

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία:
Μέτρα Αύξησης Βαθμού Απόδοσης Ατμοηλεκτρικών Μονάδων

Όνοματεπώνυμο: *Ευστάθιος Φραγκογιαννόπουλος*
Αρ. Φοιτ. Μητρώου: *02102620*
Ακαδημαϊκό Έτος: *2007-2008*
Επιβλέπων Καθηγητής: *Κ^{ος} Ε. Κακαράς*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

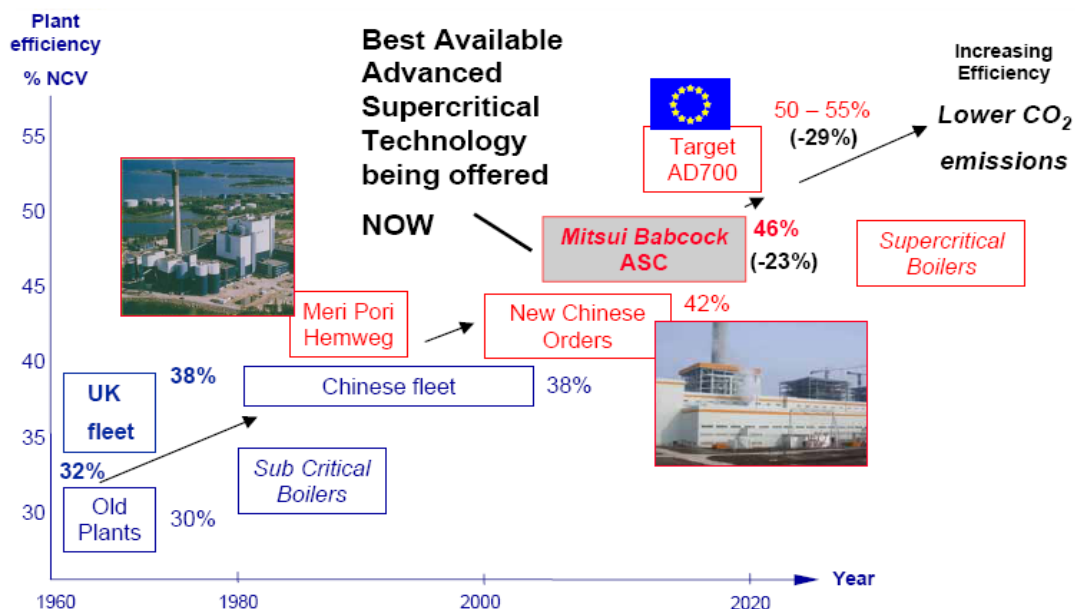
1.	Κεφάλαιο 1^ο	3
	• Εισαγωγή	3
	• Περιγραφή Ατμοηλεκτρικών Μονάδων	5
	• Βαθμός Απόδοσης Μονάδας	13
2.	Κεφάλαιο 2^ο	15
	• Μοντελοποίηση Μονάδων με Χρήση του Προγράμματος GateCycle	15
	• Περιγραφή Υπό Εξέταση Μονάδων	17
3.	Κεφάλαιο 3^ο	28
	• Δράσεις για Βελτίωση του Βαθμού Απόδοσης	28
	• Μοντελοποίηση των Δράσεων Βελτίωσης του Βαθμού Απόδοσης	31
4.	Κεφάλαιο 4^ο	45
	• Οικονομική Αξιολόγηση των Μέτρων Αύξησης Βαθμού Απόδοσης	45
	• Γενικά Συμπεράσματα	46
5.	Παράρτημα – Κύρια Αποτελέσματα από GateCycle	48
6.	Βιβλιογραφία	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή

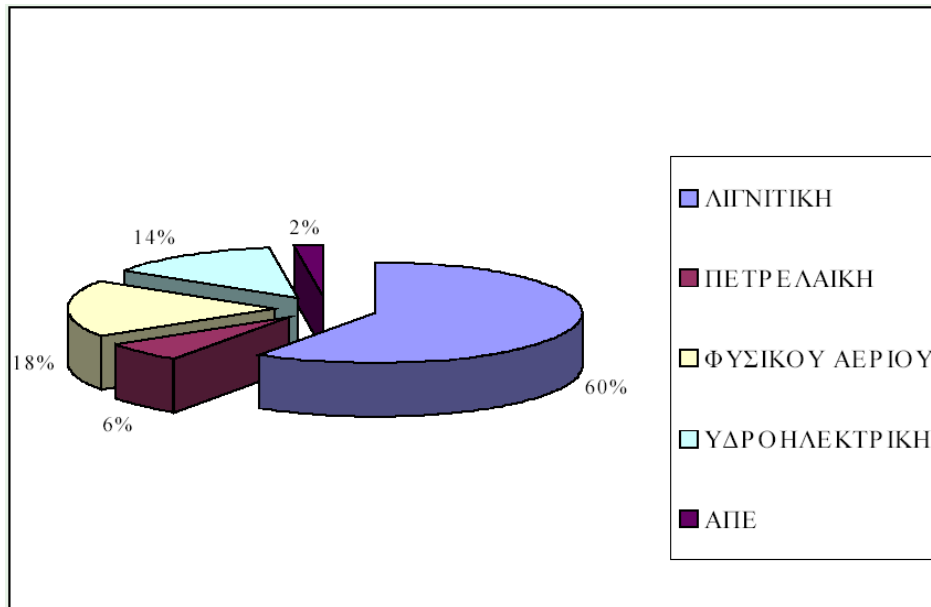
Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί αποτελούν το κύριο μέσο ηλεκτροπαραγωγής σε παγκόσμιο επίπεδο, και προβλέπεται ότι θα παραμείνει στο μεσοπρόθεσμο μέλλον. Οι ΑΗΣ χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα, κυρίως γαιάνθρακες και φυσικό αέριο. Στο παρακάτω Σχ. 1 [8] φαίνεται η εξέλιξη του βαθμού απόδοσης με την πάροδο του χρόνου. Παρατηρούμε ότι μελλοντικός στόχος είναι ΑΗΣ με βαθμό απόδοσης της τάξης των 55%.

Το ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής στηρίζεται σε σημαντικό βαθμό σε ΑΗΣ σχετικά χαμηλού βαθμού απόδοσης με καύσιμο λιγνίτη χαμηλής ποιότητας, καθώς και πετρέλαιο, ενώ πιο πρόσφατα έχει ξεκινήσει η εγκατάσταση νέων μονάδων συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τις αυξημένες εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα, κάτι που συμβάλλει στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στα πλαίσια του πρωτοκόλλου του Κιότο και της μετά-Κιότο εποχής και των υποχρεώσεων που έχει αναλάβει η Ελλάδα, η βελτίωση του βαθμού απόδοσης των υφισταμένων ΑΗΣ είναι επιτακτική ανάγκη για το ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής. Η παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθεί συνεπώς με τη μελέτη της δυνατότητας αύξησης του βαθμού απόδοσης σε ατμοηλεκτρικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και την οικονομική αξιολόγηση των μέτρων αυτών .



Σχήμα 1: Διαχρονική αύξηση του βαθμού απόδοσης ΑΗΣ [8]

Το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα αποτελείται κυρίως από λιγνιτικούς/ανθρακικούς ΑΗΣ. Συγκεκριμένα, το 60% της ενεργειακής ζήτησης καλύπτεται από λιγνιτικούς ΑΗΣ, ενώ το υπόλοιπο από πετρελαϊκούς (6%), φυσικού αερίου (18%), υδροηλεκτρικούς (14%), και ανανεώσιμες πηγές (2%). Η ποσοστιαία κατανομή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2006 φαίνεται στο παρακάτω Σχ.2. [3]



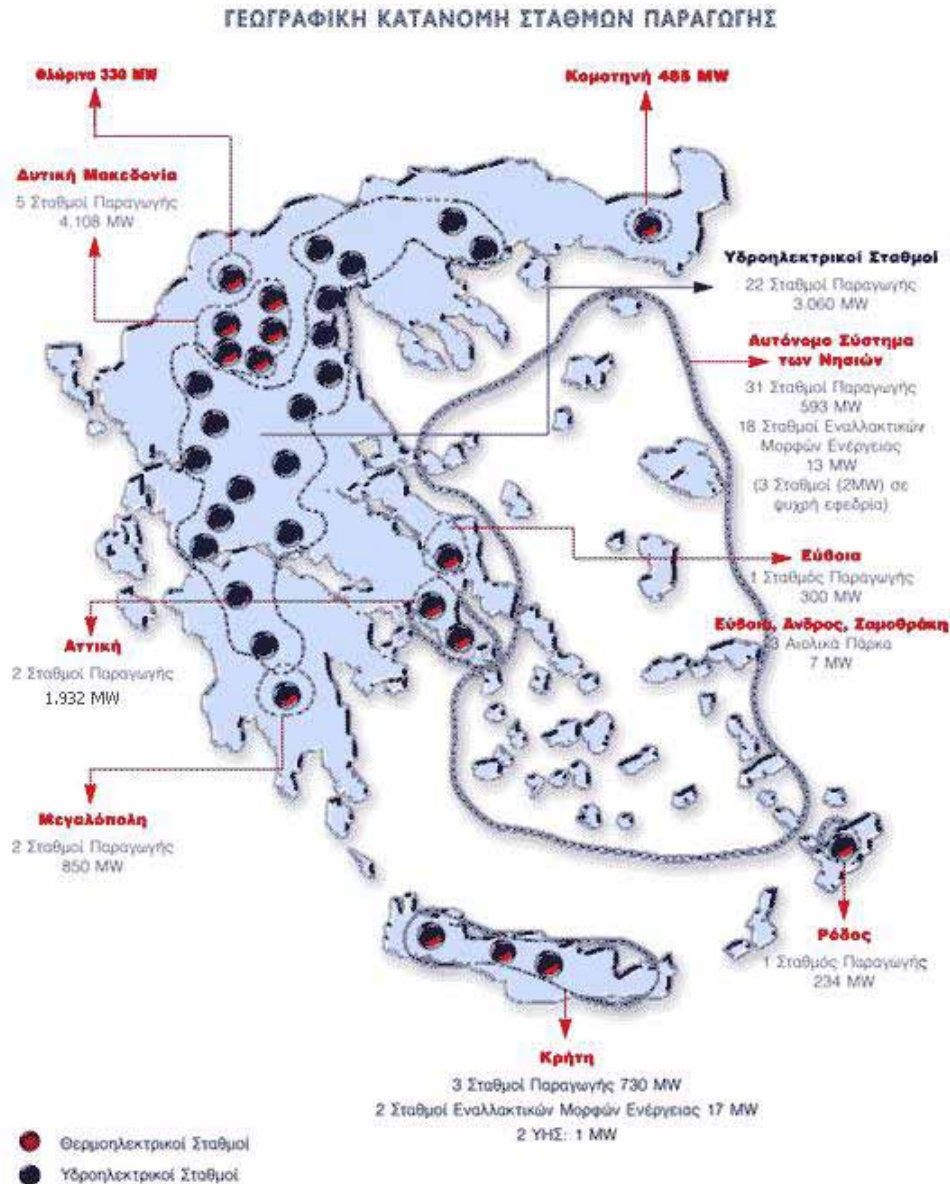
Σχήμα 2: Ποσοστιαία κατανομή παραγωγής ηλ. ενέργειας στην Ελλάδα [3]

Η εξόρυξη του λιγνίτη πραγματοποιείται κυρίως σε τρεις περιοχές της Ελλάδος: Πτολεμαΐδα, Φλώρινα, και Μεγαλόπολη. Συνολικά η ετήσια παραγωγή λιγνίτη το 2006 ανήλθε σε περ. 62,5 εκ. τόνους, εκ των οποίων οι 50 εκ. τόνοι προέρχονται από την βόρεια Ελλάδα (Πτολεμαΐδα και Φλώρινα). [9] Σχεδόν ολόκληρη η παραγωγή χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή. Συνολικά, η εγκατεστημένη ισχύς από λιγνιτικούς ΑΗΣ στη χώρα ανέρχεται περίπου στα 5300MW. Στο Σχ. 3 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς των ελληνικών ΑΗΣ.

Σημαντικός ανερχόμενος παράγοντας στην ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα είναι το φυσικό αέριο, το οποίο εκτιμάται ότι θα υποκαταστήσει σημαντικό μέρος της ηλεκτροπαραγωγής από λιγνίτη και πετρέλαιο, ως κύριο καύσιμο στους ΑΗΣ. Με τη χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο μειώνεται σημαντικά η εκπομπή ρύπων στο περιβάλλον, ενώ παράλληλα μειώνεται και η κατανάλωση καυσίμου για την ίδια παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ, δεδομένης της εφαρμογής του σε συνδυασμένους κύκλους υψηλού βαθμού απόδοσης. Η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων φυσικού αερίου στο ελληνικό δίκτυο το 2006 ανερχόταν στα 1.970 MW. [9] Η εισχώρηση του φυσικού αερίου στις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους:

- i) με πρόταξη αεριοστροβίλου στον υπάρχοντα ατμοπαραγωγό, τα καυσαέρια του οποίου αποτελούν φορείς οξυγόνου και θερμότητας στο λέβητα, που καίει λιγνίτη

ii) με σύζευξη από την πλευρά νερού/ατμού μιας μονάδας συνδυασμένου κύκλου με τον υπάρχοντα ατμοπαραγωγό

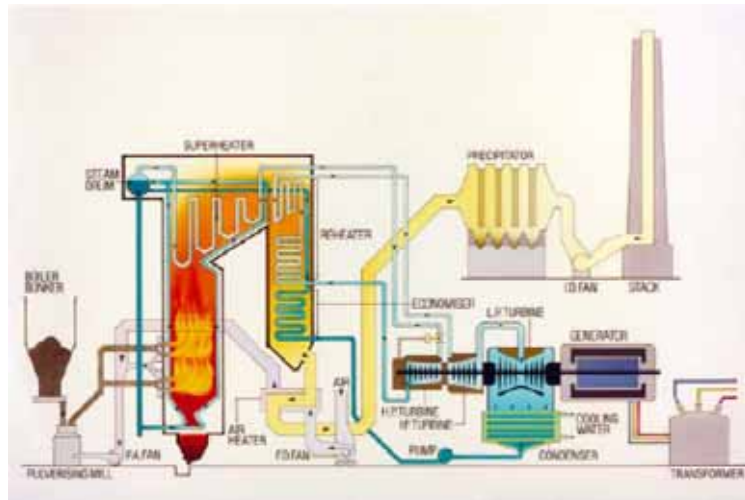


Σχήμα 3: Χάρτης εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα [9]

