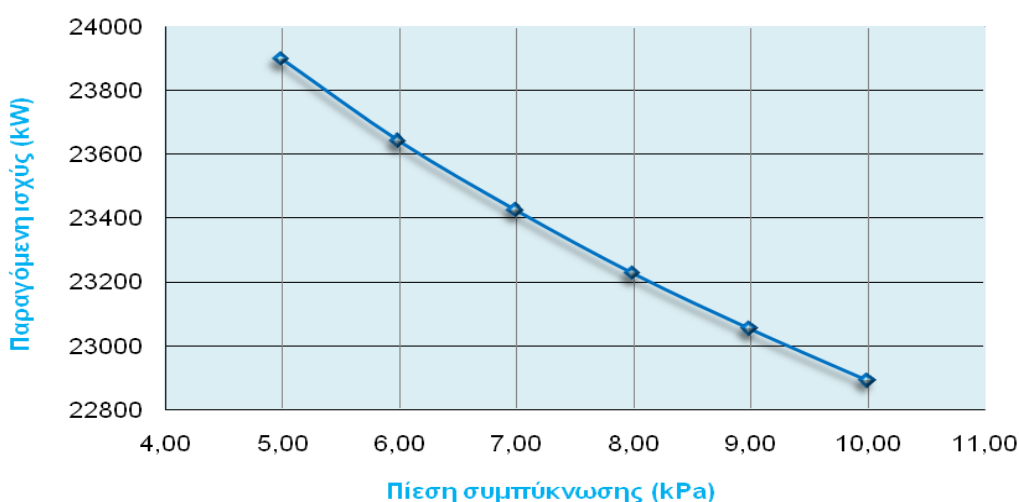
Διάγραμμα 7.3.3.3: Παραμετρική μελέτη πίεσης συμπύκνωσης

p (kPa)	P (kW)	η (%)
5,00	23897	36,127
6,00	23640	35,739
7,00	23423	35,411
8,00	23225	35,112
9,00	23051	34,848
10,00	22890	34,604

Βαθμός απόδοσης συναρτήσει πίεσης συμπύκνωσης



Ισχύς συναρτήσει πίεσης συμπύκνωσης



7.4. Γενικά Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη γίνεται προσπάθεια, ελλείψει βασικών δεδομένων, να προσεγγιστεί ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν κάποιες μεταβολές βασικών παραμέτρων του θερμικού κύκλου, την ισχύ και το βαθμό απόδοσης των μονάδων του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων.

Εφόσον δε δόθηκαν στοχοθετημένες δράσεις από τη ΔΕΗ, τα συμπεράσματα εξήχθησαν αποκλειστικά από τις παραμετρικές μελέτες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, κάθε προσπάθεια για βελτίωση του βαθμού απόδοσης των σταθμών, για τους οποίους δεν υπάρχουν στοχοθετημένες δράσεις, συνάδει με τις γνωστές πρακτικές που ακολουθούνται με σκοπό την αύξηση της απόδοσης των ΑΗΣ, οι οποίες και αναφέρονται σε προηγούμενο κεφάλαιο. Επίσης, διευκρινίζεται ότι, τα στοιχεία που δεν παρέχονται, ελήφθησαν κατά τη μοντελοποίηση των σταθμών ανάλογα με τα όσα προβλέπονται για λειτουργία πετρελαϊκών μονάδων (Κεφάλαιο 3, Παράγραφος 3.1).

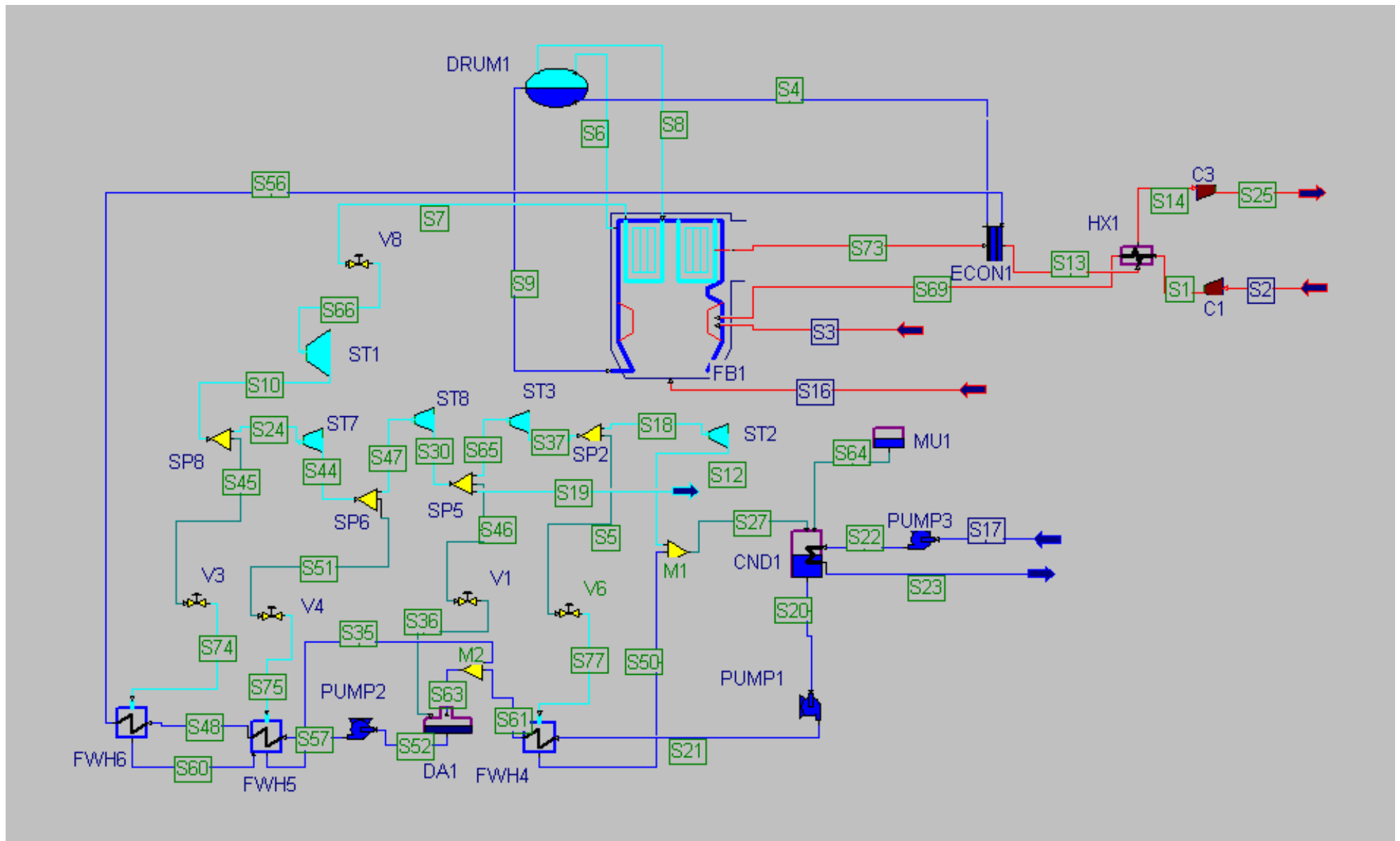
Οι ενδεχόμενες βλάβες που συμβάλλουν περισσότερο στη μεταβολή του βαθμού απόδοσης των μονάδων είναι η βλάβη του τελευταίου (ή τελευταίου και προτελευταίου σε συνδυασμό) προθερμαντή τροφοδοτικού νερού, η μείωση διαφυγών ατμού – νερού και η αύξηση της πίεσης του ψυγείου.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία για τη λειτουργία όλων των μονάδων του σταθμού βάσει της παραμετρικής μελέτης. Η μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης μελετώνται με αναφορά την κατάσταση σε συνθήκες σχεδιασμού.

Πίνακας 7.4.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (kW)			ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (%)			ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΙΣΧΥΟΣ (kW)			ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (%)			
	ΜΟΝΑΔΑ	I	II, III	V,VI	I	II, III	V,VI	I	II, III	V,VI	I	II, III	V,VI
Συνθήκες σχεδιασμού	5770	14220	23897	22,784	32,739	36,127							
Αύξηση πίεσης συμπύκνωσης	5434	13350	22890	21,456	30,735	34,604	336	870	1007	1,328	2,004	1,523	
Αύξηση διαφυγών ατμού-νερού	5726	14042	23629	22,610	32,330	35,722	44	178	268	0,174	0,409	0,405	
Βλάβη προθερμαντή	5745	14171	23665	22,687	32,626	35,777	25	49	232	0,097	0,113	0,35	

Μονογραμμικό Διάγραμμα 7.2.: Θερμικός κύκλος Μονάδων II, III, V, VI ΑΗΣ Λινοπεραμάτων – DESIGN



Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδα Ι ΑΗΣ Λινοπεραμάτων

ΚΛΑΔΟΣ	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (C)	ΠΙΕΣΗ (kPa)	ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ (kg/sec)	ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)
S1	C1	HX1	24,808	104,000	12,055	9,382
S10	ST1	SP8	376,490	1628,837	8,914	3202,126
S12	ST2	M1	36,162	6,000	6,893	2532,644
S13	ECON1	HX1	379,994	97,150	11,255	400,451
S14	HX1	M3	156,568	97,150	11,255	150,685
S15	SP9	FB1	249,952	102,950	10,615	240,265
S16	-	FB1	20,000	105,000	0,000	4,501
S17	-	PUMP3	22,000	100,000	7000,004	91,961
S18	SP2	ST2	187,095	150,000	6,893	2846,666
S19	SP5	-	258,109	407,209	0,300	2980,142
S2	-	C1	22,000	101,300	12,055	6,535
S20	CND1	PUMP1	36,162	6,000	7,993	150,964
S21	PUMP1	FWH4	36,216	1000,000	7,993	152,184
S22	PUMP3	CND1	22,002	125,500	7000,004	91,993
S23	CND1	-	22,562	125,500	7000,004	94,338
S24	SP8	ST7	376,490	1628,837	8,464	3202,126
S25	C3	-	166,716	97,150	12,695	160,855
S27	M1	CND1	36,162	6,000	7,693	2287,189
S3	-	FB1	20,000	120,000	0,000	4,497
S30	ST8	SP5	258,109	407,209	8,464	2980,142
S35	FWH5	M2	139,280	1628,837	0,450	586,408
S36	V1	DA1	256,392	300,000	0,471	2980,142
S37	ST3	SP2	187,095	150,000	7,693	2846,666
S4	ECON1	DRUM1	237,499	4400,000	8,914	1025,131
S44	ST7	SP6	314,334	814,419	8,464	3085,856
S45	SP8	V3	376,490	1628,837	0,450	3202,126
S46	SP5	V1	258,109	407,209	0,471	2980,142
S47	SP6	ST8	314,334	814,419	8,464	3085,856
S48	FWH5	FWH6	134,297	4700,000	8,914	567,147
S5	SP2	V6	187,095	150,000	0,800	2846,666
S50	FWH4	M1	41,216	150,000	0,800	172,301
S51	SP6	V4	314,334	814,419	0,000	3085,856
S52	DA1	PUMP2	133,547	300,000	8,914	561,253
S56	FWH6	ECON1	165,021	4600,000	8,914	699,187
S57	PUMP2	FWH5	134,280	4800,000	8,914	567,144
S6	FB1	DRUM1	253,882	4240,000	9,332	2799,581
S60	FWH6	FWH5	139,297	1628,837	0,450	586,479
S61	FWH4	M2	99,531	900,000	7,993	417,203
S63	M2	DA1	101,671	900,000	8,443	426,221
S64	MU1	CND1	22,000	103,420	0,300	91,965
S65	SP5	ST3	258,109	407,209	7,693	2980,142
S66	V8	ST1	459,378	3730,000	8,914	3355,035

S69	HX1	SP9	249,952	102,950	12,055	240,265
S7	FB1	V8	460,000	3837,200	8,914	3355,035
S70	SP9	M3	249,952	102,950	1,440	240,265
S71	M3	C3	166,716	97,150	12,695	160,855
S73	FB1	ECON1	600,000	97,150	11,255	661,197
S74	V3	FWH6	376,490	1628,837	0,450	3202,126
S75	V4	FWH5	314,334	814,419	0,000	3085,856
S77	V6	FWH4	187,095	150,000	0,800	2846,666
S8	DRUM1	FB1	253,882	4240,000	8,914	2799,581
S9	DRUM1	FB1	253,882	4240,000	9,332	1104,518

Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδων II, III ΑΗΣ Λινοπεραμάτων

ΚΛΑΔΟΣ	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (C)	ΠΙΕΣΗ (kPa)	ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ (kg/sec)	ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)
S1	C1	HX1	3,811	105,000	18,193	8,363
S10	ST1	SP8	426,201	4187,000	16,814	3271,657
S12	ST2	M1	28,964	4,000	11,616	2187,883
S13	ECON1	HX1	419,002	98,150	19,285	445,334
S14	HX1	C3	160,144	98,150	19,285	154,470
S16	-	FB1	20,000	105,000	0,000	4,501
S17	-	PUMP3	20,000	100,000	7000,004	83,588
S18	SP2	ST2	111,371	150,000	11,616	2625,408
S19	SP5	-	322,642	1910,000	0,666	3077,219
S2	-	C1	20,000	101,300	18,193	4,502
S20	CND1	PUMP1	28,964	4,000	13,382	120,661
S21	PUMP1	FWH4	29,036	2050,000	13,382	123,167
S22	PUMP3	CND1	20,001	115,000	7000,004	83,607
S23	CND1	-	20,821	115,000	7000,004	87,038
S24	SP8	ST7	426,201	4187,000	15,514	3271,657
S25	C3	-	163,242	100,300	19,285	157,836
S27	M1	CND1	28,964	4,000	12,716	2010,928
S3	-	FB1	20,000	120,000	0,000	4,497
S30	ST8	SP5	322,642	1910,000	14,694	3077,219
S35	FWH5	M2	143,471	2650,000	2,120	605,026
S36	V1	DA1	304,477	330,000	1,312	3077,219
S37	ST3	SP2	111,371	150,000	12,716	2625,408
S4	ECON1	DRUM1	279,997	9400,000	16,814	1233,939
S44	ST7	SP6	374,802	2877,000	15,514	3174,976
S45	SP8	V3	426,201	4187,000	1,300	3271,657
S46	SP5	V1	322,642	1910,000	1,312	3077,219
S47	SP6	ST8	374,802	2877,000	14,694	3174,976
S48	FWH5	FWH6	170,144	9700,000	16,814	724,309
S5	SP2	V6	111,371	150,000	1,100	2625,408
S50	FWH4	M1	34,036	150,000	1,100	142,319
S51	SP6	V4	374,802	2877,000	0,820	3174,976
S52	DA1	PUMP2	136,827	330,000	16,814	575,246
S56	FWH6	ECON1	214,381	9600,000	16,814	919,827
S57	PUMP2	FWH5	138,471	9800,000	16,814	588,318
S6	FB1	DRUM1	498,669	8399,999	12,424	3389,630
S60	FWH6	FWH5	175,144	3770,000	1,300	742,861
S61	FWH4	M2	77,446	1950,000	13,382	325,254
S63	M2	DA1	86,571	1950,000	15,502	363,514
S64	MU1	CND1	22,000	103,420	0,666	91,965
S65	SP5	ST3	322,642	1910,000	12,716	3077,219
S66	V8	ST1	475,923	5884,000	16,814	3365,562
S69	HX1	FB1	320,027	103,950	18,193	313,652

S7	FB1	V8	485,000	7601,999	16,814	3365,562
S73	FB1	ECON1	650,000	98,150	19,285	721,941
S74	V3	FWH6	423,414	3770,000	1,300	3271,657
S75	V4	FWH5	372,889	2650,000	0,820	3174,976
S77	V6	FWH4	111,371	150,000	1,100	2625,408
S8	DRUM1	FB1	298,491	8399,999	16,814	2751,347
S9	DRUM1	FB1	298,491	8399,999	12,424	1336,071

**Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδων V, VI
ΑΗΣ Λινοπεραμάτων**

ΚΛΑΔΟΣ	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (C)	ΠΙΕΣΗ (kPa)	ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ (kg/sec)	ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)
S1	C1	HX1	22,174	103,400	27,706	6,705
S10	ST1	SP8	318,607	4187,000	27,251	3005,698
S12	ST2	M1	32,878	5,000	18,185	2017,284
S13	ECON1	HX1	345,041	96,550	29,369	360,149
S14	HX1	C3	167,527	96,550	29,369	162,496
S16	-	FB1	20,000	105,000	0,000	4,501
S17	-	PUMP3	20,000	100,000	7000,004	83,588
S18	SP2	ST2	111,371	150,000	18,185	2422,054
S19	SP5	-	224,811	1910,000	1,111	2839,814
S2	-	C1	20,000	101,300	27,706	4,502
S20	CND1	PUMP1	32,878	5,000	21,200	137,190
S21	PUMP1	FWH4	33,032	2500,000	21,200	140,249
S22	PUMP3	CND1	20,002	125,500	7000,004	83,620
S23	CND1	-	21,168	125,500	7000,004	88,503
S24	SP8	ST7	318,607	4187,000	25,471	3005,698
S25	C3	-	170,724	98,700	29,369	165,975
S27	M1	CND1	32,878	5,000	20,089	1841,160
S3	-	FB1	20,000	120,000	0,000	4,497
S30	ST8	SP5	224,811	1910,000	23,333	2839,814
S35	FWH5	M2	143,963	2650,000	3,918	607,138
S36	V1	DA1	188,541	330,000	2,133	2839,814
S37	ST3	SP2	111,371	150,000	20,089	2422,054
S4	ECON1	DRUM1	324,993	13600,002	27,252	1487,891
S44	ST7	SP6	271,663	2877,000	25,471	2922,988
S45	SP8	V3	318,607	4187,000	1,780	3005,698
S46	SP5	V1	224,811	1910,000	2,133	2839,814
S47	SP6	ST8	271,663	2877,000	23,333	2922,988
S48	FWH5	FWH6	184,206	13900,002	27,252	787,795
S5	SP2	V6	111,371	150,000	1,904	2422,054
S50	FWH4	M1	38,032	150,000	1,904	159,009
S51	SP6	V4	271,663	2877,000	2,138	2922,988
S52	DA1	PUMP2	136,827	330,000	27,252	575,246
S56	FWH6	ECON1	216,651	13800,002	27,252	931,552
S57	PUMP2	FWH5	138,963	14000,002	27,252	593,195
S6	FB1	DRUM1	518,306	12600,002	17,202	3389,630
S60	FWH6	FWH5	189,206	3770,000	1,780	804,798
S61	FWH4	M2	81,233	2400,000	21,201	341,479
S63	M2	DA1	91,109	2400,000	25,119	382,916
S64	MU1	CND1	22,000	103,420	1,111	91,965
S65	SP5	ST3	224,811	1910,000	20,089	2839,814
S66	V8	ST1	440,559	9800,000	27,252	3217,650
S69	HX1	FB1	225,110	102,350	27,706	214,168

S7	FB1	V8	450,000	11403,002	27,252	3217,650
S73	FB1	ECON1	778,000	96,550	29,369	881,545
S74	V3	FWH6	313,962	3770,000	1,780	3005,698
S75	V4	FWH5	268,320	2650,000	2,138	2922,988
S77	V6	FWH4	111,371	150,000	1,904	2422,054
S8	DRUM1	FB1	328,506	12600,002	27,252	2671,066
S9	DRUM1	FB1	328,506	12600,002	17,202	1515,282

8. ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ

8.1. Χαρακτηριστικά ΘΗΣ Αθερινόλακκου

Στο νομό Λασιθίου, 45 km νοτιοανατολικά της Σητείας, στη θέση Αθερινόλακκος είναι εγκατεστημένες τέσσερις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι μαζούτ και φυσικό αέριο, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φτάνει τα 195,2 MW.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στο σταθμό λειτουργούν δύο σύγχρονα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή δύο νέων ατμοηλεκτρικών μονάδων ενώ προβλέπεται η εγκατάσταση δύο ακόμη ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

Η παρούσα μελέτη ασχολείται με τις ήδη υπάρχουσες ατμοηλεκτρικές μονάδες III και IV του σταθμού, οι οποίες έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά λειτουργίας. Για τις μονάδες εκπονήθηκαν, από την Επιχείρηση, δύο μονογραμμικά σχέδια τα οποία παρουσιάζουν το θερμικό κύκλο της εγκατάστασης.

Εικόνα 8.1.1: ΘΗΣ Αθερινόλακκου Λασιθίου



8.2. Παρουσίαση μονάδων ΑΗΣ Αθερινόλακκου

8.2.1. Περιγραφή μονάδων

Ο ΑΗΣ Αθερινόλακκου είναι ο πιο πρόσφατα κατασκευασμένος από τους τρεις σταθμούς που μελετώνται. Οι μονάδες έχουν ονομαστική ισχύ 50 MW και ο βαθμός απόδοσής τους είναι 37%. Οι λέβητες των μονάδων, υποκρίσιμων πιέσεων και φυσικής κυκλοφορίας και αυτοί, λειτουργούν με δύο στάδια υπερθέρμανσης και ενδιάμεσο ψεκασμό του ατμού, χωρίς αναθέρμανση, ενώ είναι κατασκευής του οίκου Foster Wheeler. Το σύστημα καύσης των λεβήτων είναι μετωπικό (βλ. παράγραφος 3.2). Οι ατμοστρόβιλοι συμπυκνώσεως έχουν κατασκευαστεί από τη Skoda. Οι ατμοστρόβιλοι των μονάδων λειτουργούν με ένα τμήμα υψηλής/μέσης και ένα τμήμα χαμηλής πίεσης.

Ο θερμικός κύκλος περιλαμβάνει πέντε προθερμάνσεις τροφοδοτικού νερού (τέσσερις κλειστού τύπου και ένα τροφοδοτικό δοχείο – απαεριωτή). Η πίεση της ρυθμιστικής βαλβίδας είναι 100 bar και η θερμοκρασία υπερθέρμανσης περίπου 530 C. Τα ψυγεία της εγκατάστασης είναι υδρόψυκτα και χρησιμοποιούν για ψυκτικό μέσο το νερό της θάλασσας.

Με σκοπό την στεγανοποίηση των λαβυρίθων των ατμοστρόβιλων απομαστεύεται μικρή ποσότητα ατμού μετά τον ατμοποιητή και μετά τον πρώτο υπερθερμαντή.

Η προθέρμανση του αέρα γίνεται σε δύο στάδια, πριν την εισαγωγή του στο θάλαμο καύσης, το πρώτο σε προθερμαντή αέρα με ατμό και το δεύτερο σε προθερμαντή αέρα με καυσαέριο.

Για την προθέρμανση του καυσίμου, η οποία είναι αναγκαία για την εισαγωγή του στο θάλαμο καύσης με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, χρησιμοποιείται προθερμαντής καυσίμου με ατμό.

Όταν οι μονάδες λειτουργούν σε πλήρες φορτίο, για καύση μαζούτ με σύσταση όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω παράγραφο, οι εκπομπές είναι: 400 mg/Nm³ NO_x, υπό τη μορφή NO₂, 100 mg/Nm³ CO, 30 mg/Nm³ τέφρας.

Στην Κρήτη, για καύση μαζούτ χαμηλού θείου (περίπου 1% w.t., κάτι το οποίο ισχύει και για το καύσιμο του ΑΗΣ Αθρινόλακκου) το επιτρεπόμενο όριο εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂) είναι 1700 mg/Nm³. Εφόσον οι μονάδες που μελετώνται πληρούν το παραπάνω κριτήριο, κατά την κατασκευή τους δεν κρίθηκε αναγκαία η εγκατάσταση συστήματος υγρής αποθείωσης (FGD). Για τη μείωση εκπομπών NO_x, οι μονάδες είναι εξοπλισμένες μόνο με καυστήρες χαμηλών εκπομπών NO_x. Τέλος, για τη μείωση των εκπομπών των αιωρούμενων σωματιδίων χρησιμοποιούνται ηλεκτροστατικά φίλτρα (ESP's) τα οποία συμβάλουν στη μείωση των σωματιδίων τέφρας στην έξοδο της καμινάδας (30 mg/Nm³). Τα φίλτρα αυτά έχουν τα εξής χαρακτηριστικά λειτουργίας:

- Ροή καυσαερίων ανάντι των φίλτρων: 76,16 Am³/sec
- Θερμοκρασία καυσαερίων ανάντι των φίλτρων: 155 C
- Συγκέντρωση σωματιδίων τέφρας στα καυσαέρια ανάντι των φίλτρων: 160 mg/Nm³.

Πίνακας 8.2.1.1: Εκπομπές μονάδων III και IV ΑΗΣ Αθρινόλακκου

Εκπομπές	Συγκέντρωση (mg/Nm ³)	Μέτρα μείωσης εκπομπών
SO ₂	-	Καύση μαζούτ χαμηλού θείου
NO _x	400	Καυστήρες χαμηλών εκπομπών
Τέφρα	30	ESP's (ηλεκτροστατικά φίλτρα)
CO	100	-

8.2.2. Στοιχεία καυσίμου

Οι μονάδες χρησιμοποιούν καύσιμο βαρύ πετρέλαιο (μαζούτ) με θερμογόνο ικανότητα και λοιπά στοιχεία καυσίμου τα εξής:

- Κατώτερη θερμογόνος ικανότητα (LHV): 40800 kJ/kg
- Άνθρακας: 86,63% w.t.
- Υδρογόνο: 11,39% w.t.
- Θείο: 1,0% w.t.
- Άζωτο: 0,30% w.t.
- Οξυγόνο: 0,58% w.t.
- Υγρασία: 0,05% w.t.
- Τέφρα (Ash): 0,05% w.t.
- Πυκνότητα: 980 kg/m³
- Παροχή καυσίμου: 3,126 kg/sec.