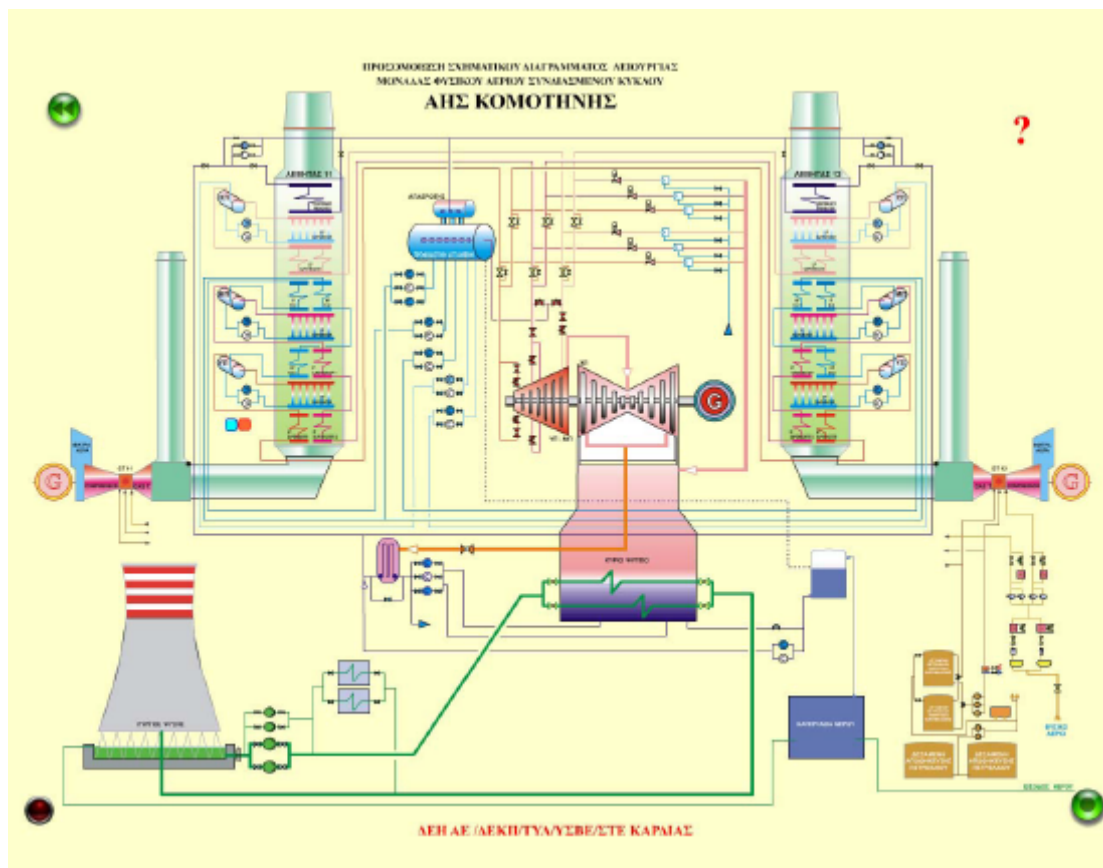
Περιγραφή Ατμοηλεκτρικών Μονάδων

Η ατμοηλεκτρική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής αποτελείται από πολλές συνιστώσες. Κατά κύριο λόγο, ένας ΑΗΣ αποτελείται από: ατμοπαραγωγό, υπερθερμαντήρες, ατμοστροβίλους, προθερμαντήρες νερού και αέρος, απαεριοτή, συμπυκνωτή, αντλίες νερού, αέρος και καυσαερίων, γεννήτριες, και μειωτήρες στροφών. Σε ΑΗΣ συνδυασμένου κύκλου συμπεριλαμβάνουμε στον εξοπλισμό και μονάδα αεριοστροβίλου. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με λιγνιτικούς και φυσικού αερίου ΑΗΣ απλού κύκλου. Στα παρακάτω Σχ. 4

[6] και Σχ. 5 [3] παρίστανται τυπικές διατάξεις λιγνιτικού και συνδυασμένου κύκλου ΑΗΣ αντίστοιχα.



Σχήμα 4: Τυπική διάταξη λιγνιτικού ΑΗΣ [6]



Σχήμα 5: Υπάρχουσα διάταξη ΑΗΣ συνδυασμένου κύκλου [3]

Ατμοπαραγωγός

Ο ατμοπαραγωγός είναι το τμήμα του ΑΗΣ το οποίο παράγει τον κορεσμένο, υπέρθερμο, και ανάθερμο ατμό. Εκμεταλλεύεται την θερμότητα των καυσαερίων και της ακτινοβολίας που παράγονται κατά την καύση του καυσίμου (στερεό, υγρό ή αέριο). Στην ουσία αποτελεί έναν

εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ ενός ρεύματος θερμού καυσαερίου και ενός ρεύματος νερού, που καθώς διαρρέει τον ατμοπαραγωγό, μετασχηματίζεται σταδιακά σε κορεσμένο και υπέρθερμο ατμό, παίρνοντας θερμότητα από το καυσαέριο. Τα δύο αυτά ρεύματα είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και στεγανά μεταξύ τους. Η θερμότητα μεταδίδεται μέσα από τα τοιχώματα των αγωγών των δύο ρευμάτων, από τον φορέα θερμότητας (καυσαέριο) προς το εργαζόμενο μέσο (νερό). Η θερμαινόμενη επιφάνεια ή επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας ονομάζεται η επιφάνεια των τοιχωμάτων των αγωγών νερού/ατμού που έρχεται σε επαφή με το καυσαέριο.

Το σύστημα αγωγών του εργαζόμενου μέσου αποτελείται συνήθως από πολλούς παράλληλους σωλήνες μικρής διαμέτρου. Η σχετικά μικρή διάμετρος ευνοεί την μετάδοση θερμότητας από τον φορέα στο εργαζόμενο μέσο διότι αυξάνει την επιφάνεια συναλλαγής. Η καύση του καυσίμου και η δημιουργία του καυσαερίου πραγματοποιείται σε ειδικό χώρο του ατμοπαραγωγού που ονομάζεται *θάλαμος καύσης*. Η παραγωγή του υπέρθερμου ατμού γίνεται σε τρία στάδια: 1)την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού μέχρι τη θερμοκρασία κορεσμού, 2)την ατμοποίηση του νερού σε κορεσμένο ατμό, και 3)την υπερθέρμανση του κορεσμένου ατμού. Και τα τρία στάδια πραγματοποιούνται εντός του ατμοπαραγωγού. Υπάρχει ξεχωριστή διάταξη μέσα στον ατμοπαραγωγό για την υλοποίηση του κάθε σταδίου. Ο ρόλος και η λειτουργία της κάθε διάταξης εξηγείται πιο κάτω.

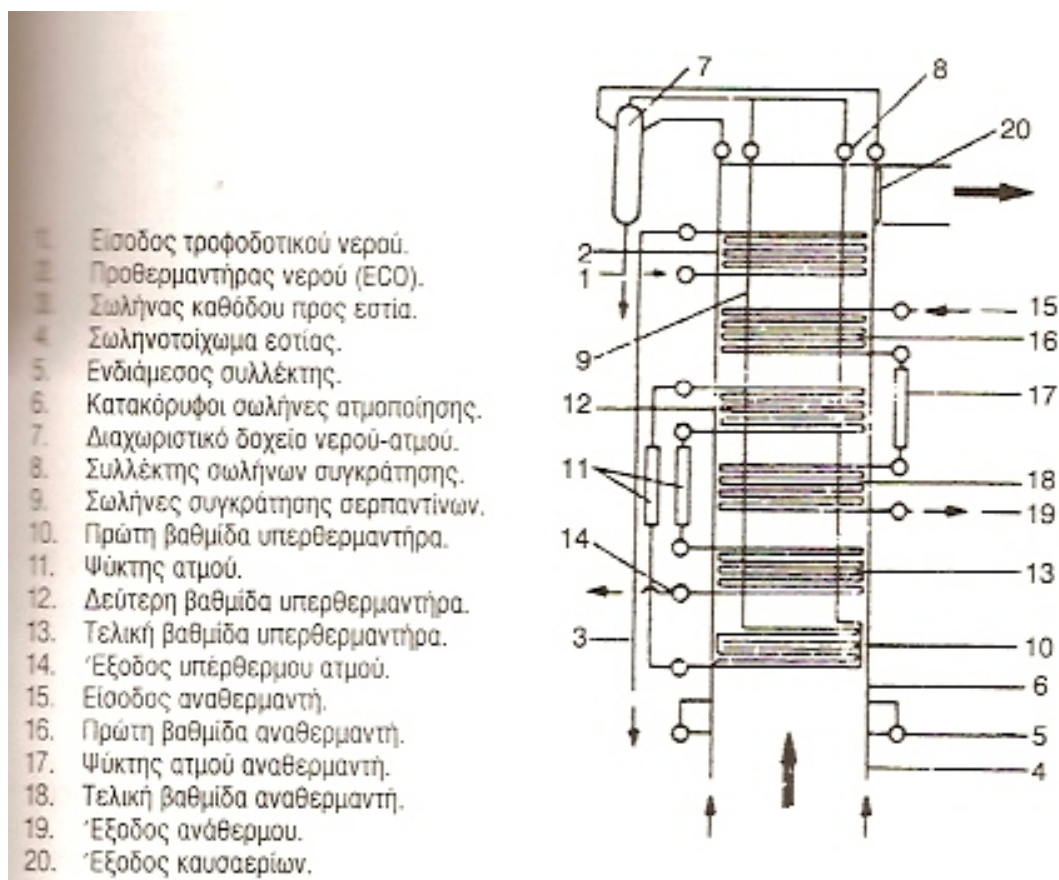
Εν γένει ο θάλαμος καύσης περιλαμβάνει περιμετρικά σειρά αγωγών εργαζόμενου μέσου ώστε να εκμεταλλεύεται και την θερμότητα της παραγόμενης ακτινοβολίας της καύσης. Είναι η πρώτη «δέσμη» σωλήνων του εργαζόμενου μέσου οι οποίοι προσλαμβάνουν θερμότητα, και ονομάζονται *ατμοποιητής*. Σε αυτόν, παράγεται ο κορεσμένος ατμός. Παράδειγμα δέσμης αγωγών παριστάνεται παρακάτω στο Σχ.6.



Σχήμα 6: Διάταξη δέσμης αγωγών ενός υπερθερμαντή

Στη συνέχεια, ο κορεσμένος ατμός υπερθερμαίνεται χρησιμοποιώντας νέα δέσμη σωλήνων, η οποία ονομάζεται *υπερθερμαντής*, και είναι τοποθετημένη σε κατάλληλα διαμορφωμένο οχετό στον οποίο κυκλοφορεί το καυσαέριο μετά την έξοδό του από την εστία. Στον οχετό καυσαερίου μετά τον υπερθερμαντήρα τοποθετείται άλλη δέσμη από σωλήνες στις οποίες ρέει το εργαζόμενο μέσο, ο *αναθερμαντής* και έχει σκοπό την ενδιάμεση αναθέρμανση του εργαζόμενου μέσου ύστερα από μερική αποτόνωση στο στρόβιλο υψηλής πίεσης.

Ο οικονομητήρας (Economizer ή ECO) αποτελεί τη τελευταία δέσμη αγωγών νερού/ατμού η οποία θερμαίνεται από θερμό καυσαέριο. Ρόλος του είναι η θέρμανση του νερού παροχής. Στη συνέχεια το νερό τροφοδοτείται στον ατμοποιητή. Στο Σχ. 7 [1] φαίνονται οι επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας σε ατμοπαραγωγό εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.



Σχήμα 7: Διάταξη επιφανειών συναλλαγής θερμότητας ατμοπαραγωγού εξαναγκασμένης κυκλοφορίας [1]

Ατμοστρόβιλος

Ο ατμοστρόβιλος είναι το τμήμα του ΑΗΣ το οποίο εκμεταλλεύεται την θερμική ενέργεια του υπέρθερμου ατμού, μετατρέποντάς την σε μηχανική ενέργεια. Ο υπέρθερμος ατμός εκτονώνεται μέσα στον ατμοστρόβιλο, εξαναγκάζοντας την περωτή να περιστρέφεται με αποτέλεσμα την περιστροφή της ατράκτου της περωτής. Η μετατροπή ενέργειας σε κινητική γίνεται με τη βοήθεια περυγίων (οδηγών ή κινητών). Κατά τη μετατροπή της θερμικής σε κινητική ενέργεια, η δέσμη του ατμού αποκτά μεγάλη ταχύτητα. Η κινητική αυτή ενέργεια, λόγω αλλαγής της κατεύθυνσης της δέσμης του ατμού στα κινητά περύγια, δημιουργεί μια περιφερειακή δύναμη ώσης και η οποία δημιουργεί τη ροπή στρέψης στην άτρακτο του στροβίλου. Κάθε ατμοστρόβιλος αποτελείται από δύο μέρη:

I) το κέλυφος το οποίο παραμένει σταθερό και φέρει τα σταθερά περύγια ή τα ακροφύσια. Αυτά προσάγουν τον ατμό προς τον δρομέα, και παράλληλα μετατρέπουν την δυναμική ενέργεια του ατμού σε κινητική, με αποτέλεσμα την πτώση της πίεσής του.

II) την κινητή στεφάνη (δρομέας ή περωτή) με τα κινητά περύγια. Εδώ πραγματοποιείται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ατμού σε κινητική της ατράκτου, ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε μηχανικό έργο υπό μορφή κίνησης του δρομέα.

Σε ΑΗΣ μεγάλης ισχύος χρησιμοποιούνται *πολυβάθμιοι* ατμοστρόβιλοι. Μία βαθμίδα αποτελείται από μία σειρά σταθερών περυγίων και μια σειρά κινητών περυγίων. Με την χρήση περισσότερων βαθμίδων εκμεταλλευόμαστε καλύτερα την ενέργεια της προσπίπτουσας παροχής ατμού, δηλαδή αυξάνουμε τον θερμικό βαθμό απόδοσης του ατμοστρόβιλου.

Επίσης χαρακτηριστικό στους ΑΗΣ είναι η χρήση σταδιακής εκτόνωσης του υπέρθερμου ατμού, πράγμα το οποίο υλοποιείται κάνοντας χρήση ατμοστρόβιλων υψηλής, μεσαίας, και χαμηλής πίεσης. Αυτό γίνεται λόγω των ιδιοτήτων κατασκευής ατμοστρόβιλων υψηλής, μεσαίας, και χαμηλής πίεσης. Ένας άλλος λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται ατμοστρόβιλοι ΥΠ, ΜΠ, και ΧΠ είναι ώστε να υπάρχει δυνατότητα περισσότερων απομαστεύσεων για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Η κάθε απομάστευση γίνεται για κάποια πίεση μεταξύ της πίεσης εισόδου και εξόδου, και είναι μόνο ένα ποσοστό της ολικής παροχής ατμού που διέρχεται από τον ατμοστρόβιλο.

Προθερμαντήρας νερού

Ο προθερμαντήρας νερού είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος χρησιμοποιεί απομάστευση ατμού από τον ατμοστρόβιλο για να θερμάνει το τροφοδοτικό προς τον ατμοπαραγωγό νερό.

Προθερμαντήρας αέρα καύσης

Ο προθερμαντήρας αέρα καύσης (LUVO) βρίσκεται πριν την έξοδο των καυσαερίων και αποτελεί το τελευταίο στάδιο εκμετάλλευσης της θερμότητας των καυσαερίων. Ουσιαστικά είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος προσδίδει θερμότητα από την ροή καυσαερίων προς την ροή αέρος καύσης. Χρησιμοποιείται για την βελτίωση του βαθμού απόδοσης του ατμοπαραγωγού, μειώνοντας την θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων. Επίσης συμβάλλει σημαντικά στην καλύτερη και ταχύτερη διεργασία καύσης, ιδίως όταν τα καύσιμα είναι μεγάλης περιεκτικότητας σε υγρασία. Περιορισμός στο ποσό θερμότητας που μπορεί να αφαιρεθεί από το ρεύμα καυσαερίων είναι το σημείο δρόσου του καυσαερίου. Δεν πρέπει ποτέ η τελική θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων να είναι ίση ή μικρότερη αυτού.

Απαεριοτής

Απαερίωση ονομάζουμε την απομάκρυνση από το νερό διαλυμένων αερίων, των οποίων η παρουσία προκαλεί επικίνδυνες διαβρώσεις στους σωλήνες, τύμπανα, συλλέκτες και προθερμαντήρες. Τα αέρια αυτά είναι το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, και το χλώριο. Ο απαεριοτής είναι ο μηχανισμός ο οποίος απομακρύνει τα αέρια από το νερό τροφοδοσίας. Απώτερος σκοπός της διαδικασίας είναι η αποφυγή της διάβρωσης των τοιχωμάτων των αγωγών νερού/ατμού, καθώς και των επιφανειών του ατμοστροβίλου. Κάθε φυσικό νερό περιέχει ελεύθερο H_2CO_3 το οποίο μπορεί να αφαιρεθεί με θερμική απαερίωση. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι που καθιστούν δυνατή την απομάκρυνση των διαβρωτικών αερίων από το τροφοδοτικό νερό του ατμοπαραγωγού: η φυσική και η χημική μέθοδος.