8.2.3. Στοιχεία θερμικού κύκλου

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά τα σημαντικότερα στοιχεία που δόθηκαν από τη ΔΕΗ σχετικά με τη λειτουργία του θερμικού κύκλου του σταθμού για την ονομαστική ισχύ των 50 MW. Σημειώνεται επίσης ότι η θερμοκρασία του ψυκτικού νερού είναι 22 C, η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 30 C και η σχετική υγρασία 60%.

Πίνακας 8.2.3.1: Στοιχεία θερμικού κύκλου ΑΗΣ Αθρινόλακκου

Εργαζόμενο μέσο - Θέσεις	Παροχή μάζας m (kg/s)	Θερμοκρασία T (C)	Πίεση P (kPa)	Ενθαλπία h (kJ/kg)
Νερό/Ατμός στο λέβητα				
Έξοδος οικονομητήρα	50,00	261,70	10904,00	1142,00
Τύμπανο (αριθμός ανακυκλοφορίας)	9,10	317,40	10904,00	2708,00
Είσοδος πρώτου υπερθερμαντή	49,73		10904,00	2708,00
Είσοδος δεύτερου υπερθερμαντή	49,73	424,90	10594,00	3160,00
Έξοδος δεύτερου υπερθερμαντή	50,63	532,30	10292,00	3454,00
Ατμός στον αμοστρόβιλο				
Είσοδος αμοστρόβιλου υψηλής πίεσης	50,63	530,0	10000,00	3451,00
Είσοδος αμοστρόβιλου χαμηλής πίεσης	36,10		244,00	2678,00
Απομαστεύσεις - Προθερμάνσεις				
4	3,46	381,20	3449,20	3180,00
3	3,25	301,30	1805,60	3032,00
Απαεριωτής	3,69	212,80	789,20	2869,00
2	4,12		244,00	2678,00
1	3,42		73,9	2512,00
Είσοδος ψυγείου	32,68		5,10	2225,00
Τροφοδοτικό νερό - Συμπύκνωμα				
Έξοδος ψυγείου	40,86	33,30	5,10	139,60
Είσοδος οικονομητήρα	50,00	239,00	11601,00	1033,00
Αέρας				
Είσοδος προθερμαντή αέρα με ατμό	53,90	36,80	101,30	37,20
Είσοδος προθερμαντή αέρα με καυσαέριο	53,90	91,30	101,30	92,90
Έξοδος προθερμαντή αέρα με καυσαέριο	51,50	230,80	101,30	237,10

Καυσαέριο				
Έξοδος εστίας-είσοδος υπερθερμαντή	54,62	1113,90	101,30	1334,00
Έξοδος δεύτερου υπερθερμαντή	54,62	873,40	101,30	1019,00
Έξοδος πρώτου υπερθερμαντή	54,62	542,70	101,30	607,60
Έξοδος ατμοποιητή	54,62	363,90	101,30	397,60
Έξοδος οικονομητήρα	54,62	275,80	101,30	298,10
Έξοδος προθερμαντή αέρα με καυσαέριο	57,02	150	101,30	159,30

8.3. Μοντελοποίηση μονάδων στο GateCycle

Στόχος της μελέτης είναι η μεταβολή του βαθμού απόδοσης των μονάδων III και IV του σταθμού συναρτήσει βασικών μεταβολών που πραγματοποιούνται σε κάποια από τα εξαρτήματα του. Για τη μοντελοποίηση όλων των μονάδων του σταθμού δε δόθηκαν στοχοθετημένες δράσεις από τη Δ.Ε.Η. Επομένως, πραγματοποιείται μόνο παραμετρική μελέτη για τη λειτουργία τους, η οποία βασίζεται στη μοντελοποίηση σε συνθήκες σχεδιασμού (design). Πιο συγκεκριμένα μελετάται:

- Η αύξηση της πίεσης συμπύκνωσης
- Η αύξηση των διαφυγών ατμού-νερού
- Πιθανή βλάβη του τελευταίου και του προτελευταίου προθερμαντή τροφοδοτικού νερού (προθερμαντές 4 και 3)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μοντελοποίηση, στο πρόγραμμα Gate Cycle, πάντα σε συνθήκες σχεδιασμού, αλλά και οι παραμετρικές καμπύλες.

Στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου παρατίθενται το μονογραμμικό σχέδιο των μονάδων του σταθμού καθώς και ο πίνακας που αναφέρει λεπτομερώς τις συνθήκες σε κάθε κλάδο.

8.3.1. Βαθμός απόδοσης ΑΗΣ Αθρινόλακκου σε συνθήκες σχεδιασμού – Design

Για τη μοντελοποίηση της μονάδας, έγινε χρήση των βασικών μεγεθών που δόθηκαν από την ΔΕΗ (πίνακας 8.2.3.1). Τα υπάρχοντα δεδομένα εισήχθησαν στα αντίστοιχα εξαρτήματα του προγράμματος και στη συνέχεια τα εξαρτήματα ενώθηκαν μεταξύ τους με τη χρήση κλάδων, έτσι ώστε να σχηματιστεί ο θερμικός κύκλος της εγκατάστασης. Το μοντέλο αποδίδει ισχύ 46,628 MW με βαθμό απόδοσης 36,742%.

Εισαγωγή δεδομένων

Λέβητας – Fossil boiler: Οι παράμετροι οι οποίοι ορίζουν τη λειτουργία του λέβητα είναι κυρίως:

- η παροχή καυσίμου 3,126 kg/sec, η οποία αποδίδει ατμοπαγωγή 50,63 kg/sec
- η θερμογόνος ικανότητα (LHV) του καυσίμου 40800 kJ/kg
- η θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων από το λέβητα (είσοδος οικονομητήρα) 718 C
- η θερμοκρασία εξόδου του ατμού, μετά το δεύτερο υπερθερμαντή 532,30 C
- η ενθαλπία του ατμού στην επιφάνεια του ατμοποιητή 2708 kJ/kg
- η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα, υδρογόνο, θείο, οξυγόνο, στάχτη και υγρασία, όπως έχουν ορισθεί νωρίτερα.

Πρώτος υπερθερμαντής (εξωτερικός του λέβητα στη μοντελοποίηση): Η επιφάνεια συναλλαγής είναι 3625,4 m², έτσι ώστε να επιτυγχάνεται θερμοκρασία εξόδου ατμού 424,9 C.

Οικονομητήρας: Ορίζεται η ολική επιφάνεια συναλλαγής του εναλλάκτη 1716,7 m², έτσι ώστε να προκύπτει μια καλή προσέγγιση της θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων αλλά και ατμού (275,8 και 261,7 C αντίστοιχα) από αυτόν.

Προθερμαντής αέρα με καυσαέριο: Η επιφάνεια συναλλαγής του Inno ορίζεται 2992,3 m² και με τον τρόπο αυτό προκύπτει θερμοκρασία εξόδου αέρα 230,8 C.

Προθερμαντής αέρα με ατμό: Εφόσον, οι συνθήκες περιβάλλοντος ορίζουν θερμοκρασία εισόδου του αέρα 30 C, από την τέταρτη απομάστευση του θερμικού κύκλου εξάγονται 1,37 kg/sec ώστε να επιτευχθεί προθέρμανση αέρα μέχρι την τιμή των 91,3 C.

Προθέρμανση καυσίμου με ατμό: Με το εξάρτημα αυτό μοντελοποιείται η προθέρμανση του καυσίμου με ατμό, από τη θερμοκρασία των 60 C σε θερμοκρασία 120 C. Ο εναλλάκτης έχει εμβαδόν επιφάνειας συναλλαγής 142,59 m².

Ατμοστρόβιλοι: Οι στρόβιλοι έχουν σχεδιαστεί στο πρόγραμμα έτσι ώστε σε κάθε απομάστευση ατμού να αντιστοιχεί και μια «βαθμίδα». Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης του στρόβιλου υψηλής πίεσης έχει ορισθεί στο 90%, ενώ ο αντίστοιχος βαθμός του στρόβιλου χαμηλής πίεσης είναι 78,5%. Χρησιμοποιούνται, επίσης, splitters, δηλαδή εξαρτήματα τα οποία διαχωρίζουν τη ροή σε κύρια και σε ροή απομάστευσης, βάσει των παροχών που προβλέπονται από τα δεδομένα (πίνακας 8.Β.α).

Συμπυκνωτής: Ορίζεται η πίεση συμπύκνωσης (κενό ψυγείου) 5,1 kPa.

Προθερμαντές νερού: Με δεδομένες τις παροχές των απομαστεύσεων οι εναλλάκτες αυτοί προθερμαίνουν το τροφοδοτικό νερό μέχρι τη θερμοκρασία των 239 C.

Απαεριστής: Η πίεση λειτουργίας του τροφοδοτικού δοχείου ορίσθηκε στα 750 kPa.

8.3.2. Παραμετρική μελέτη

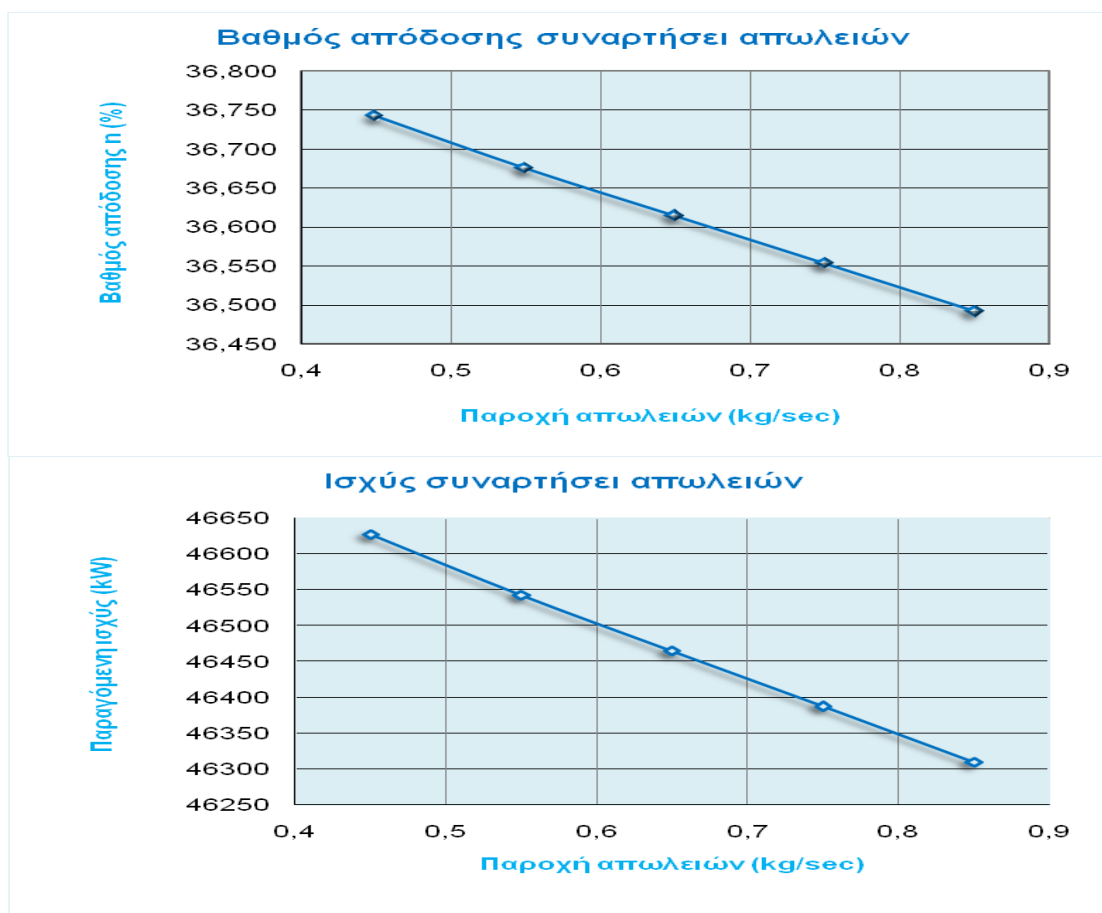
Μεταβολή διαφυγών ατμού-νερού

Οι απώλειες ατμού στην περίπτωση των μονάδων του ΑΗΣ Αθρινόλακκου ορίζονται στα 0,45 kg/sec, όπως προκύπτουν από τα μονογραμμικά διαγράμματα, και αφορούν τη στεγανοποίηση των λαβυρίθων των στροβίλων και την προθέρμανση του καυσίμου.

Για τιμές παροχής απωλειών αυξανόμενες από 0,45 έως 0,85 kg/sec οι παραμετρικές καμπύλες που ακολουθούν, παρουσιάζουν τη μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης των μονάδων, όπου η τιμή 0,45 kg/sec αντικατοπτρίζει τη μοντελοποίηση σε συνθήκες σχεδιασμού των μονάδων. Με βάση την καμπύλη, κάθε αύξηση 0,1 kg/sec στις απώλειες του θερμικού κύκλου, κοστίζει 85 kW σε ισχύς και 0,067% σε βαθμό απόδοσης. Αν συνεπώς υποθεθεί αύξηση των διαφυγών στις μονάδες κατά 30%, κατ' αναλογία με τη μονάδα IV του ΑΗΣ Αλιβερίου, οι διαφυγές θα αυξηθούν στα 0,585 kg/sec, κάτι που προκαλεί μείωση της ισχύος περίπου κατά 115 kW και πτώση του βαθμού απόδοσης περίπου κατά 0,088% (ο υπολογισμός έγινε προσεγγιστικά με γραμμική παρεμβολή).

Διάγραμμα 8.3.2.1: Παραμετρική μελέτη διαφυγών ατμού – νερού

m (kg/s)	P (kW)	n (%)
0,45	46628	36,742
0,55	46543	36,675
0,65	46465	36,614
0,75	46388	36,553
0,85	46310	36,492

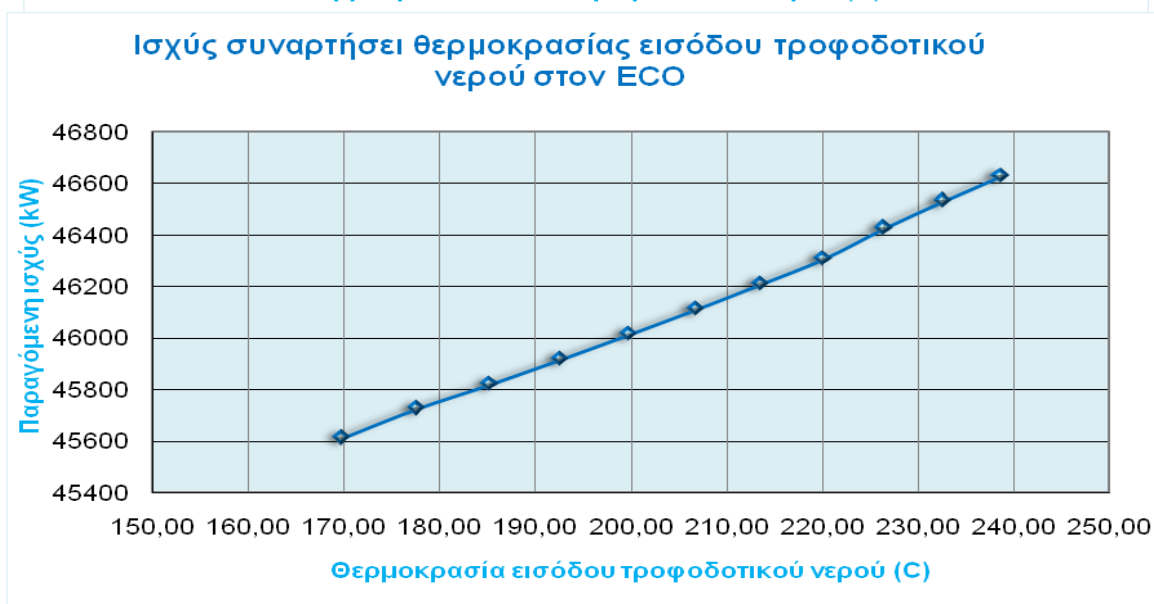
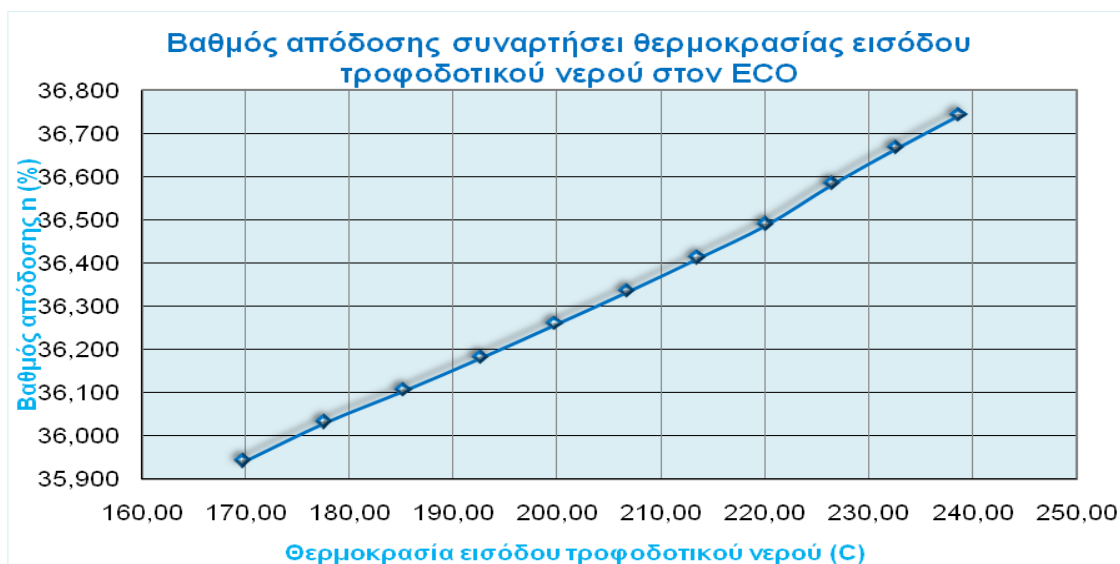