Η πιο σημαντική φυσική μέθοδος απαερίωσης είναι η θερμική. Η *θερμική απαερίωση* βασίζεται στο γεγονός ότι η διαλυτότητα αερίων στο νερό ελαττώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Σύμφωνα με τους νόμους του Henry και Dalton, η διαλυτότητα ενός αερίου στο νερό είναι ευθέως ανάλογη της μερικής πίεσης του αερίου στο νερό. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται η πίεση του υδρατμού και μειώνονται έτσι οι μερικές πιέσεις των διαλυμένων αερίων. Στο σημείο βρασμού η πίεση υδρατμού είναι τόσο υψηλή που οι μερικές πιέσεις των διαλυμένων αερίων να είναι μηδενικές. Έτσι θερμαίνεται το νερό μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού για την αντίστοιχη πίεση, οπότε μηδενίζεται η διαλυτότητα των αερίων και τότε τα αέρια μπορούν να απομακρυνθούν.

Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής χρησιμεύει στην συμπύκνωση του ατμού που βγαίνει από τον στρόβιλο. Ουσιαστικά είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ του ατμού εξόδου, και του ψυκτικού μέσου. Το ψυκτικό μέσο μπορεί να είναι νερό ή αέρας. Η πίεση του ατμού στο συμπυκνωτή είναι σημαντική διότι όσο πιο χαμηλή είναι, τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμική εκμετάλλευση

από τον στρόβιλο, άρα τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης. Ένας συμπυκνωτής αποτελείται από τον κυρίως συμπυκνωτή, αντλίες ψυκτικού νερού ή ανεμιστήρες ψυκτικού αέρα, αντλίες συμπυκνώματος, συσκευές αναρρόφησης του αέρα και δημιουργίας κενού, και σωλήνες, βαλβίδες, κλπ.

Ο συμπυκνωτής με ψυκτικό μέσο το νερό χρησιμοποιείται στους περισσότερους ΑΗΣ. Η ψύξη εν γένει γίνεται με νερό κατευθείαν από θάλασσα, λίμνη ή ποτάμι, ή με κλειστό κύκλωμα με εγκατάσταση ψύξης του ψυκτικού νερού (πχ. πύργοι ψύξης).

Γεννήτριες και μειωτήρες στροφών

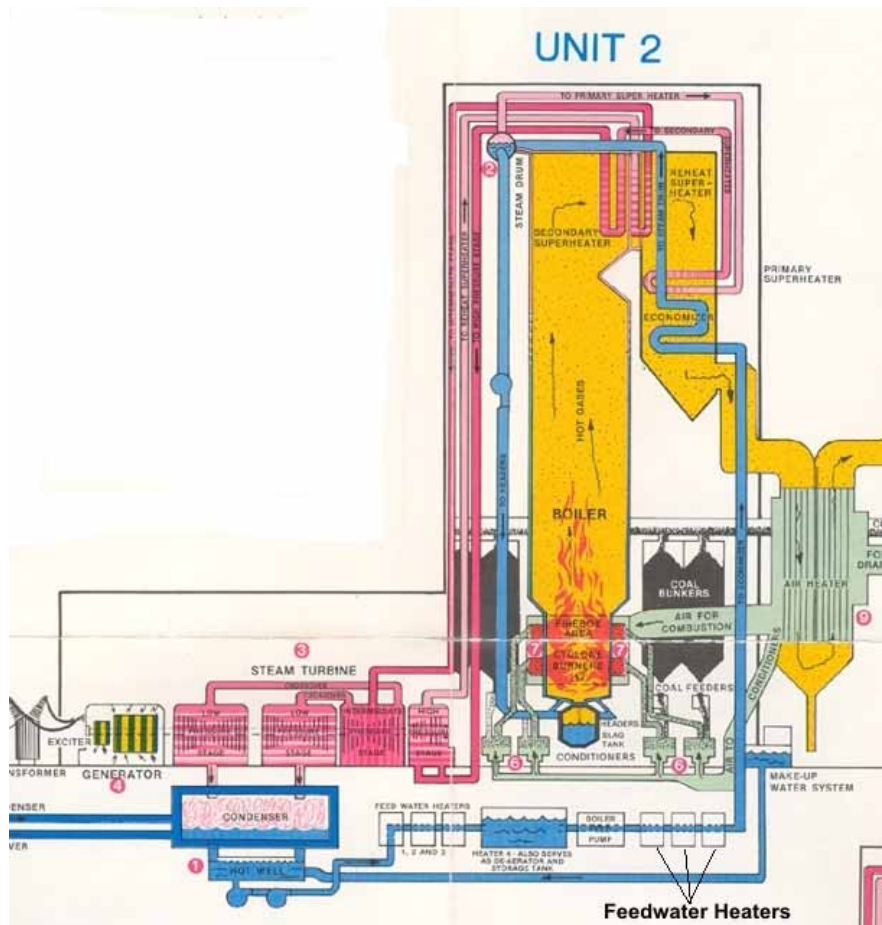
Η γεννήτρια είναι ο μηχανισμός ο οποίος μετατρέπει την μηχανική ενέργεια της άτρακτου του ατμοστροβίλου, σε ηλεκτρική ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρικού ρεύματος. Η άτρακτος της γεννήτριας συνδέεται με την άτρακτο του ατμοστροβίλου. Η περιοχή στροφών της γεννήτριας περιορίζεται από την απαιτούμενη συχνότητα του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος. Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται διάφοροι ΑΗΣ.



Σχήμα 8: ΑΗΣ Λαυρίου [3]



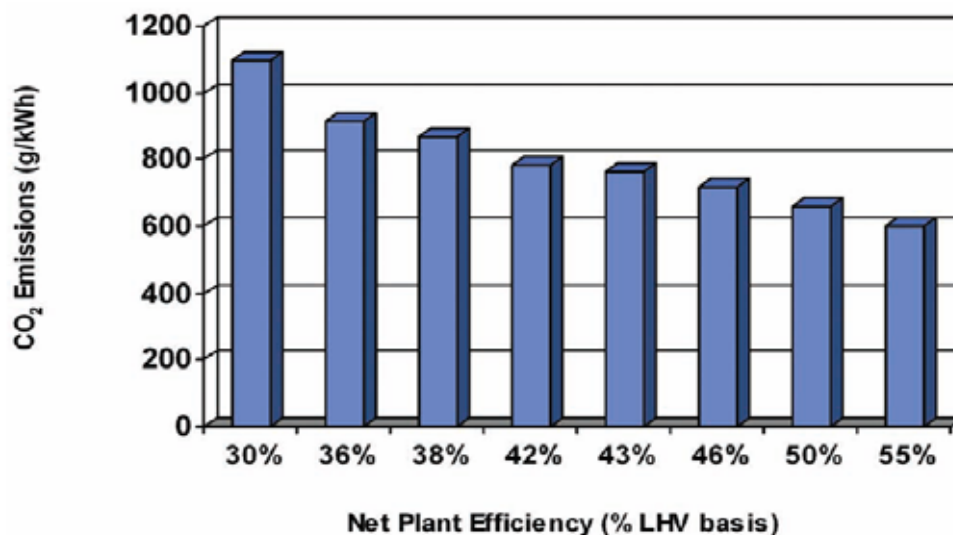
Σχήμα 9: ΑΗΣ Κομοτηνής [3]



Σχήμα 10: Τυπική διάταξη ανθρακικού ΑΗΣ [6]

Βαθμός Απόδοσης Μονάδας

Ο βαθμός απόδοσης ενός ΑΗΣ ορίζεται ως ο λόγος της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς κατανάλωση του ΑΗΣ (ωφέλιμη ισχύς), προς την καταναλισκόμενη θερμική ισχύ που προσδίδεται σε αυτόν από το καύσιμο. Αυξάνοντας τον βαθμό απόδοσης του σταθμού, απαιτείται πρόσδοση μικρότερου ποσού θερμότητας για την ίδια αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ. Η αύξησή του οδηγεί σε μείωση του μακροπρόθεσμου κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, διότι απαιτείται λιγότερο καύσιμο για την παραγωγή της ίδιας ωφέλιμης ηλεκτρικής ισχύος. Επίσης, η αύξησή του φέρνει σημαντικές μειώσεις εκπομπών ρύπων προς το περιβάλλον. Αυτή η τάση αύξησης του βαθμού απόδοσης φαίνεται διαχρονικά, καθώς οι πρώτοι σταθμοί του 1930 είχαν απόδοση 25% ενώ σήμερα έχουν απόδοση μέχρι και 60%! Στο Σχ. 11 [8] φαίνεται η μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με την αύξηση του βαθμού απόδοσης ΑΗΣ.



Σχήμα 11: Σχέση βαθμού απόδοσης ΑΗΣ και εκπομπών CO₂ [8]

Ο βαθμός απόδοσης ΑΗΣ η δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\eta = \frac{\dot{P}}{\dot{Q}} = \frac{\dot{Q} - \sum \dot{Q}_i}{\dot{Q}}$$

όπου Q το προσδιδόμενο έργο, P το ωφέλιμο έργο, και $\sum Q_i$ το άθροισμα όλων των ενεργειακών απωλειών του ΑΗΣ. Ισχύει ότι:

$$\dot{P} = \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_T \cdot \dot{m}_D \cdot (h_u - h_w)$$

όπου: η_m ο μηχανικός βαθμός απόδοσης αμοστρόβιλου, γεννήτριας και κιβωτίου ταχυτήτων

η_g ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας

η_T ο θερμικός βαθμός απόδοσης του αμοστρόβιλου

m_D η παροχή μάζας ατμού προς τον αμοστρόβιλο

- h_u η ενθαλπία του ατμού στην είσοδο του αμοστρόβιλου

- h_w η ενθαλπία του ατμού/νερού κατά την έξοδό του από τον αμοστρόβιλο

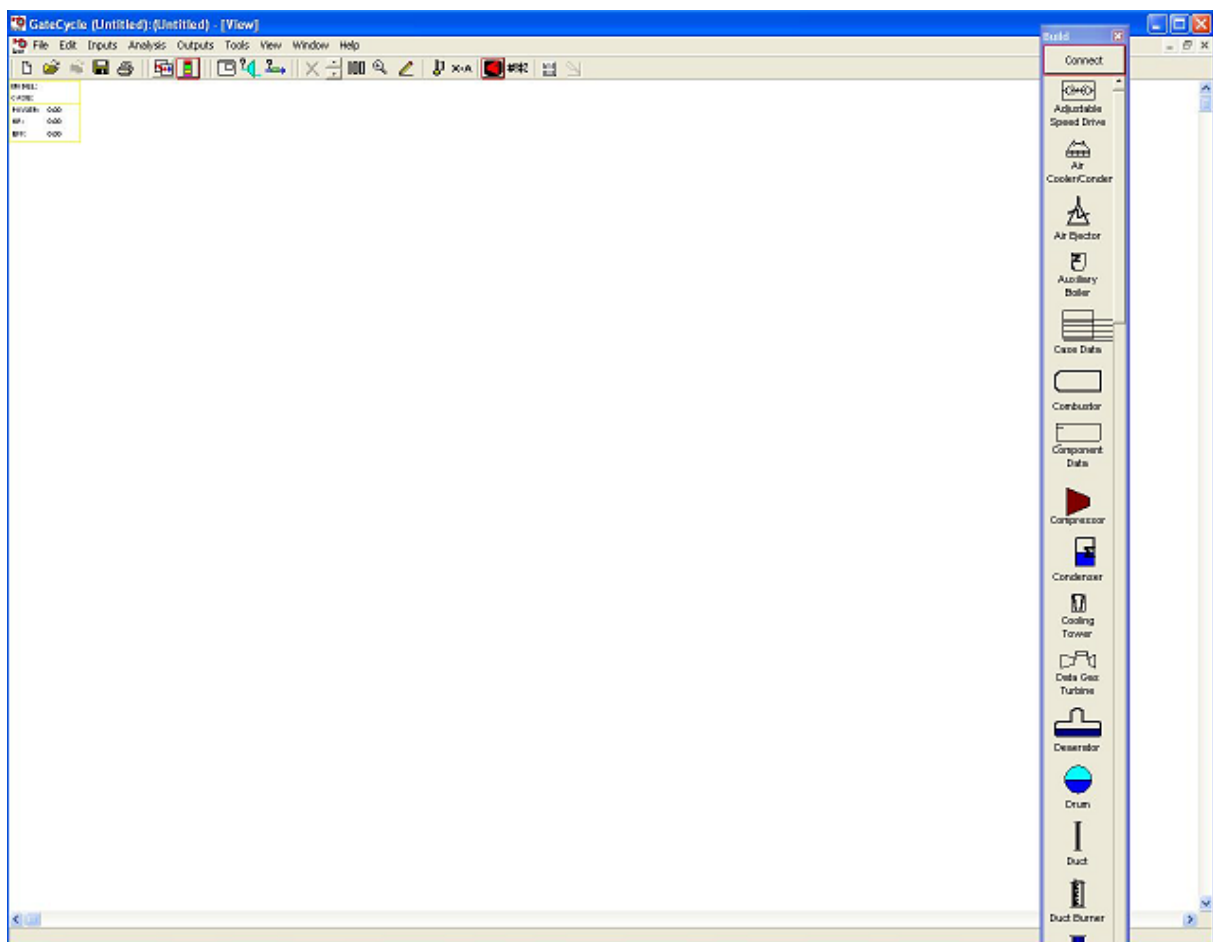
Με την πάροδο του χρόνου, οι περιβαλλοντικές συνέπειες των ΑΗΣ και τα μέτρα προστασίας του επηρεάζουν όλο και περισσότερο την βιομηχανία ηλεκτροπαραγωγής σε παγκόσμιο επίπεδο. Δημιουργούνται νόμοι και περιορισμοί στις εκπομπές ρύπων από ΑΗΣ, οι οποίοι γίνονται σταδιακά πιο αυστηροί. Γίνονται μεγάλες προσπάθειες από τις κυβερνήσεις χωρών αλλά κυρίως από την Ευρωπαϊκή Ένωση για περιορισμό των εκπομπών ρύπων από ΑΗΣ. Απόδειξη των προσπαθειών αυτών είναι η Οδηγία 88/609/EEC της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία τέθηκε σε ισχύ το 1988. Η οδηγία καθορίζει τις οριακές τιμές εκπομπών ρύπων από τις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης (ισχύος μεγαλύτερης των 50MW_{th}). Μια νέα έκδοση της Οδηγίας εκδόθηκε το 1998 με σκοπό την εφαρμογή της από τον Ιανουάριο του 2000.