Μεταβολή παροχής απομάστευσης στους προθερμαντές 4 και 3 (FWH6, FWH5)

Για καλύτερη εποπτεία του αποτελέσματος γίνεται μεταβολή της παροχής στους δύο τελευταίους προθερμαντές. Στον τελευταίο, κατά σειρά, προθερμαντή γίνεται μεταβολή της παροχής απομάστευσης από 0 έως 3,46 kg/sec ενώ στον προθερμαντή 3 η παροχή μεταβάλλεται από 0 έως 3,25 kg/sec. Άρα κάθε πιθανή βλάβη των προθερμαντών 4 και 3 κοστίζει 0,80% στον βαθμό απόδοσης της μονάδας και 1016 kW σε ισχύ.

Διάγραμμα 8.3.2.2: Παραμετρική μελέτη παροχής προθερμαντών 3 και 2

T (C)	P (kW)	n (%)	m ₄ (kg/s)	m ₃ (kg/s)
169,80	45612	35,942	0	0
177,66	45726	36,032	0,346	0,3248
185,28	45820	36,106	0,692	0,6496
192,67	45917	36,182	1,038	0,9744
199,84	46014	36,259	1,384	1,2992
206,80	46111	36,335	1,73	1,624
213,57	46209	36,412	2,076	1,9488
220,13	46307	36,489	2,422	2,2736
226,48	46426	36,583	2,768	2,5984
232,66	46531	36,666	3,114	2,9232
238,65	46628	36,742	3,46	3,248



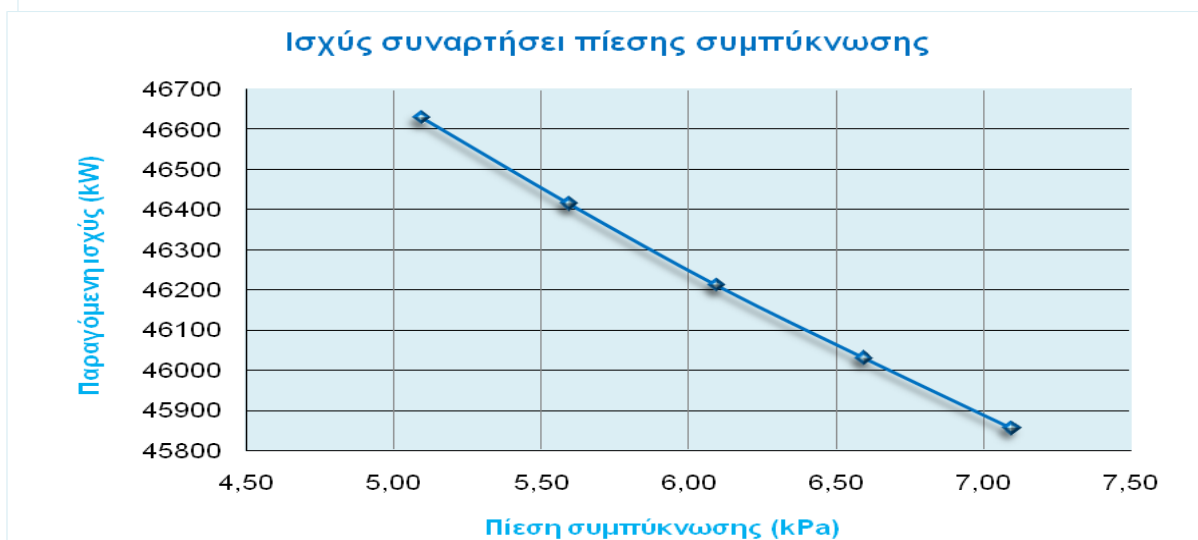
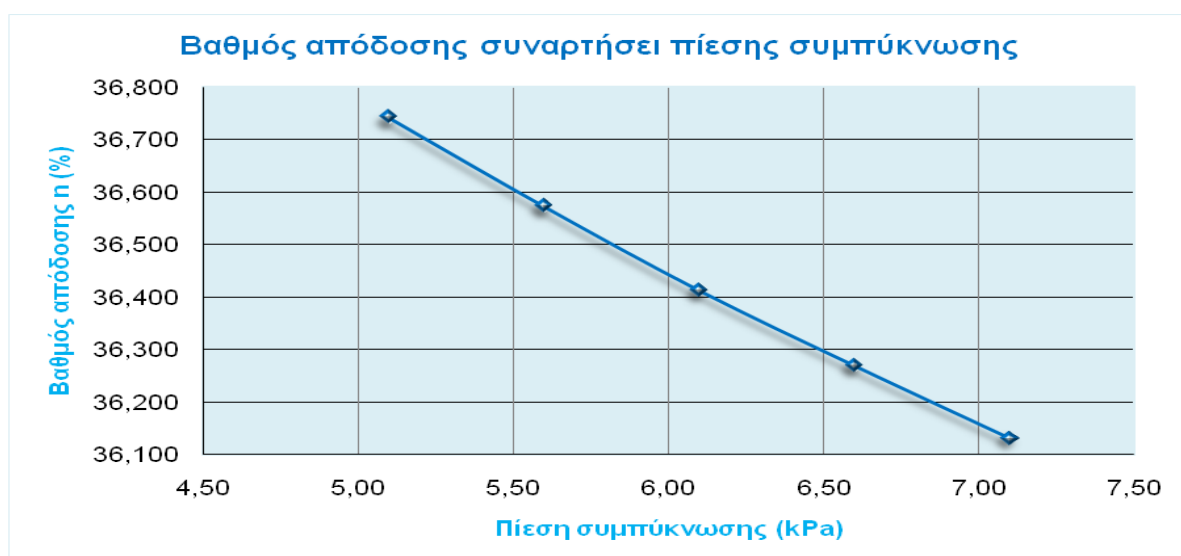
Μεταβολή πίεσης συμπυκνωτή

Σημειώνεται αύξηση της πίεσης συμπύκνωσης σταδιακά από τα 5,1 έως τα 7,1 kPa, έτσι ώστε να μελετηθεί η μείωση του βαθμού απόδοσης.

Παρατηρείται από τις τιμές του διαγράμματος ότι για κάθε αύξηση 0,5 kPa στο συμπυκνωτή, «χάνονται» από 215 έως 175 kW, ενώ η συνολική πτώση της ισχύος είναι 774 kW και ο βαθμός απόδοσης της μονάδας σημειώνει μείωση κατά 0,61%, αν η πίεση του συμπυκνωτή μεταβληθεί από 5,1 σε 7,1 kPa.

Διάγραμμα 8.3.2.3: Παραμετρική μελέτη πίεσης συμπύκνωσης

p (kPa)	P (kW)	η (%)
5,10	46628	36,742
5,60	46413	36,573
6,10	46210	36,413
6,60	46029	36,270
7,10	45854	36,132



8.4. Γενικά συμπεράσματα

Εφόσον δε δόθηκαν στοχοθετημένες δράσεις από τη ΔΕΗ για τις μονάδες III και IV του ΑΗΣ Αθρινόλακκου, τα συμπεράσματα εξήχθησαν αποκλειστικά από την παραμετρική μελέτη.

Όπως και στην περίπτωση των Λινοπεραμάτων, γίνεται προσπάθεια, ελλείψει βασικών δεδομένων, να παρουσιαστεί με τη βοήθεια του προγράμματος GateCycle πώς επηρεάζεται η ισχύς και ο βαθμός απόδοσης του σταθμού, εφόσον συντελεστούν βασικές αλλαγές στο θερμικό του ισοζύγιο. Ακόμη, και στην περίπτωση του ΑΗΣ Αθρινόλακκου ισχύουν όσα αναφέρθηκαν για τα Λινοπεράματα, σχετικά με τον τρόπο μοντελοποίησης των μονάδων.

Συγκεκριμένα, λοιπόν για την περίπτωση του ΑΗΣ Αθρινόλακκου συμπεραίνεται ότι το μεγαλύτερο κόστος σε ισχύ και σε βαθμό απόδοσης προκύπτει λόγω ενδεχόμενης βλάβης των δύο τελευταίων προθερμαντών τροφοδοτικού νερού.

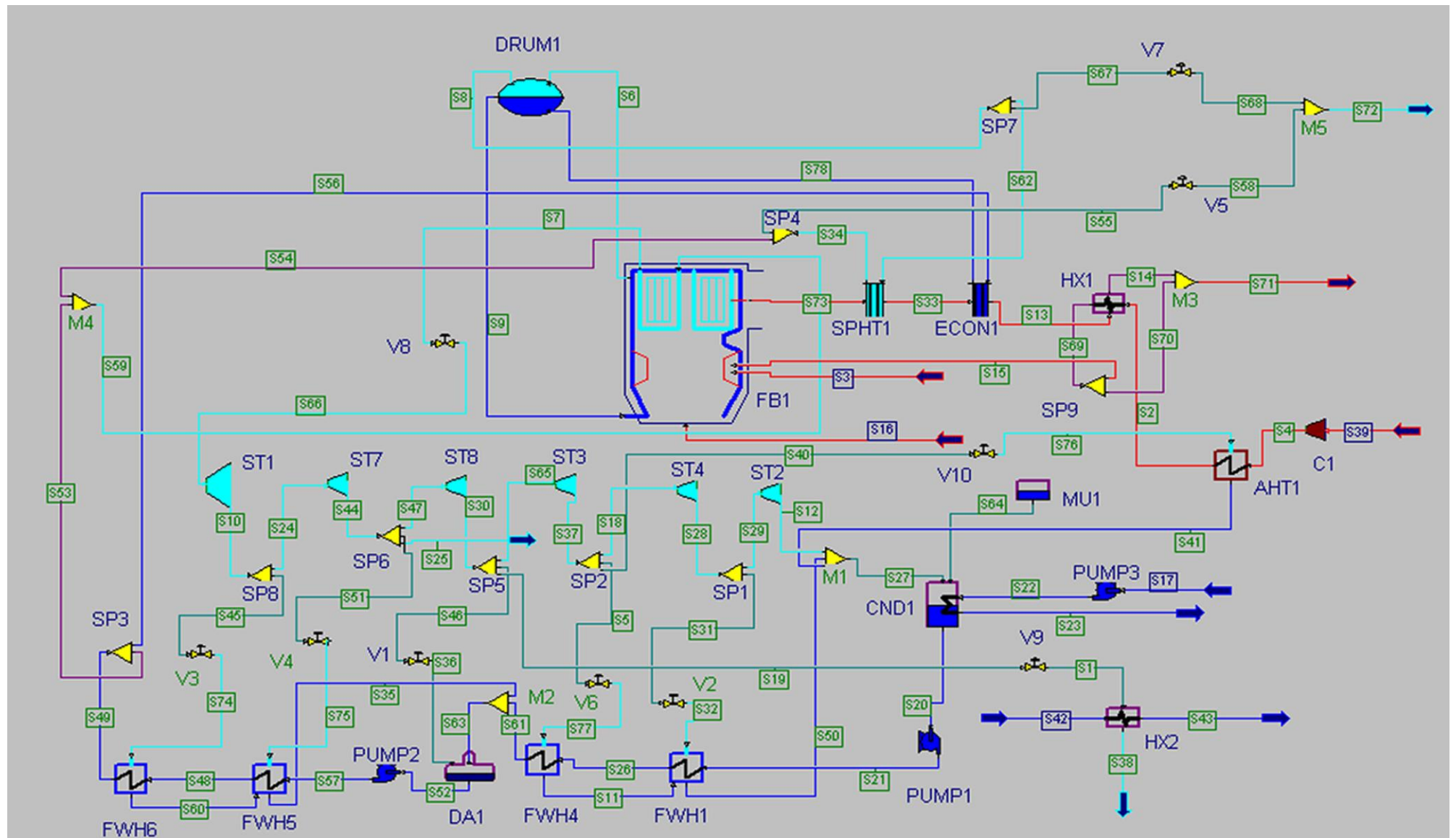
Η πτώση της θερμοκρασίας εισόδου του τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα συνεπάγεται μείωση της απόδοσης της μονάδας, καθώς δαπανάται περισσότερη ενέργεια στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας του λέβητα, ώστε ο ατμός να αποκτήσει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά (πίεση, θερμοκρασία, ενθαλπία) στην είσοδο του ατμοστροβίλου.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία για τη λειτουργία των μονάδων του σταθμού βάσει της παραμετρικής μελέτης. Η μεταβολή της ισχύος και του βαθμού απόδοσης μελετώνται με αναφορά την κατάσταση σε συνθήκες σχεδιασμού.

Πίνακας 8.4.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (%)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΙΣΧΥΟΣ (kW)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (%)
Συνθήκες σχεδιασμού	46628	36,742		
Αύξηση πίεσης συμπύκνωσης	45854	36,132	774	0,610
Αύξηση διαφυγών ατμού-νερού	46513	36,654	115	0,088
Βλάβη προθερμαντών	45612	35,942	1016	0,800

Μονογραμμικό Διάγραμμα 8.1: Θερμικός κύκλος Μονάδων III, IV ΑΗΣ Αθρινόλακκου – DESIGN



Αναλυτική παρουσίαση χαρακτηριστικών μεγεθών σε συνθήκες σχεδιασμού Μονάδων III, IV ΑΗΣ Αθερινόλακκου

ΚΛΑΔΟΣ	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (C)	ΠΙΕΣΗ (kPa)	ΠΑΡΟΧΗ ΜΑΖΑΣ (kg/sec)	ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)
S1	V9	HX2	191,034	469,000	0,161	2837,355
S10	ST1	SP8	371,979	3449,200	50,614	3157,169
S11	FWH4	FWH1	90,938	244,000	2,753	380,532
S12	ST2	M1	33,231	5,100	31,873	2213,383
S13	ECON1	HX1	282,595	94,450	54,556	289,993
S14	HX1	M3	152,032	94,450	54,556	145,881
S15	SP9	FB1	230,854	100,250	51,437	221,697
S16	-	FB1	30,000	101,300	0,000	14,721
S17	-	PUMP3	22,000	200,000	2250,000	92,055
S18	SP2	ST4	126,637	244,000	35,495	2640,474
S19	SP5	V9	199,105	789,200	0,161	2837,355
S2	AHT1	HX1	91,036	101,300	53,835	77,101
S20	CND1	PUMP1	33,231	5,100	40,705	138,641
S21	PUMP1	FWH1	33,275	1144,800	40,705	140,039
S22	PUMP3	CND1	22,017	125,500	2250,000	92,055
S23	CND1	-	29,102	125,500	2250,000	121,684
S24	SP8	ST7	371,979	3449,200	47,154	3157,169
S25	SP6	-	289,629	1805,600	0,450	3004,787
S26	FWH1	FWH4	85,938	1144,800	40,705	360,225
S27	M1	CND1	33,231	5,100	39,617	1822,335
S28	ST4	SP1	91,382	73,900	35,495	2491,560
S29	SP1	ST2	91,382	73,900	31,873	2491,560
S3	-	FB1	30,000	101,300	0,000	14,721
S30	ST8	SP5	199,105	789,200	43,456	2837,355
S31	SP1	V2	91,382	73,900	3,622	2491,560
S32	V2	FWH1	91,382	73,900	3,622	2491,560
S33	SPHT1	ECON1	372,085	94,450	54,556	391,711
S34	SPHT1	SP4	424,845	10586,000	49,719	3158,959
S35	FWH5	M2	174,804	1805,600	6,708	740,334
S36	V1	DA1	198,144	750,000	3,678	2837,355
S37	ST3	SP2	126,637	244,000	39,617	2640,474
S38	HX2	-	147,508	469,000	0,161	620,996
S39	-	C1	30,000	95,200	53,835	14,734
S4	C1	AHT1	36,761	101,300	53,835	21,632
S40	SP2	V10	126,637	244,000	1,369	2640,474
S41	AHT1	M1	109,615	170,000	1,369	459,222
S42	-	HX2	60,000	500,000	1,400	251,066
S43	HX2	-	119,992	500,000	1,400	503,424
S44	ST7	SP6	289,629	1805,600	47,154	3004,787
S45	SP8	V3	371,979	3449,200	3,460	3157,169
S46	SP5	V1	199,105	789,200	3,678	2837,355
S47	SP6	ST8	289,629	1805,600	43,456	3004,787