Ο πιο πρόσφατος καρπός της προσπάθειας για προστασία του περιβάλλοντος είναι το Πρωτόκολλο του Κιότο. Σύμφωνα με αυτό, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αναλάβει τη δέσμευση να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% μέχρι το 2008 - 2012, σε σχέση με το έτος βάσης. Κάθε κράτος μέλος έχει αναλάβει ένα εθνικό στόχο περιορισμού των εκπομπών, με δεδομένη την διατήρηση του καθολικού στόχου για την Ε.Ε. Στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την περίοδο 2008 – 2012, την απόφαση 2002/358/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του ελληνικού νόμου 3017/2002 με τον οποίο επικυρώθηκε από την Ελλάδα το Πρωτόκολλο, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα επιτρέπεται να είναι αυξημένες μέχρι έως και 25% σε σχέση με τα επίπεδα των αντίστοιχων εκπομπών του έτους βάσης (έτος 1990 για CO_2 , CH_4 , N_2O και 1995 για HFCs , PFCs , SF_6). Η εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα αναμένεται ότι θα ξεπεράσει τον στόχο που έχει τεθεί, εάν δεν ληφθούν πρόσθετα μέτρα προς την βελτίωση των ήδη εν λειτουργία σταθμών [7].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

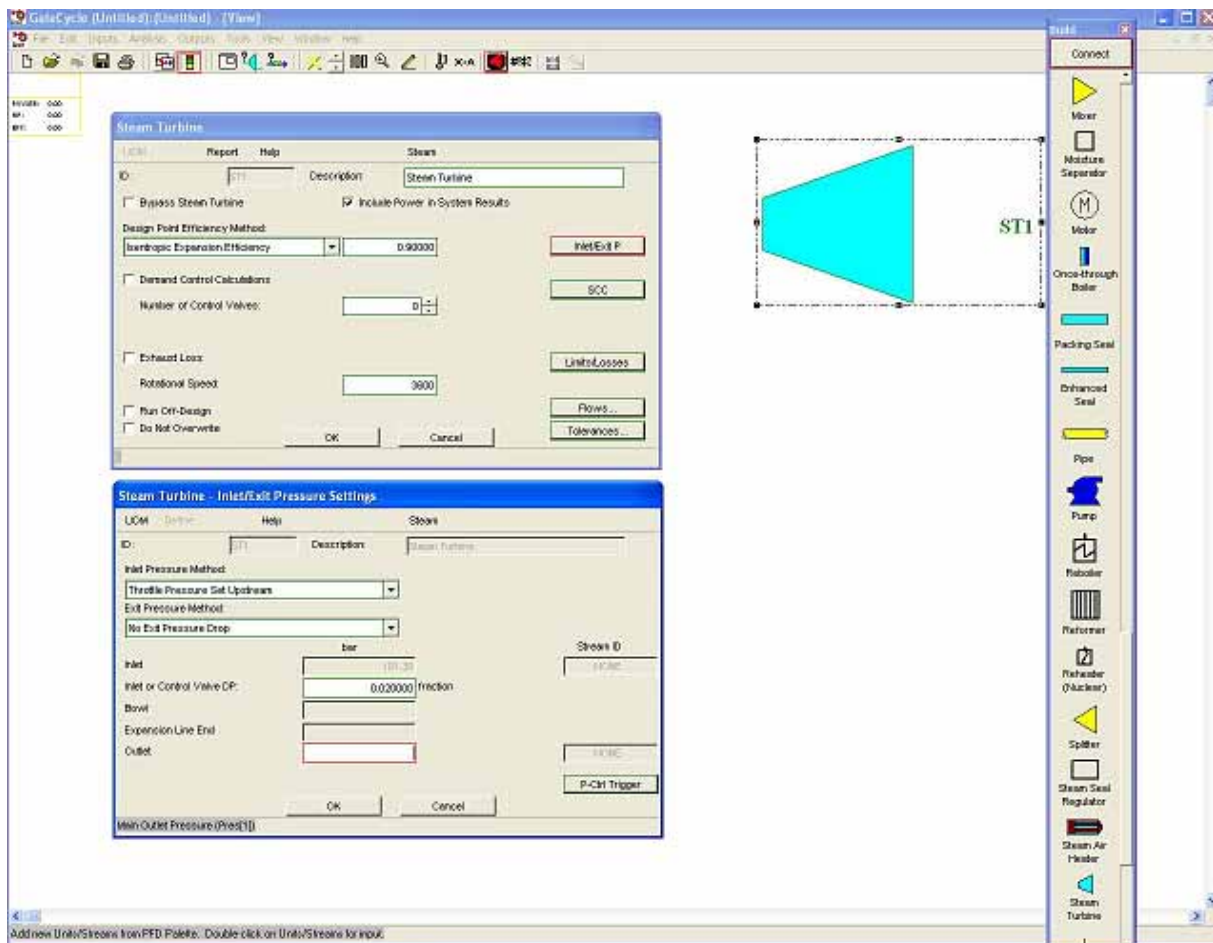
Μοντελοποίηση Μονάδων με Χρήση του Προγράμματος GateCycle

Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης των υπό μελέτη ΑΗΣ, έγινε χρήση του λογισμικού προσομοίωσης GateCycle 5.51 της GE. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα και τα σχέδια των σταθμών από τη ΔΕΗ ΑΕ, ώστε να σχεδιασθεί το μοντέλο στην επιφάνεια σχεδιασμού του λογισμικού. Το GateCycle επιτρέπει τη σχεδίαση του ΑΗΣ σε γραφικό περιβάλλον με τέτοιο τρόπο ώστε να απλοποιείται η διαδικασία μοντελοποίησης. Η κάθε συνιστώσα του ΑΗΣ (καυστήρες, στρόβιλοι, κλπ) αντιστοιχεί σε ένα εικονίδιο στην επιφάνεια σχεδίασης. Στη δεξιά πλευρά της οθόνης υπάρχει μια παλέτα σχεδίασης στην οποία ο σχεδιαστής επιλέγει το εικονίδιο που αντιστοιχεί στον εξοπλισμό που θέλει να τοποθετήσει στην επιφάνεια σχεδίασης. Στο Σχ. 12 φαίνεται η επιφάνεια σχεδίασης, η παλέτα σχεδίασης, καθώς και μερικά εικονίδια προσομοίωσης.




Σχήμα 12: Επιφάνεια σχεδίασης στο GateCycle

Αφού τοποθετηθούν οι συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης, συνδέονται μεταξύ τους με αγωγούς (οι οποίοι στο λογισμικό αποκαλούνται ρεύματα - streams, συμβολίζονται με το λατινικό χαρακτήρα S και είναι αριθμημένοι κατά σειρά τοποθέτησης, πχ. S52). Όταν τοποθετηθεί το εικονίδιο ενός στοιχείου του ΑΗΣ τότε καλείται ο σχεδιαστής να εισάγει κάποιες απαραίτητες ελάχιστες πληροφορίες που περιγράφουν τη λειτουργία του, ώστε να μπορέσει το λογισμικό στη συνέχεια να υπολογίσει τα υπόλοιπα μεγέθη. Η εισαγωγή των απαραίτητων τιμών λειτουργίας γίνεται σε ένα παράθυρο που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο στοιχείο, το οποίο ανοίγει αυτόματα όταν γίνει διπλό κλικ πάνω στο αντίστοιχο εικονίδιο. Στο Σχ. 13 φαίνεται το παράθυρο εισαγωγής τιμών για έναν ατμοστρόβιλο.



Σχήμα 13: Παράθυρο εισαγωγής τιμών για ατμοστρόβιλο στο GateCycle

Μετά την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των εικονιδίων και την κατάλληλη σύνδεσή τους με ρεύματα, πραγματοποιείται η προσομοίωση του σταθμού. Αυτό γίνεται πατώντας το κουμπί προσομοίωσης στην γραμμή εργαλείων με το εικονίδιο . Εάν το περίγραμμα του εικονιδίου είναι κόκκινο τότε υπάρχει έλλειψη πληροφοριών και πρέπει να εισαχθούν για να είναι δυνατή η ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Για να δούμε ποιες πληροφορίες υπολείπονται φτάνει να πατήσουμε το κουμπί προσομοίωσης και εμφανίζεται ένα παράθυρο που παρουσιάζει τα στοιχεία του μοντέλου που έχουν ελλιπείς πληροφορίες. Κατά τη

προσομοίωση υπολογίζονται αυτόματα όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά μεγέθη, θερμοδυναμικά και μη, για κάθε στοιχείο και αγωγό του μοντέλου.

Η πιο απλή μοντελοποίηση ενός σταθμού γίνεται προσθέτοντας λίγες συνιστώσες κάθε φορά και τρέχοντας την προσομοίωση ώστε να επιτυγχάνεται σύγκλιση. Εάν κατά τη σχεδίαση τοποθετηθούν όλα τα στοιχεία ταυτόχρονα και στη συνέχεια τρέξουμε την προσομοίωση, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το μοντέλο να μη συγκλίνει. Η διαδικασία εύρεσης των ρυθμίσεων που απαιτούνται για σύγκλιση είναι αρκετά δύσκολη και απαιτεί κάποια σχετική εμπειρία για την διεκπεραίωσή της. Για βοήθεια προς τον χρήστη το λογισμικό δημιουργεί αρχείο σφαλμάτων κάθε φορά που τρέχει η προσομοίωση ώστε να είναι δυνατή η εύρεση και επίλυσή τους. Συνήθως όμως τα σφάλματα είναι αλυσιδωτά με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η εύρεση της αιτίας της μη σύγκλισης.

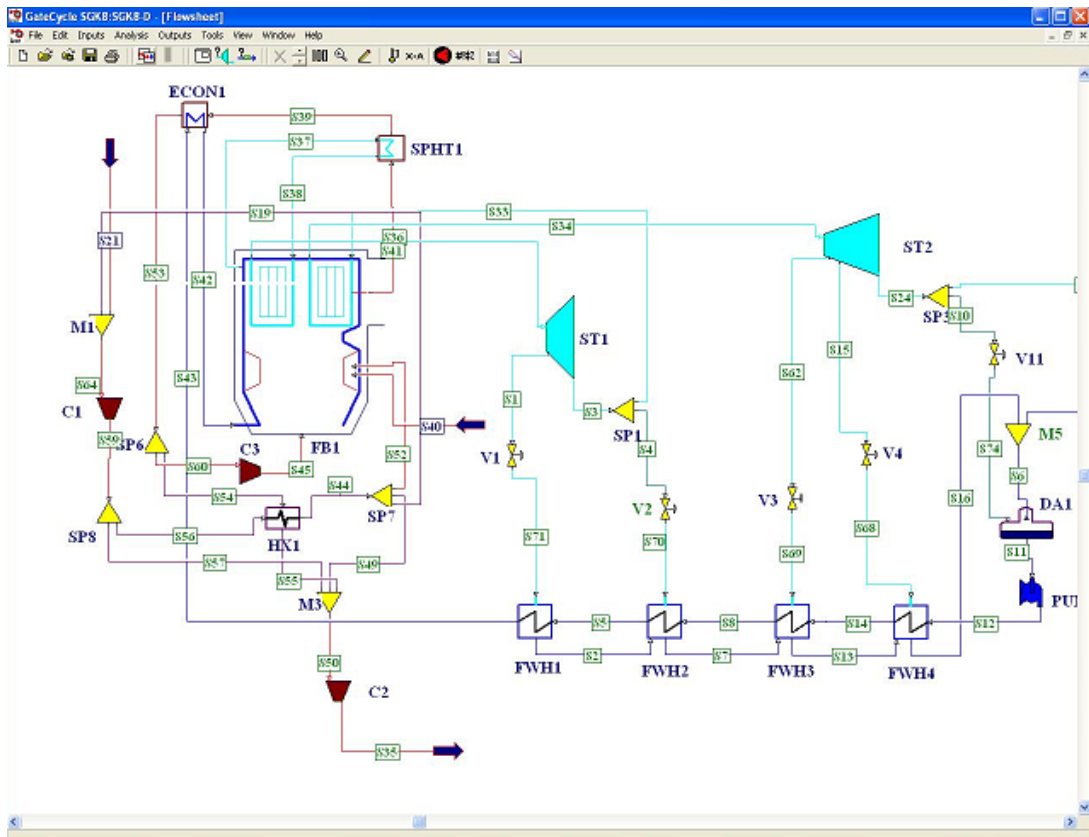
Ύστερα από το τρέξιμο της προσομοίωσης και την επίτευξη της σύγκλισης του μοντέλου είναι δυνατόν να παρασταθούν όλα τα αποτελέσματα των υπολογισμών σε μορφή πινάκων. Για κάθε αγωγό το GateCycle αποδίδει την πίεση, παροχή, θερμοκρασία και ενθαλπία του μέσου που ρέει σε αυτόν. Για κάθε στοιχείο του μοντέλου το λογισμικό υπολογίζει όλα τα στοιχεία της/των ροής/ροών, καθώς και ότι άλλα χαρακτηριστικά μεγέθη ταυτίζουν το στοιχείο. Και πάλι οι τιμές που υπολογίζονται παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα. Επίσης υπολογίζεται ο βαθμός απόδοσης και η ολική ωφέλιμη ισχύς που παράγεται από τον ΑΗΣ.

Περιγραφή Υπό Εξέταση Μονάδων

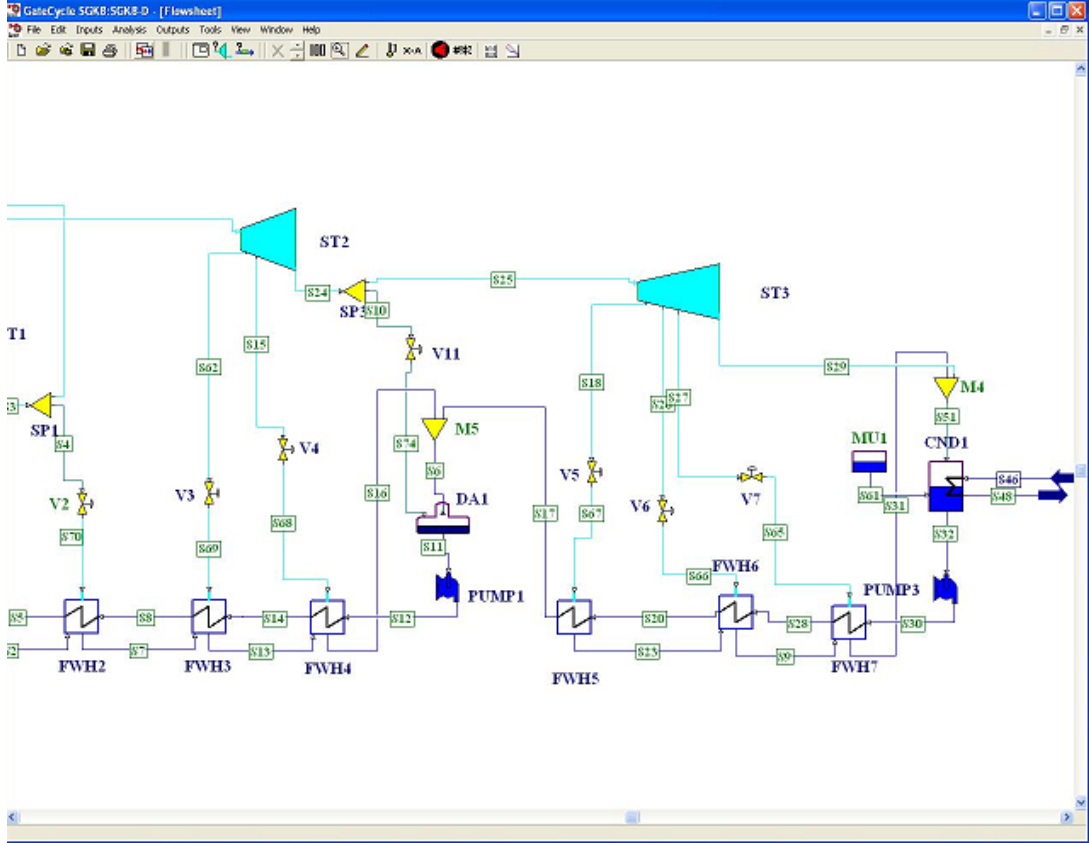
Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μοντελοποίηση τριών ΑΗΣ της ΔΕΗ ΑΕ: των μονάδων 8 και 9 του Αγ. Γεωργίου και της μονάδας 5 του Αγ. Δημητρίου. Παρακάτω περιγράφεται η κάθε μονάδα και παρουσιάζεται το μοντέλο προσομοίωσης και τα αποτελέσματα της, στην κατάσταση σχεδιασμού της μονάδας (δοκιμές παραλαβής – acceptance tests), σύμφωνα με τα παρεχόμενα από την ΔΕΗ στοιχεία.

Μονάδα 8 Αγίου Γεωργίου

Η μονάδα 8 του Αγίου Γεωργίου στο Κερατσίνι είναι ΑΗΣ ισχύος 150MW με καύσιμο φυσικό αέριο. Το κύκλωμα νερού/ατμού αποτελείται από αμοστρόβιλο τριών βαθμίδων (υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης) και επτά προθερμάνσεις νερού δι'ατμού. Το κύκλωμα του καυσαερίου περιλαμβάνει τον αμοποιητή, τρεις υπερθερμαντές, δυο αναθερμαντές, τον οικονομητήρα και προθερμαντήρα αέρος (LUVVO).



Σχήμα 14: Κύκλωμα καυσαερίου και κύκλωμα νερού/ατμού της Μονάδας 8 του Αγ. Γεωργίου (1/2)



Σχήμα 15: Κύκλωμα νερού/ατμού της Μονάδας 8 του Αγ. Γεωργίου (2/2)

Ο αμοστρόβιλος υψηλής πίεσης (ST1) τροφοδοτείται με υπέρθερμο ατμό και έχει μια απομάστευση σε ενδιάμεση πίεση, η οποία οδηγείται στον αντίστοιχο προθερμαντή νερού (FWH3). Κατά την έξοδό του ο ατμός οδηγείται στους εν σειρά αναθερμαντές. Ο ανάθερμος ατμός τροφοδοτεί τον αμοστρόβιλο μέσης πίεσης (ST3), ο οποίος έχει δύο ενδιάμεσες απομαστεύσεις. Ένα μέρος από τον ατμό εξόδου του στροβίλου χρησιμοποιείται για την απαερίωση του τροφοδοτικού νερού. Το υπόλοιπο οδηγείται απευθείας στον αμοστρόβιλο χαμηλής πίεσης (ST4). Ο αμοστρόβιλος χαμηλής πίεσης έχει τρεις απομαστεύσεις που προθερμαίνουν το νερό τροφοδοσίας. Η έξοδος του στροβίλου χαμηλής πίεσης οδηγείται προς τον συμπυκνωτή και εν συνέχεια προς προθέρμανση στους προθερμαντές. Στα σχ. 14 και σχ. 15 φαίνεται το εικονικό μοντέλο του σταθμού στην επιφάνεια σχεδίασης.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του λογισμικού ύστερα από τη μοντελοποίηση και τη προσομοίωση του ΑΗΣ παριστάνονται παρακάτω.

Model ID	SGK8	
Case ID	SGK8-D	
Case Description	Saint George Keratsini No.8	
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΜΟΝΑΔΑ	SGK8-D
Ατμοσφαιρική πίεση	bar	1,013
Σχετική υγρασία	%	0,600
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	°C	20,000
Απώλειες ID + FD	MW	-1,316
Καθαρός Βαθμός Απόδοσης		42,674
Ειδ. Καταν. Θερμ. ΑΗΣ	kJ/kWh	8435,795
Καθαρή ηλ. Ισχύς ΑΗΣ	kW	147818
Ισχύς Ατράκτου	kW	154478

Πίνακας 1: Βασικά αποτελέσματα μοντελοποίησης Αγ. Γεωργίου Μονάδας 8

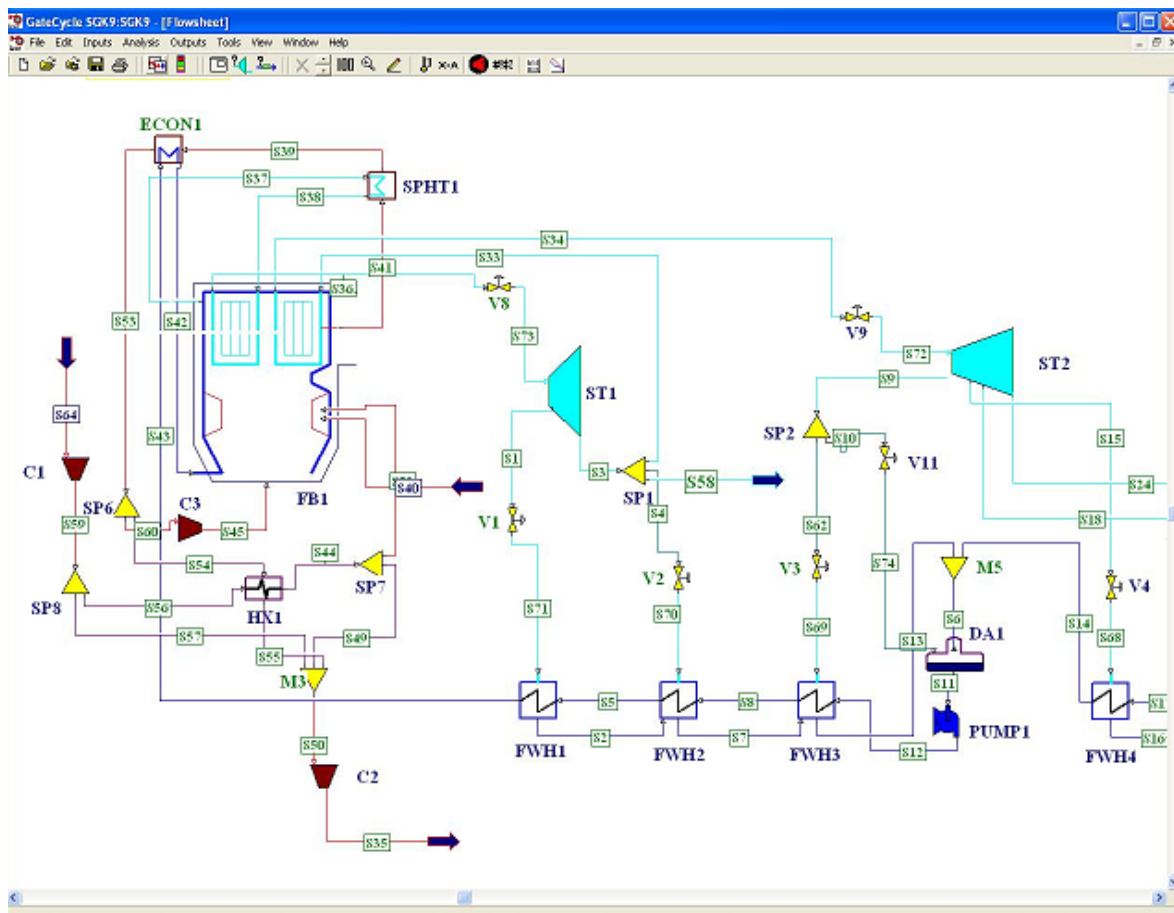
ΡΕΥΜΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΠΙΕΣΗ bar	ΠΑΡΟΧΗ Kg/s	ΕΝΘΑΛΠΙΑ kJ/kg	ΞΗΡΟΤΗΤΑ
S1	377,0	49,427	5,985	3142	1,00
S10	311,6	6,080	5,355	3086	1,00
S11	157,4	5,786	119,283	664	0,00
S12	160,2	179,642	119,283	687	0,00
S13	209,9	19,025	18,531	897	0,00
S14	185,4	178,142	119,283	795	0,00
S15	397,5	11,866	4,456	3256	1,00
S16	185,2	11,278	22,986	786	0,00
S17	115,7	78,237	90,942	491	0,00
S18	196,2	1,961	3,122	2863	1,00
S19	320,3	1,036	0,000	314	4,00
S2	260,0	46,974	5,985	1135	0,00
S20	96,5	79,737	90,942	410	0,00

S21	20,0	1,013	155,218	5	4,00
S23	118,0	1,863	3,122	495	0,00
S24	311,6	6,080	96,296	3086	1,00
S25	311,6	6,080	90,942	3086	1,00
S26	133,5	0,981	3,307	2744	1,00
S27	79,3	0,461	7,204	2630	0,99
S28	75,8	81,237	90,942	324	0,00
S29	31,4	0,046	77,309	2336	0,91
S3	320,8	32,262	113,298	3041	1,00
S30	31,0	82,737	90,942	137	0,00
S31	78,3	0,441	13,633	328	0,00
S32	30,4	0,046	90,942	127	0,00
S33	320,8	32,262	105,308	3041	1,00
S34	540,0	32,261	105,308	3543	1,00
S35	121,5	1,013	162,079	116	0,00
S36	540,0	145,146	119,283	3427	1,00
S37	350,1	147,142	119,283	2713	1,00
S38	371,5	145,141	119,283	2861	1,00
S39	510,5	1,002	180,376	574	0,00
S4	320,8	32,262	7,990	3041	1,00
S40	20,0	1,013	0,000	5	4,00
S41	589,8	1,002	180,376	672	0,00
S42	307,0	172,142	119,283	1375	0,00
S43	262,0	174,142	119,283	1144	0,00
S44	320,3	1,036	146,329	314	4,00
S45	385,3	1,013	36,075	422	0,00
S46	22,0	1,013	6500,002	92	0,00
S48	28,4	1,013	6500,002	119	0,00
S49	320,3	1,036	8,889	314	4,00
S5	240,9	175,642	119,283	1044	0,00
S50	118,9	0,992	162,079	113	0,00
S51	31,4	0,046	90,942	2035	0,78
S52	320,3	1,036	137,440	314	4,00
S53	383,3	1,002	180,376	419	0,00
S54	383,3	1,002	144,301	419	0,00
S55	112,7	0,992	144,301	108	0,00
S56	24,9	1,065	146,329	9	4,00
S57	24,9	1,065	8,889	9	4,00
S59	24,9	1,065	155,218	9	4,00
S6	130,8	11,278	113,928	550	0,00
S60	383,3	1,002	36,075	419	0,00
S61	15,6	1,034	0,000	65	0,00
S62	470,9	20,004	4,556	3403	1,00
S64	20,0	1,013	155,218	5	4,00
S65	78,3	0,441	7,204	2630	1,00
S66	133,3	0,951	3,307	2744	1,00
S67	195,9	1,863	3,122	2863	1,00
S68	397,1	11,278	4,456	3256	1,00
S69	470,3	19,025	4,556	3403	1,00
S7	237,9	32,262	13,975	1028	0,00
S70	320,8	32,262	7,990	3041	1,00
S71	375,0	46,974	5,985	3142	1,00
S74	311,3	5,786	5,355	3086	1,00
S8	210,3	176,642	119,283	905	0,00
S9	98,2	0,951	6,429	412	0,00

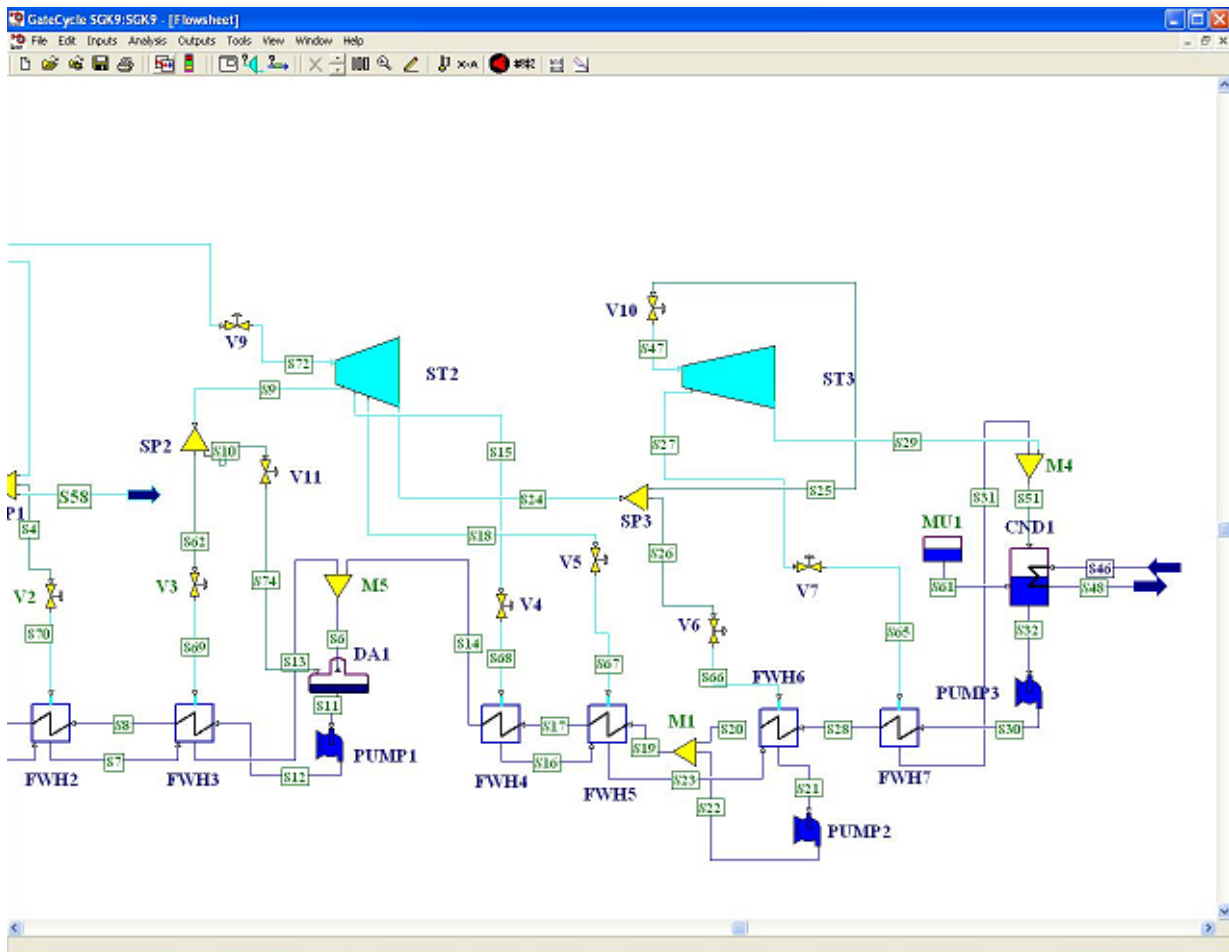
Πίνακας 2: Αναλυτικά αποτελέσματα μοντελοποίησης Αγ. Γεωργίου Μονάδας 8

Μονάδα 9 Αγίου Γεωργίου

Η μονάδα 9 του Αγίου Γεωργίου στο Κερατσίνι είναι ΑΗΣ ισχύος 200MW με καύσιμο φυσικό αέριο. Το κύκλωμα νερού/ατμού αποτελείται από αμοστρόβιλο τριών βαθμίδων (υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης) και επτά προθερμάνσεις νερού δι'ατμού. Το κύκλωμα του καυσαερίου περιλαμβάνει τον αμοποιητή, τρεις υπερθερμαντές, δυο αναθερμαντές, τον οικονομητήρα και προθερμαντήρα αέρος (LUVO). Ο αμοστρόβιλος υψηλής πίεσης (ST1) τροφοδοτείται με υπέρθερμο ατμό και έχει μια απομάστευση σε ενδιάμεση πίεση, η οποία οδηγείται στον αντίστοιχο προθερμαντή νερού (FWH1). Κατά την έξοδό του ο ατμός οδηγείται στους εν σειρά αναθερμαντές, οι οποίοι στο μοντέλο συγχωνεύονται και παριστάνονται με τον ένα αναθερμαντή που περιλαμβάνει ο καυστήρας/λέβητας (FB1). Ο ανάθερμος ατμός τροφοδοτεί τον αμοστρόβιλο μέσης πίεσης (ST2), ο οποίος έχει τρεις ενδιάμεσες απομαστεύσεις. Ένα μέρος από τον ατμό της πρώτης απομάστευσης χρησιμοποιείται για την απαερίωση του τροφοδοτικού νερού, ενώ το υπόλοιπο οδηγείται στον προθερμαντή FWH3. Ο χαμηλής πίεσης αμοστρόβιλος έχει μια απομάστευση που προθερμαίνει το νερό τροφοδοσίας. Η έξοδος του αμοστρόβιλου χαμηλής πίεσης οδηγείται προς τον συμπυκνωτή και εν συνέχεια προς προθέρμανση στους προθερμαντές. Στα σχ. 16 και σχ. 17 φαίνεται το εικονικό μοντέλο του σταθμού στην επιφάνεια σχεδίασης.



Σχήμα 16: Κύκλωμα καυσαερίου και κύκλωμα νερού/ατμού της Μονάδας 9 του Αγ. Γεωργίου (1/2)



Σχήμα 17: Κύκλωμα νερού/ατμού της Μονάδας 9 του Αγ. Γεωργίου (2/2)

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του λογισμικού ύστερα από τη μοντελοποίηση και τη προσομοίωση του ΑΗΣ παριστάνονται παρακάτω.