S48	FWH5	FWH6	205,029	11696,000	51,091	878,651
S49	FWH6	SP3	238,652	11596,000	51,091	1031,647
S5	SP2	V6	126,637	244,000	2,753	2640,474
S50	FWH1	M1	38,275	73,900	6,375	159,954
S51	SP6	V4	289,629	1805,600	3,248	3004,787
S52	DA1	PUMP2	167,776	750,000	51,091	709,044
S53	SP3	M4	238,652	11596,000	1,101	1031,647
S54	SP4	M4	424,845	10586,000	49,513	3158,959
S55	SP4	V5	424,845	10586,000	0,206	3158,959
S56	SP3	ECON1	238,652	11596,000	49,990	1031,647
S57	PUMP2	FWH5	169,804	11796,000	51,091	724,018
S58	V5	M5	360,081	2000,000	0,206	3158,959
S59	M4	FB1	409,455	10586,000	50,614	3112,684
S6	FB1	DRUM1	317,536	10896,000	62,015	2708,000
S60	FWH6	FWH5	210,029	3449,200	3,460	897,973
S61	FWH4	M2	121,818	1044,800	40,705	511,559
S62	SP7	SPHT1	317,435	10896,000	49,719	2707,223
S63	M2	DA1	129,426	1044,800	47,413	543,926
S64	MU1	CND1	25,000	200,000	1,088	104,605
S65	SP5	ST3	199,105	789,200	39,617	2837,355
S66	V8	ST1	531,023	10000,000	50,614	3452,604
S67	SP7	V7	317,435	10896,000	0,271	2707,223
S68	V7	M5	212,416	2000,000	0,271	2707,223
S69	HX1	SP9	230,854	100,250	53,835	221,697
S7	FB1	V8	532,300	10296,000	50,614	3452,604
S70	SP9	M3	230,854	100,250	2,398	221,697
S71	M3	-	155,216	94,450	56,954	149,073
S72	M5	-	250,114	2000,000	0,477	2902,312
S73	FB1	SPHT1	718,000	94,450	54,556	807,504
S74	V3	FWH6	371,979	3449,200	3,460	3157,169
S75	V4	FWH5	289,629	1805,600	3,248	3004,787
S76	V10	AHT1	115,170	170,000	1,369	2640,474
S77	V6	FWH4	126,637	244,000	2,753	2640,474
S78	ECON1	DRUM1	261,720	10896,000	49,990	1141,555
S8	DRUM1	SP7	317,435	10896,000	49,990	2707,223
S9	DRUM1	FB1	317,435	10896,000	62,015	1445,925

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη ασχολήθηκε με έναν αριθμό μονάδων του διασυνδεδεμένου συστήματος και της Κρήτης, συγκεκριμένα με τη μονάδα IV του ΑΗΣ Αλιβερίου, τις μονάδες I, II, III, V και VI του ΑΗΣ Λινοπεραμάτων και τις μονάδες III και IV του ΑΗΣ Αθρινόλακκου.

Στα πλαίσια της τάσης που κυριαρχεί για βελτίωση του βαθμού απόδοσης με τον εκμοντερνισμό υπαρχουσών ατμοηλεκτρικών μονάδων (βλ. κεφάλαιο 4), βάσει της μοντελοποίησης των ανωτέρω πετρελαϊκών μονάδων, διαπιστώθηκε ότι, η βελτίωση της λειτουργίας του συμπυκνωτή, η καλύτερη λειτουργία των προθερμαντών νερού, η μείωση των θερμικών απωλειών και η μείωση των ιδιοκαταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας στους πετρελαϊκούς ΑΗΣ μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της απόδοσής τους (αύξηση βαθμού απόδοσης και ισχύος).

Πιο συγκεκριμένα, για τον ΑΗΣ Αλιβερίου, από τη μοντελοποίηση που έγινε, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει σοβαρή δυνατότητα βελτίωσης του βαθμού απόδοσης. Με την εφαρμογή συγκεκριμένων, απλών δράσεων σε διάφορα εξαρτήματα του σταθμού, ο βαθμός απόδοσης αυξάνεται σημαντικά, ενώ η όλη επένδυση κρίνεται απολύτως συμφέρουσα, οικονομικά, λόγω του μικρού χρόνου απόσβεσης.

Όσον αφορά στους δύο σταθμούς του μη διασυνδεδεμένου συστήματος, και συγκεκριμένα της περιφέρειας της Κρήτης, έγινε ήδη γνωστό, από το Κεφάλαιο 6, ότι προβλέπεται η θέση τους εκτός λειτουργίας (Λινοπεράματα) και η αντικατάστασή τους από νέες μονάδες (Κορακιά), ή η μετατροπή τους ώστε να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο (Αθρινόλακκος). Στόχος των μετατροπών αυτών είναι η λύση του ενεργειακού προβλήματος που αντιμετωπίζει το νησί. Στις περιπτώσεις αυτές, λόγω μη υπάρξεως στοχοθετημένων δράσεων, διενεργήθηκε παραμετρική μελέτη όπου διαπιστώθηκε η απώλεια σε βαθμό απόδοσης λόγω κάποιων πιθανών συνήθων βλαβών και η συνακόλουθη δυνατότητα βελτίωσης της απόδοσης των μονάδων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Συμβολισμός Εξαρτημάτων που χρησιμοποιεί το GateCycle

Συμβολισμός	Εξάρτημα	Λειτουργία
S	Κλάδος	Ενώνει τα εξαρτήματα ώστε να δημιουργηθεί ο θερμικός κύκλος της εγκατάστασης
V	Βαλβίδα – Βάνα	
FB	Ατμοπαραγωγός	Σύστημα Ατμοποίησης
DRUM	Τύμπανο	
SP	Διαχωριστής	Διαχωρίζει τη ροή σε κύρια, δευτερεύουσα και τριτεύουσα
M	Μεικτής	Αναμιγνύει τη ροή ενώνοντας έως και τρεις κλάδους
SPHT	Υπερθερμαντήρας	
ECON	Οικονομητήρας	
HX	Εναλλάκτης θερμότητας	Χρησιμοποιείται ως προθερμαντήρας αέρα με καυσαέριο αλλά και για μοντελοποίηση της προθέρμανσης καυσίμου
AHT	Προθερμαντήρας Αέρα με Ατμό	
ST	Ατμοστρόβιλος	
FWH	Προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού	
MU	Make - up	Συμπλήρωση νερού που χάνεται με τη μορφή απωλειών της εγκατάστασης
DA	Απαερωτής	
PUMP	Αντλία	Ανάλογα με τη θέση της μπορεί να είναι αντλία τροφοδοσίας, συμπυκνώματος ή ψυκτικού μέσου
CND	Συμπυκνωτής - Ψυγείο	
C	Αεροσυμπιεστής - Ανεμιστήρας	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Εμμ. Κ. Κακαράς, «Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί», εκδόσεις Φούντας
- Κ. Μαθιουδάκης, «Λειτουργία αεριοστροβίλων και ατμοστροβίλων», εκδόσεις ΕΜΠ
- Μ. Φούντη, «Θεωρία καύσης και συστήματα καύσης», εκδόσεις ΕΜΠ
- Α. Μ. Παπαδόπουλος «Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων», εκδόσεις ΑΠΘ
- Ομιλία του Γ. Συντζανάκη «Το ενεργειακό πρόβλημα της Κρήτης (Μια εναλλακτική πρόταση)»
- Συνέδριο ΙΕΝΕ, Χανιά, Μάιος 2006, Κ. Βλάχος (Μέλος ΡΑΕ) «Οι προτάσεις της ΡΑΕ για την ηλεκτροπαραγωγή στην Κρήτη»
- Δήλωση του υπ. Ανάπτυξης Δ. Σιούφα για το Ενεργειακό Κέντρο της Κορακιάς στην Κρήτη
- Ενημερωτικό σημείωμα ΑΗΣ Αλιβερίου
- Neil Petchers, «Combined Heating, Cooling & Power Handbook: Technologies & Applications»
- Babcock & Wilcox, «Steam: its generation & use»
- Alstom, presentation, «Clean Combustion of oil & gas»
- European Commission, Directorate – General Joint Research Center, Institute of Prospective Technological Studies, Competitiveness and Sustainability Unit, European IPPC Bureau, Μάρτιος 2008, «Integrated Pollution, Prevention and Control. Draft Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency»
- Rolf H. Kehlhofer, «Combined-Cycle Gas Steam Turbine Power Plants»
- V. Ganapathy (2003) «Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators»
- «Power Generation Handbook», Digital Engineering Library @ McGraw-Hill
- «Steam Plant Operation», Eighth Edition, Digital Engineering Library @ McGraw-Hill
- Ιστοσελίδες
 - www.dei.gr/
 - www.geocities.com
 - www.iene.gr
 - eed.stef.teicrete.gr
 - iiu.teikav.edu.gr
 - www.wikipedia.org
 - www.bp.com/statisticalreview
 - www.alstom.com