Model ID		SGK9	
Case ID		SGK9	
Case Description		St. George Keratsini #9	
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΜΟΝΑΔΑ	SGK8-D	
Ατμοσφαιρική πίεση	bar	1,013	
Σχετική υγρασία		0,600	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	C	20,000	
Απώλειες ID + FD	MW	-3,784	
Καθαρός Βαθμός Απόδοσης		36,785	
Ειδ. Καταν. Θερμ. ΑΗΣ	kJ/kW-hr	9786	
Καθαρή ηλ. Ισχύς ΑΗΣ	kW	195027	
Ισχύς Ατράκτου	kW	199008	

Πίνακας 3: Βασικά αποτελέσματα μοντελοποίησης Αγ. Γεωργίου Μονάδας 9

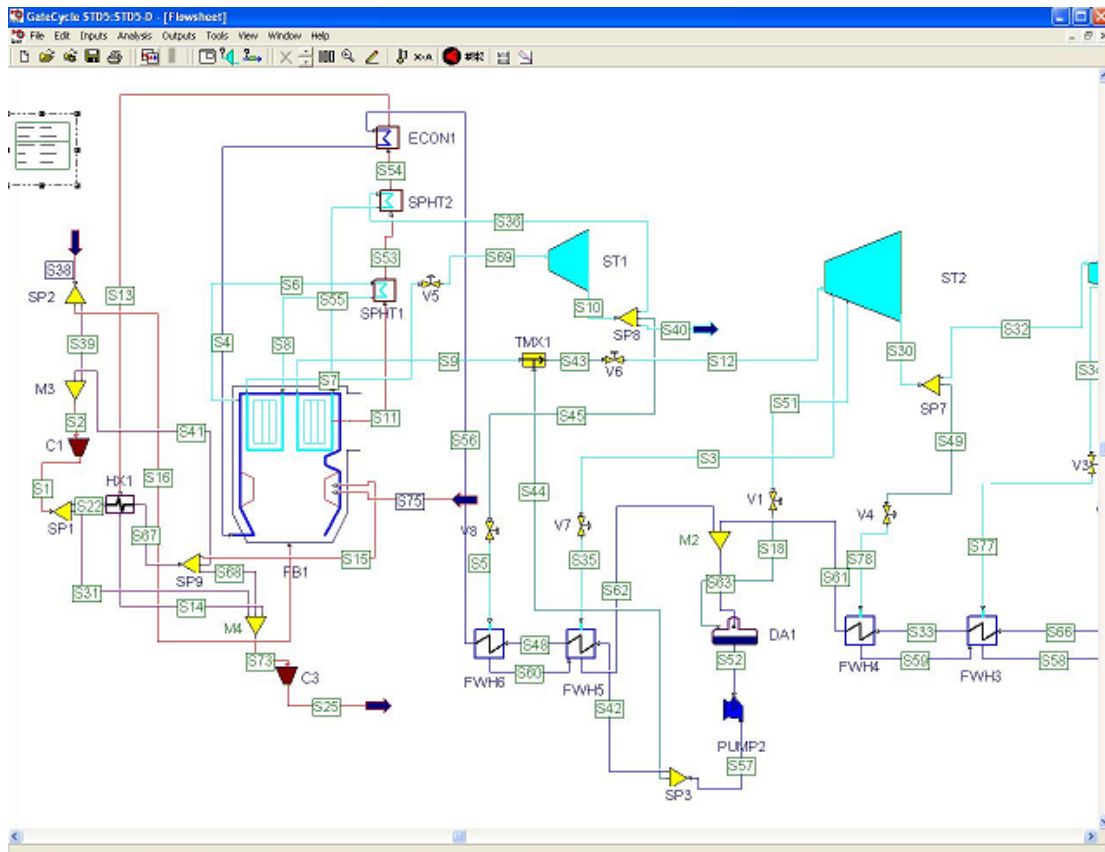
ΡΕΥΜΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΠΙΕΣΗ bar	ΠΑΡΟΧΗ Kg/s	ΕΝΘΑΛΠΙΑ kJ/kg	ΞΗΡΟΤΗΤΑ
S1	361,1	39,228	8,630	3124	1,00
S10	435,0	11,827	0,038	3336	1,00
S11	158,1	5,884	169,456	667	0,00
S12	160,4	151,482	169,456	686	0,00
S13	187,3	11,827	26,947	796	0,00
S14	154,3	11,263	143,090	651	0,00
S15	352,6	6,285	7,654	3171	1,00
S16	157,4	5,786	7,654	664	0,00
S17	123,3	12,736	143,090	519	0,00
S18	254,2	2,714	4,795	2977	1,00
S19	102,5	14,212	143,090	431	0,00
S2	249,2	39,228	8,630	1082	0,00
S20	101,9	14,212	119,730	428	0,00
S21	105,4	1,226	23,360	442	0,00
S22	105,6	17,000	23,360	444	0,00
S23	127,4	2,501	12,449	535	0,00
S24	180,7	1,334	130,021	2835	1,00
S25	180,7	1,334	119,110	2835	1,00
S26	180,7	1,334	10,911	2835	1,00
S27	66,3	0,265	1,936	2572	0,98
S28	48,1	15,571	119,730	203	0,00
S29	39,1	0,070	117,174	2485	0,96
S3	313,3	26,586	160,825	3038	1,00
S30	38,9	17,000	119,730	165	0,00
S31	48,1	0,112	1,936	201	0,00
S32	37,0	0,070	119,730	155	0,00
S33	313,3	26,586	146,472	3038	1,00
S34	526,5	26,586	146,472	3519	1,00
S35	175,1	1,017	226,953	177	0,00
S36	526,8	127,485	169,456	3412	1,00
S37	350,2	127,485	169,456	2818	1,00
S38	370,2	127,485	169,456	2918	1,00
S39	693,4	0,955	240,125	808	0,00
S4	313,3	26,586	14,353	3038	1,00
S40	20,0	1,013	0,000	5	4,00
S41	748,3	0,955	240,125	880	0,00
S42	329,1	146,983	169,456	1514	0,00
S43	242,4	146,983	169,456	1050	0,00
S44	319,8	1,065	204,856	313	4,00
S45	442,5	1,017	37,060	493	0,00
S46	28,0	1,300	6944,444	117	0,00
S47	180,4	1,233	119,110	2835	1,00
S48	37,4	1,300	6944,444	157	0,00
S49	319,8	1,065	11,944	313	4,00
S5	220,0	148,482	169,456	947	0,00
S50	166,7	0,955	226,953	167	0,00
S51	39,1	0,070	119,110	2448	0,95
S52	319,8	1,065	192,912	313	4,00
S53	430,0	0,955	240,125	478	0,00
S54	430,0	0,955	203,065	478	0,00
S55	165,9	0,955	203,065	168	0,00
S56	24,9	1,065	204,856	9	4,00
S57	24,9	1,065	11,944	9	4,00

S59	313,3	26,586	0,000	3038	1,00
S6	24,9	1,065	216,800	9	4,00
S60	159,6	11,263	170,038	674	0,00
S61	430,0	0,955	37,060	478	0,00
S62	15,6	1,034	0,620	65	0,00
S64	435,0	11,827	3,964	3336	1,00
S65	20,0	1,013	216,800	5	4,00
S66	48,1	0,112	1,936	2572	0,99
S67	180,3	1,226	10,911	2835	1,00
S68	253,9	2,501	4,795	2977	1,00
S69	352,1	5,786	7,654	3171	1,00
S7	435,0	11,827	3,964	3336	1,00
S70	227,2	26,586	22,984	977	0,00
S71	313,3	26,586	14,353	3038	1,00
S72	361,1	39,228	8,630	3124	1,00
S73	524,7	22,704	146,472	3519	1,00
S74	526,8	127,485	169,456	3412	1,00
S8	431,1	5,884	0,038	3336	1,00
S9	179,7	149,982	169,456	769	0,00

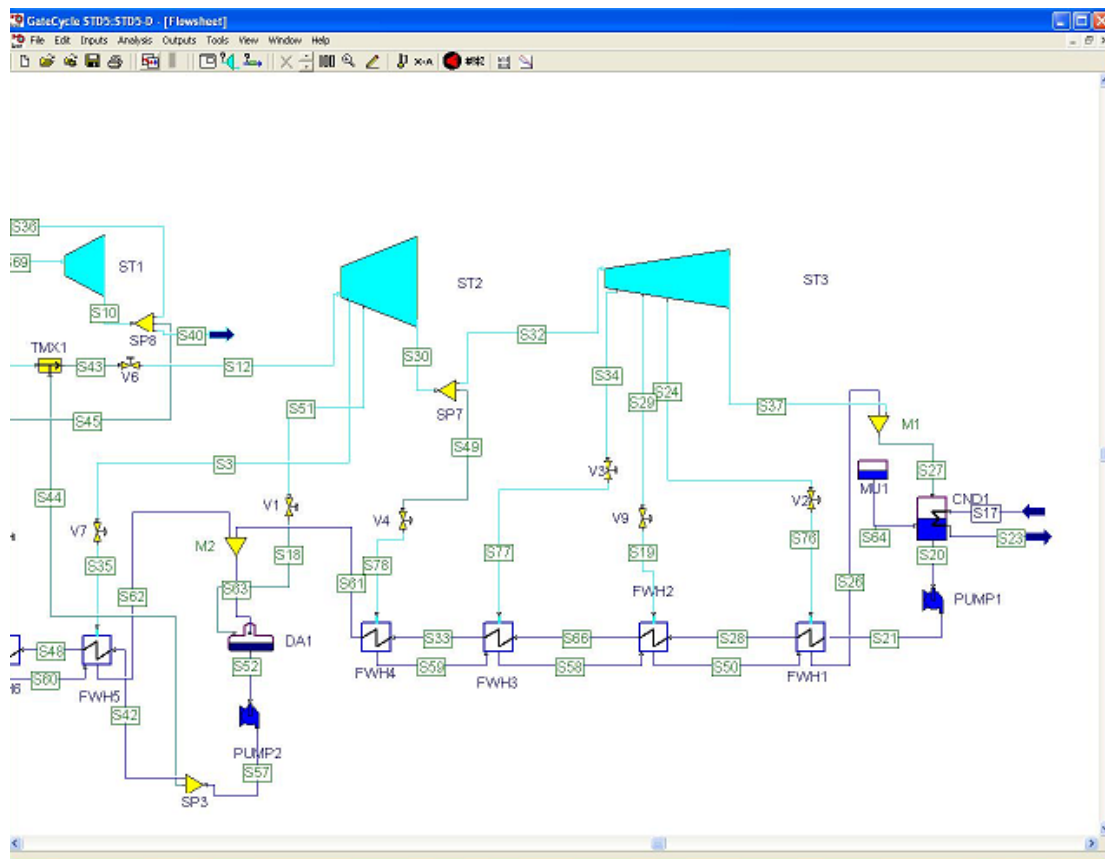
Πίνακας 4: Αναλυτικά αποτελέσματα μοντελοποίησης Αγ. Γεωργίου Μονάδας 9

Μονάδα 5 Αγίου Δημητρίου

Η μονάδα 5 του Αγίου Δημητρίου είναι λιγνιτικός ΑΗΣ ισχύος 350MW. Το κύκλωμα νερού/ατμού αποτελείται από αμοστρόβιλο τριών βαθμίδων (υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης) και έξι προθερμάνσεις νερού δι'ατμού. Το κύκλωμα του καυσαερίου περιλαμβάνει τον αμοποιητή, τρεις υπερθερμαντές, δυο αναθερμαντές, τον οικονομητήρα και προθερμαντήρα αέρος (LUVO). Ο αμοστρόβιλος υψηλής πίεσης (ST1) τροφοδοτείται με υπέρθερμο ατμό και δεν έχει καμία απομάστευση. Κατά την έξοδό του ο ατμός οδηγείται μερικώς στους εν σειρά αναθερμαντές. Η υπόλοιπη ποσότητα ατμού οδηγείται στον προθερμαντή νερού (FWH1). Ο ανάθερμος ατμός τροφοδοτεί τον αμοστρόβιλο μέσης πίεσης (ST2), ο οποίος έχει δυο ενδιάμεσες απομαστεύσεις. Ο ατμός της δεύτερης απομάστευσης χρησιμοποιείται για την απαερίωση του τροφοδοτικού νερού. Το υπόλοιπο οδηγείται εν μέρει απευθείας στον αμοστρόβιλο χαμηλής πίεσης (ST3), και εν μέρει σε προθερμαντή νερού. Ο χαμηλής πίεσης αμοστρόβιλος έχει τρεις απομαστεύσεις που προθερμαίνουν το νερό τροφοδοσίας. Η έξοδος του στροβίλου χαμηλής πίεσης και το συμπύκνωμα από τον πρώτο προθερμαντή τροφοδοτικού νερού οδηγούνται προς τον συμπυκνωτή και εν συνέχεια προς προθέρμανση στους προθερμαντές. Στα σχ. 18 και σχ. 19 φαίνεται το εικονικό μοντέλο του σταθμού στην επιφάνεια σχεδίασης.



Σχήμα 18: Κύκλωμα καυσαερίου και κύκλωμα νερού/ατμού της Μονάδας 5 του Αγ. Δημητρίου (1/2)



Σχήμα 19: Κύκλωμα νερού/ατμού της Μονάδας 5 του Αγ. Δημητρίου (2/2)

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του λογισμικού ύστερα από μοντελοποίηση και προσομοίωση του ΑΗΣ παριστάνονται παρακάτω.

Model ID		STD
Case ID		STD
Case Description		Agios Dhmhtrios
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΜΟΝΑΔΑ	SGK8-D
Ατμοσφαιρική πίεση	bar	1,013
Σχετική υγρασία		0,600
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	C	20,000
Απώλειες ID + FD	MW	-5,322
Καθαρός Βαθμός Απόδοσης	%	36,160
Ειδ. Καταν. Θερμ. ΑΗΣ	kJ/kW-hr	9955,394
Καθαρή ηλ. Ισχύς ΑΗΣ	kW	331602
Ισχύς Ατράκτου	kW	351331

Πίνακας 5: Βασικά αποτελέσματα μοντελοποίησης Αγ. Δημητρίου Μονάδας 5

ΡΕΥΜΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΠΙΕΣΗ bar	ΠΑΡΟΧΗ Kg/s	ΕΝΘΑΛΠΙΑ kJ/kg	ΞΗΡΟΤΗΤΑ
S1	24,8	1,054	452,450	9	4,00
S10	292,1	34,930	261,637	2956	1,00
S11	677,3	0,987	591,852	837	0,00
S12	534,6	31,403	248,426	3533	1,00
S13	302,5	0,986	591,852	344	0,00
S14	155,4	0,986	591,852	164	0,00
S15	268,1	1,044	399,950	259	4,00
S16	20,0	1,013	50,831	5	4,00
S17	20,0	1,000	7229,271	84	0,00
S18	373,2	9,744	12,284	3207	1,00
S19	88,3	0,582	7,214	2658	1,00
S2	20,0	1,013	452,450	5	4,00
S20	34,1	0,064	228,299	143	0,00
S21	34,4	18,440	228,299	145	0,00
S22	24,8	1,054	426,200	9	4,00
S23	33,6	1,000	7229,271	140	0,00
S24	65,0	0,251	10,109	2536	0,97
S25	158,9	1,013	644,352	167	0,00
S26	61,8	0,217	42,100	259	0,00
S27	37,3	0,064	224,966	1971	0,75
S28	61,6	16,944	228,254	259	0,00
S29	88,4	0,599	7,214	2658	1,00
S3	464,6	19,558	11,161	3390	1,00
S30	274,4	4,477	224,963	3012	1,00
S31	24,8	1,054	26,250	9	4,00
S32	274,4	4,477	212,245	3012	1,00
S33	113,2	13,955	228,181	475	0,00
S34	182,5	1,799	12,069	2836	1,00

S35	464,3	19,040	11,161	3390	1,00
S36	292,1	34,930	239,476	2956	1,00
S37	37,3	0,064	182,866	2365	0,92
S4	20,0	1,013	503,281	5	4,00
S45	20,0	1,013	452,450	5	4,00
S48	314,9	191,014	261,457	1416	0,00
S49	292,1	34,930	3,333	2956	1,00
S5	268,1	1,044	0,000	259	4,00
S50	182,2	194,000	261,457	782	0,00
S51	536,1	34,930	248,426	3533	1,00
S52	182,2	194,000	8,949	782	0,00
S53	292,1	34,930	18,827	2956	1,00
S54	208,8	192,507	261,457	899	0,00
S55	274,4	4,477	12,718	3012	1,00
S56	291,2	34,230	18,827	2956	1,00
S57	85,2	0,582	32,001	357	0,00
S58	373,4	10,024	12,284	3207	1,00
S59	178,8	9,744	270,406	758	0,00
S6	569,1	0,987	591,852	690	0,00
S60	435,7	0,987	591,852	514	0,00
S61	471,9	34,930	239,476	3387	1,00
S62	239,3	191,014	261,457	1036	0,00
S63	182,2	194,000	270,406	782	0,00
S64	116,2	1,757	24,787	488	0,00
S66	147,2	4,415	12,718	620	0,00
S67	371,7	191,014	261,637	2628	1,00
S68	241,3	34,230	18,827	1044	0,00
S69	144,2	12,464	228,134	607	0,00
S7	209,9	19,040	29,988	898	0,00
S73	152,0	12,464	258,122	641	0,00
S75	22,0	1,034	3,333	92	0,00
S76	82,2	15,448	228,254	345	0,00
S77	268,1	1,044	426,200	259	4,00
S78	268,1	1,044	26,250	259	4,00
S8	537,8	189,944	261,637	3368	1,00
S9	538,2	191,014	261,637	3368	1,00

Πίνακας 6: Αναλυτικά αποτελέσματα μοντελοποίησης Αγ. Δημητρίου Μονάδας 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Δράσεις για Βελτίωση του Βαθμού Απόδοσης

Στην παρούσα εργασία μοντελοποιήθηκαν στοχοθετημένες δράσεις που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα βελτίωσης του βαθμού απόδοσης των μονάδων. Οι δράσεις που αναλύθηκαν για κάθε υπό εξέταση μονάδα παρουσιάζονται στην συνέχεια.

- **Μονάδα 8 Αγίου Γεωργίου**

I) Βελτίωση λειτουργικής κατάστασης συμπυκνωτών

II) Στεγανοποίηση διάκενων LUVO

III) Βελτίωση θερμικού κύκλου με αντικατάσταση του Νο 1 Π/Θ Υ.Π.

Στον πίνακα 7 φαίνονται οι συμβατικές τιμές σχεδίασης, η παρούσα κατάσταση του ΑΗΣ, καθώς και ο στόχος για βελτίωση του β.α..

Δράση	Ελεγχόμενο μέγεθος	Παρούσα κατ.	Συμβ. Τιμές	Στόχος
I	1. Πίεση Συμπυκνώματος 2. ΔΤ συμπυκνώματος/ψυκτικού 3. Υπόψυξη συμπυκνώματος	1. 100mbar 2. 10 °C 3. 2 °C	1. 46mbar 2. 3,5 °C 3. 1 °C	1. 80mbar 2. 8 °C 3. 1,5 °C
II	O ₂ μετά LUVO για δεδομένο ποσοστό προ LUVO	6.5%	2.2% προ 3.5% μετά	<3.5%
III	Θερμοκρασία τροφοδοτικού νερού προ ECO	250 °C	266 °C	262 °C

Πίνακας 7: Στοχοθετημένες δράσεις βελτίωσης του βαθμού απόδοσης για την μονάδα 8 του ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου

- **Μονάδα 9 Αγίου Γεωργίου**

I) Έλεγχος λειτουργικής κατάστασης συμπυκνωτών

II) Στεγανοποίηση διάκενων LUVO

Στον πίνακα 8 φαίνονται οι συμβατικές τιμές σχεδίασης, η παρούσα κατάσταση του ΑΗΣ, καθώς και ο στόχος για βελτίωση του β.α..

Δράση	Ελεγχόμενο μέγεθος	Παρούσα κατ.	Συμβ. Τιμές	Στόχος
I	1. Πίεση Συμπυκνώματος 2. ΔΤ συμπ./ψυκτικού 3. Υπόψυξη συμπυκνώματος	1. 100mbar 2. 10 °C 3. 2 °C	1. 70mbar 2. 6-7 °C 3. 1 °C	1. 80mbar 2. 8 °C 3. 1,5 °C
II	O ₂ μετά LUVO για δεδομένο ποσοστό προ LUVO	6.5%	3.5%	<3.5%

Πίνακας 8: Στοχοθετημένες δράσεις βελτίωσης του βαθμού απόδοσης για την μονάδα 9 του ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου

- **Μονάδα 5 Αγίου Δημητρίου**

I) Μείωση παρασιτικού αέρα μέσω στεγανοποίηση θυρίδων, επιθεώρησης τροφοδοτών-Μύλων & αγωγών μύλων και ανίχνευσης εισόδου παρασιτικού αέρα στο λέβητα

II) Βελτίωση εσωτερικού καθαρισμού λεβήτων και διατήρηση της εσωτερικής καθαριότητας

III) Μείωση διαφυγών ατμού – νερού

IV) Βελτίωση κυκλώματος ψυκτικού – Συμπύκνωση

V) Στεγανοποίηση διάκενων LUVO

VI) Βελτίωση Π/Θ Υ.Π.

Στον πίνακα 9 φαίνονται οι συμβατικές τιμές σχεδίασης, η παρούσα κατάσταση του ΑΗΣ, καθώς και ο στόχος για βελτίωση του β.α. (σε όσες εκ των δράσεων υφίσταται στόχος).

Δράση	Ελεγχόμενο μέγεθος	Παρούσα κατ.	Συμβατικές Τιμές	Στόχος
I	1. O ₂ (dry) 2. T Καυσαερίων 3. Παρασιτικός αέρας	1. 3% 2. 150-160 C 3. 11%	1. 3,47% 2. 153,6 C 3. 10,1%	1. 3% 2. 150-160 C 3. 10,5%
II	Παροχή ψεκασμών Α/Θ	71t/h	31t/h	70t/h
III	Συμπλήρωση αφαλατωμένου make up	24 t/h	12t/h	22 t/h
IV	Κενό/ ΔΤ κ. Ψυγείου	61mbar/4,4 C	64mbar/4,4 C	4,4 C
V	1. Δ O ₂ πρό-μετά LUVO 2. ΔΡ LUVO	1. 1,35% 2. 16mbar	1. 1,08% 2. 10,4mbar	1. <1,35% 2. 10,4mbar
VI	Θερμοκρασία τροφοδοτικού νερού προ ECO	238°C	238°C	238°C

Πίνακας 9: Στοχοθετημένες δράσεις βελτίωσης του βαθμού απόδοσης για την μονάδα 5 του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου

Μοντελοποίηση των Δράσεων Βελτίωσης του Βαθμού Απόδοσης

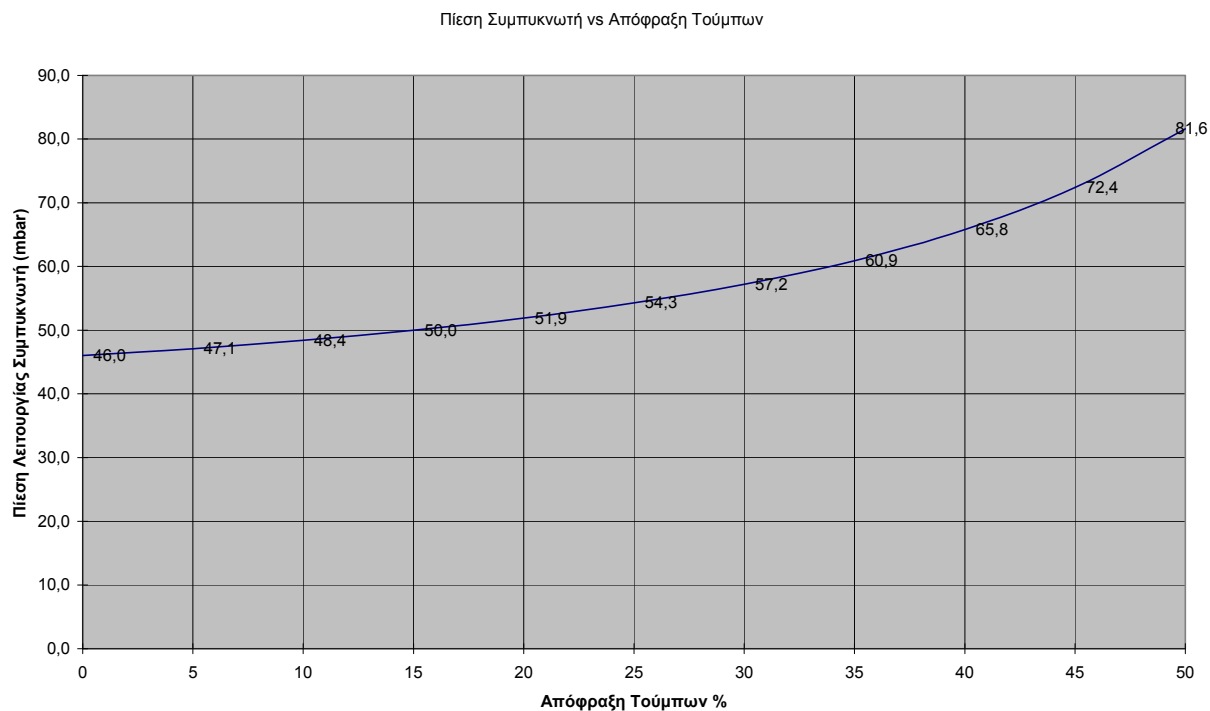
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η παραμετρική μελέτη της επίδρασης της μεταβολής της τιμής των μεγεθών που αφορούν την εκάστοτε δράση από τις προαναφερθείσες στο βαθμό απόδοσης των υπό εξέταση Μονάδων, ανά ΑΗΣ. Τα διαγράμματα παρήχθησαν από την βασική μοντελοποίηση των μονάδων (η οποία έχει πραγματοποιηθεί με χρήση των τιμών από τις δοκιμές παραλαβής) αφού ενσωματώθηκαν οι τιμές της υπάρχουσας κατάστασης για τα μεγέθη των υπό εξέταση δράσεων, με παραμετρική μελέτη σε off-design κατάσταση (όπου διατηρούνται οι βασικές σχεδιαστικές παράμετροι της μονάδας, όπως επιφάνειες συναλλαγής κλπ) και μεταβολή της παραμέτρου που αφορά την κάθε δράση. Στο εύρος μεταβολής περιλαμβάνεται η παρούσα κατάσταση, ο στόχος για το μέγεθος που αφορά τη δράση καθώς και η συμβατική τιμή του μεγέθους (δοκιμές παραλαβής). Όταν ένα μέγεθος μεταβληθεί μεταξύ δύο τιμών, η διαφορά των τεταγμένων του διαγράμματος για τις δύο αυτές τιμές παρέχει την απόλυτη μεταβολή του βαθμού απόδοσης - $\Delta\eta(\%)$. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης των δράσεων βελτίωσης παρίστανται αριθμητικά και γραφικά στους πίνακες και στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν.

Μονάδα 8 Αγ. Γεωργίου

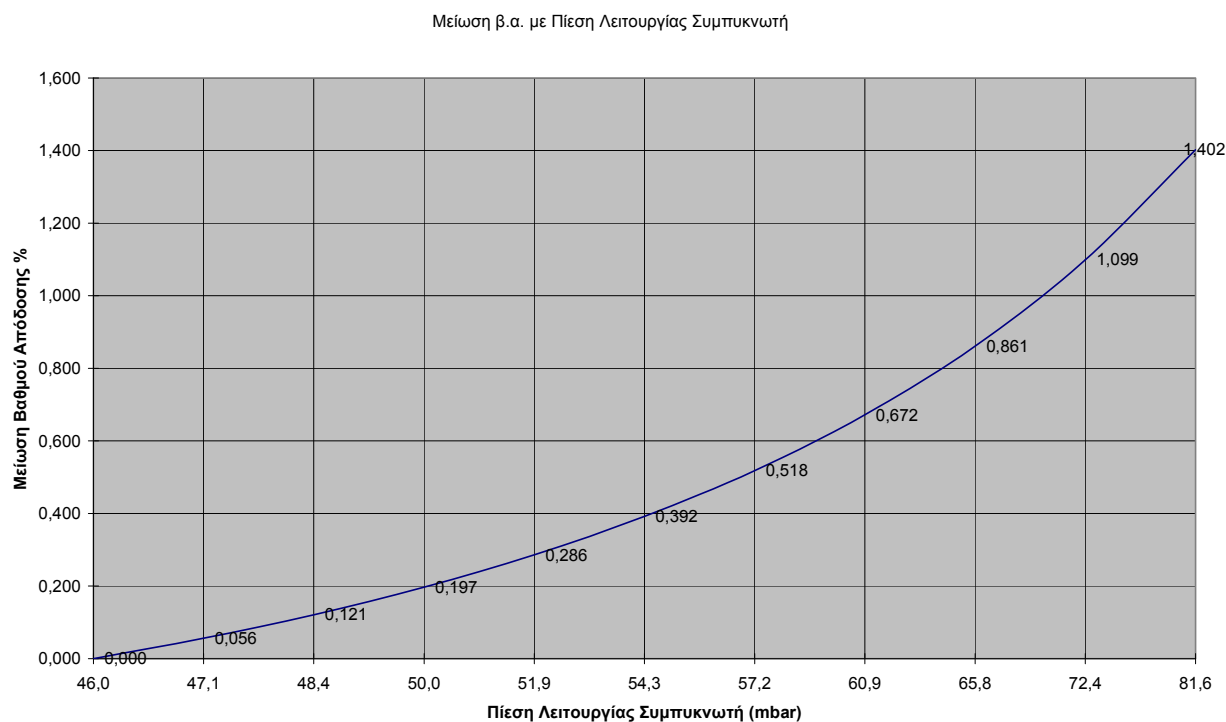
Δράση I: Ο έλεγχος της λειτουργικής κατάστασης του συμπυκνωτή μοντελοποιείται μεταβάλλοντας το ποσοστό της απόφραξης των τούμπων του ψυγείου. Το ποσοστό απόφραξης των τούμπων του συμπυκνωτή καθορίζει το ποσοστό της παροχής νερού ψύξης που παρεμποδίζεται λόγω φραγής από φερτές ύλες κλπ. Η μείωση της παροχής νερού ψύξης οδηγεί στην μεταβολή της πίεσης λειτουργίας άρα και του βαθμού απόδοσης της μονάδας. Η μεταβολή αυτή παρίστανται παρακάτω στον αντίστοιχο πίνακα και διαγράμματα. Παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό φραγής των τούμπων του συμπυκνωτή, αυξάνεται παραβολικά η πίεση λειτουργίας, καθώς και η μείωση του βαθμού απόδοσης.

Απόφραξη Τούμπων %	Πίεση Συμπ. mbar	Β.Α. %	Μείωση β.α. %
0	46,0	42,67	0,00
5	47,1	42,62	0,06
10	48,4	42,55	0,12
15	50,0	42,48	0,20
20	51,9	42,39	0,29
25	54,3	42,28	0,39
30	57,2	42,16	0,52
35	60,9	42,00	0,67
40	65,8	41,81	0,86
45	72,4	41,58	1,10
50	81,6	41,27	1,40

Πίνακας 10: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης από δράση I



Σχήμα 20: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8 – Μεταβολή της πίεσης λειτουργίας του συμπυκνωτή από δράση I

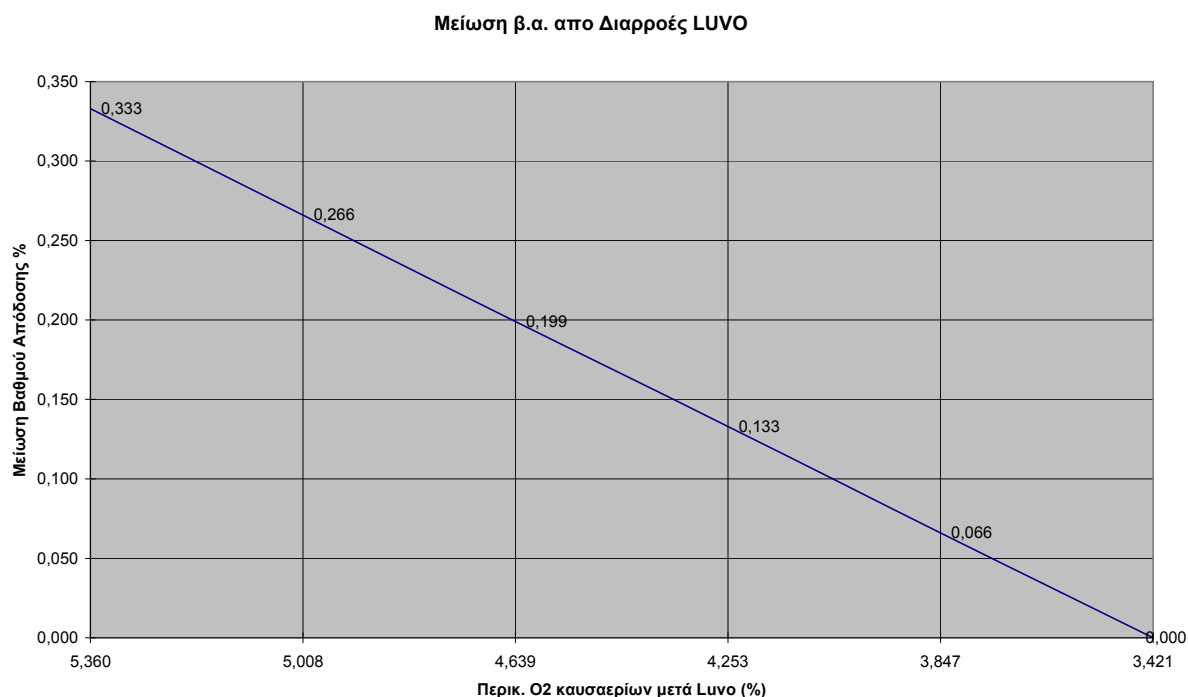


Σχήμα 21: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης στον συμπυκνωτή από δράση I

Δράση II: Οι διαφυγές αέρος στο LUVO μοντελοποιούνται στο GateCycle τοποθετώντας δύο διαχωριστές (splitter) στο ρεύμα αέρος, έναν διαχωριστή στο προσαγόμενο ρεύμα, και έναν στο εξερχόμενο ρεύμα. Στους διαχωριστές, η μία έξοδος συνεχίζει και τροφοδοτεί τον καυστήρα με αέρα, ενώ το άλλο ρεύμα διαχέεται στο ρεύμα εξόδου των καυσαερίων. Ο λόγος για τον οποίο τοποθετούνται δύο διαχωριστές είναι ώστε να μπορεί να καθοριστεί το ποσό ψυχρού και θερμού αέρος που διαφεύγει αντίστοιχα. Στην παρούσα μελέτη η αναλογία ψυχρού/θερμού αέρα διαφυγής είναι 1/1. Έτσι, ορίζοντας συγκεκριμένη παροχή αέρος στην δεύτερη έξοδο των διαχωριστών, ορίζεται και η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο κατά την έξοδο από το LUVO. Παρατηρείται ότι με την αύξηση της περιεκτικότητας των καυσαερίων εξόδου σε οξυγόνο, μειώνεται αισθητά ο βαθμός απόδοσης της μονάδας. Η μεταβολή φαίνεται να είναι γραμμική.

SP 5 (KG/S)	SP3 (KG/S)	O2 Μετά (%)	Βαθμ. Απόδ. %	Μείωση (%)
14,000	14,000	5,360	42,61	0,33
12,000	12,000	5,008	42,67	0,27
10,000	10,000	4,639	42,74	0,20
8,000	8,000	4,253	42,81	0,13
6,000	6,000	3,847	42,87	0,07
4,000	4,000	3,421	42,94	0,00

Πίνακας 11: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης από δράση II



Σχήμα 22: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης στο LUVO από δράση II

Δράση III: Η μοντελοποίηση της μη λειτουργίας του τελευταίου εν σειρά προθερμαντή νερού δι'ατμού πραγματοποιείται απλώς επιλέγοντας την μέθοδο Bypass, Steam Flow = 0 όταν το μοντέλο είναι σε κατάσταση off-design. Με αυτόν τον τρόπο κατά το τρέξιμο της προσομοίωσης, μηδενίζεται η παροχή ατμού προς τον προθερμαντή, ώστε να μη προσδίδεται θερμότητα στο προσαγόμενο ρεύμα τροφοδοτικού νερού. Έτσι η βελτίωση του β.α. για τη συγκεκριμένη δράση βρέθηκε υπολογίζοντας την διαφορά του βαθμού απόδοσης για κατάσταση λειτουργίας και μη του προθερμαντή FWH3. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω.

Κατάσταση	Βαθ. Απόδ. %	Διαφορά (π.μ.)
Λειτουργεί	42,78	
Εκτός Λειτουργίας	41,93	0,86

Πίνακας 12: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης από δράση III

Στον πίνακα 13 φαίνεται η αναμενόμενη βελτίωση του β.α. για κάθε μία εκ των στοχοθετημένων δράσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και η συνολική επιτεύξιμη βελτίωση του β.α.

Δράση		Αναμ. Βελτ. Β.α. (π.μ.)
I	Έλεγχος Λειτουργικής κατάστασης συμπυκνωτή	0,39
II	Στεγανοποίηση Διάκενων LUVO	0,20
III	Βελτίωση θερμικού κύκλου με αντικατάσταση του Νο. 1 Π/Θ Υ.Π.	0,86
Σύνολο		1,45

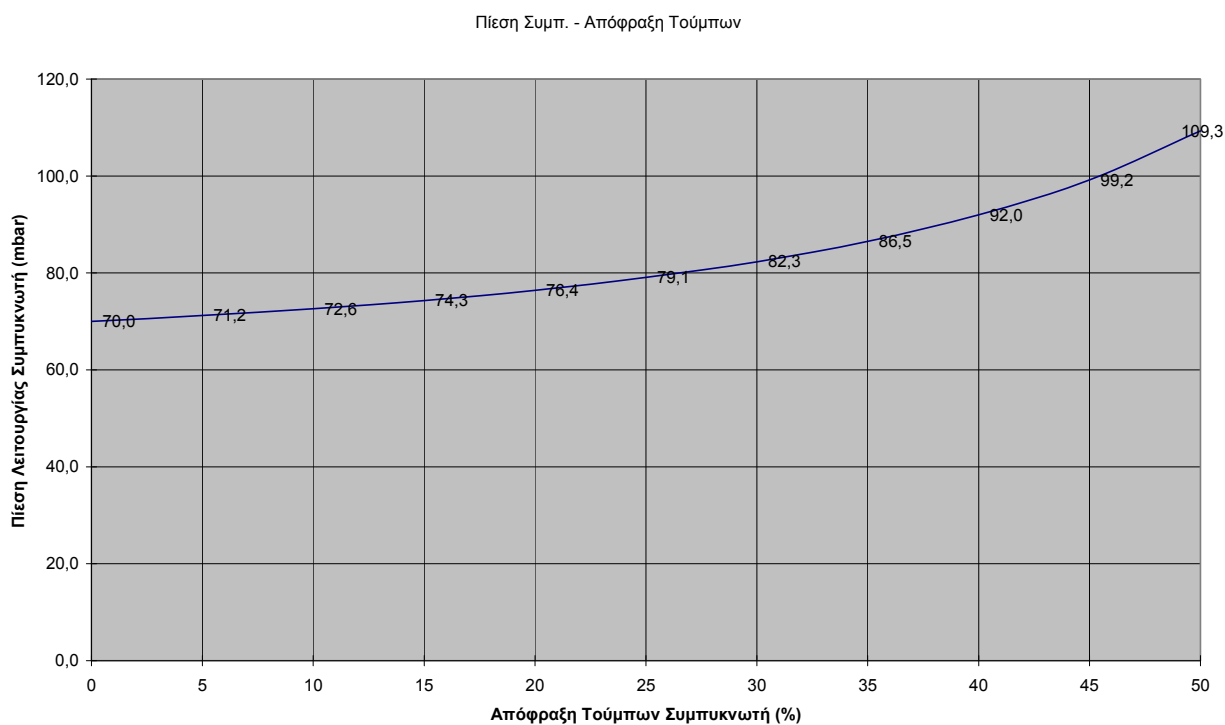
Πίνακας 13: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8 – Αναμενόμενη βελτίωση βαθμού απόδοσης για όλες τις στοχοθετημένες δράσεις

Άγιος Γεώργιος 9

Δράση I: Η μοντελοποίηση της δράσης I γίνεται ομοίως με την δράση I της μονάδας 8 Αγ. Γεωργίου που περιγράφηκε προηγουμένως. Και πάλι σε αυτή τη περίπτωση παρατηρείται ότι η πίεση λειτουργίας αυξάνεται παραβολικά και ο βαθμός απόδοσης μειώνεται παραβολικά με την αύξηση της απόφραξης των τούμπων του συμπυκνωτή.

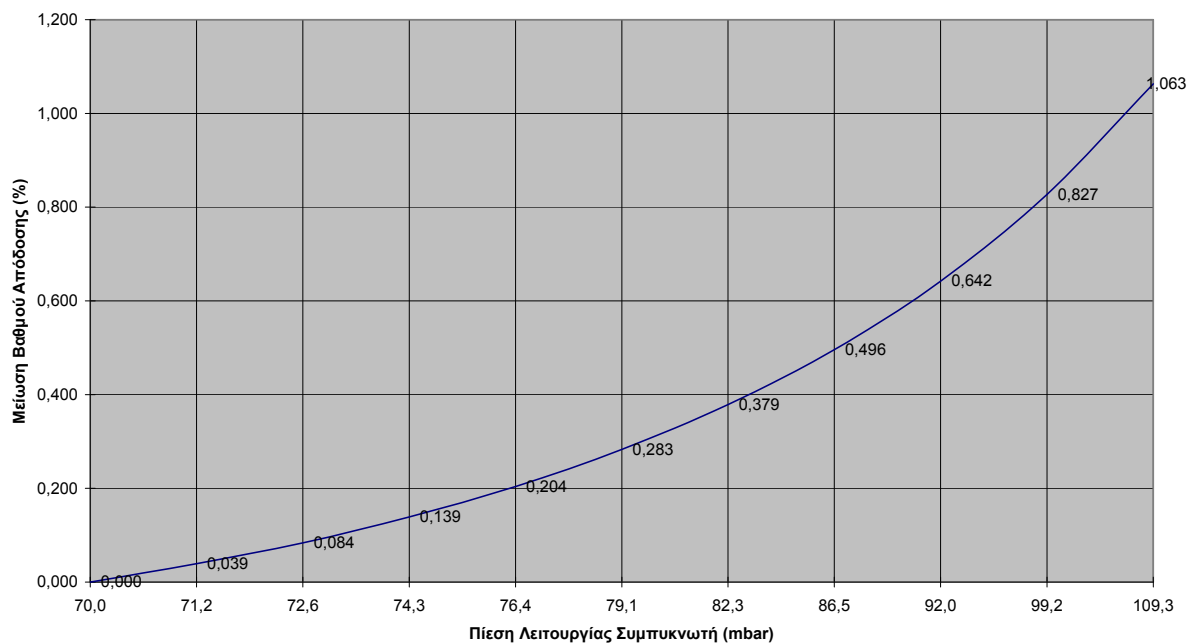
Απόφραξη Τούμπων %	Πίεση Λειτουργίας (mbar)	Βαθμός Απόδοσης %	Διαφορά %
0	70,0	37,02	0,00
5	71,2	36,99	0,04
10	72,6	36,94	0,08
15	74,3	36,89	0,14
20	76,4	36,82	0,20
25	79,1	36,74	0,28
30	82,3	36,65	0,38
35	86,5	36,53	0,50
40	92,0	36,38	0,64
45	99,2	36,20	0,83
50	109,3	35,96	1,06

Πίνακας 14: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 9 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης στον συμπυκνωτή από δράση I



Σχήμα 23: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 9 – Μεταβολή της πίεσης λειτουργίας στον συμπυκνωτή από δράση I

Μείωση β.α. - Πίεση Λειτουργίας

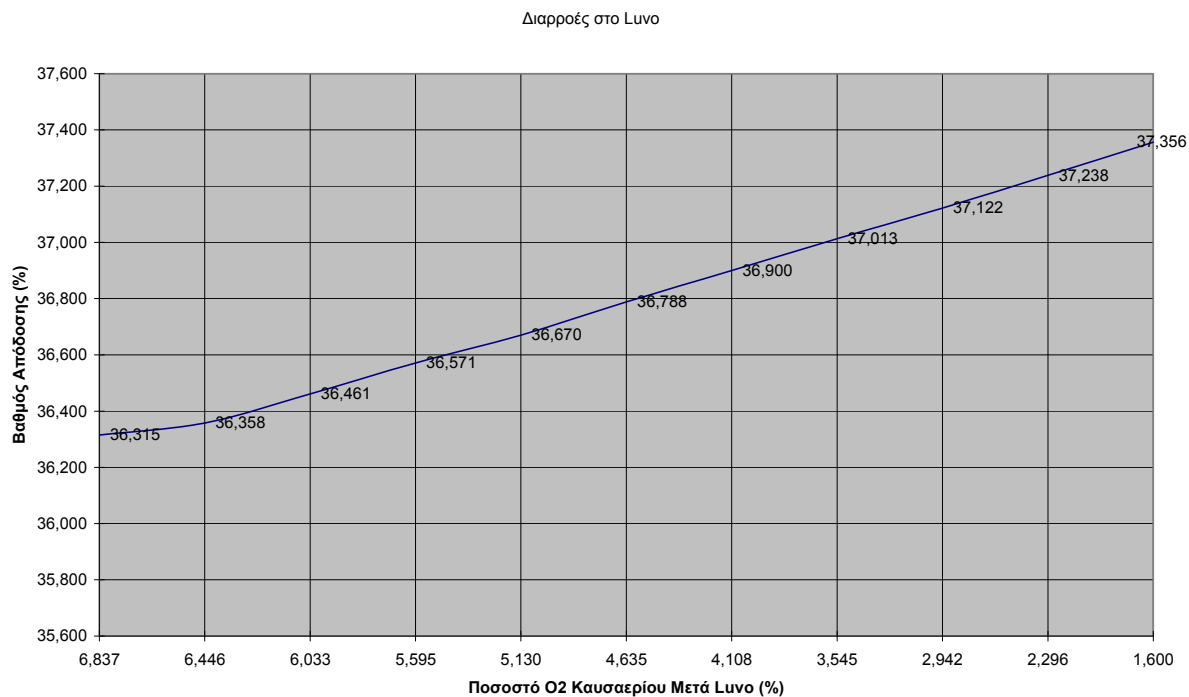


Σχήμα 24: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 9 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης στον συμπυκνωτή από δράση I

Δράση II: Με όμοιο τρόπο όπως στην μέθοδο II της μονάδας Αγ. Γεωργίου 8 που περιγράφηκε πιο πάνω, μοντελοποιείται η διαρροή αέρος στο LUVO. Και εδώ παρατηρείται γραμμική μείωση του βαθμού απόδοσης σε σχέση με την παροχή αέρα διαφυγής, όπως φαίνεται από τον πίνακα 15 και το σχήμα 25.

SP 7 (KG/S)	SP 8 (KG/S)	O2 Μετά %	Βαθ. Απόδ. %	Διαφορά %
40,000	40,000	6,84	35,40	1,03
36,000	36,000	6,45	35,44	0,99
32,000	32,000	6,03	35,54	0,89
28,000	28,000	5,60	35,65	0,78
24,000	24,000	5,13	35,75	0,68
20,000	20,000	4,64	35,86	0,57
16,000	16,000	4,11	35,97	0,46
12,000	12,000	3,55	36,08	0,34
8,000	8,000	2,94	36,20	0,23
4,000	4,000	2,30	36,31	0,12
0,000	0,000	1,60	36,43	0,00

Πίνακας 15: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 9 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης στο LUVO από δράση II



Σχήμα 25: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 9 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης στο LUVO από δράση II

Στον πίνακα 16 φαίνεται η αναμενόμενη βελτίωση του β.α. για κάθε μία εκ των στοχοθετημένων δράσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και η συνολική επιτεύξιμη βελτίωση του β.α.

Δράση		Αναμ. Βελτ. β.α. (π.μ.)
I	Έλεγχος Λειτουργικής Κατάστασης Συμπυκνωτή	0,58
II	Στεγανοποίηση Διάκενων LUVO	0,67
Σύνολο		1,21

Πίνακας 16: ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 9 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης για όλες τις δράσεις

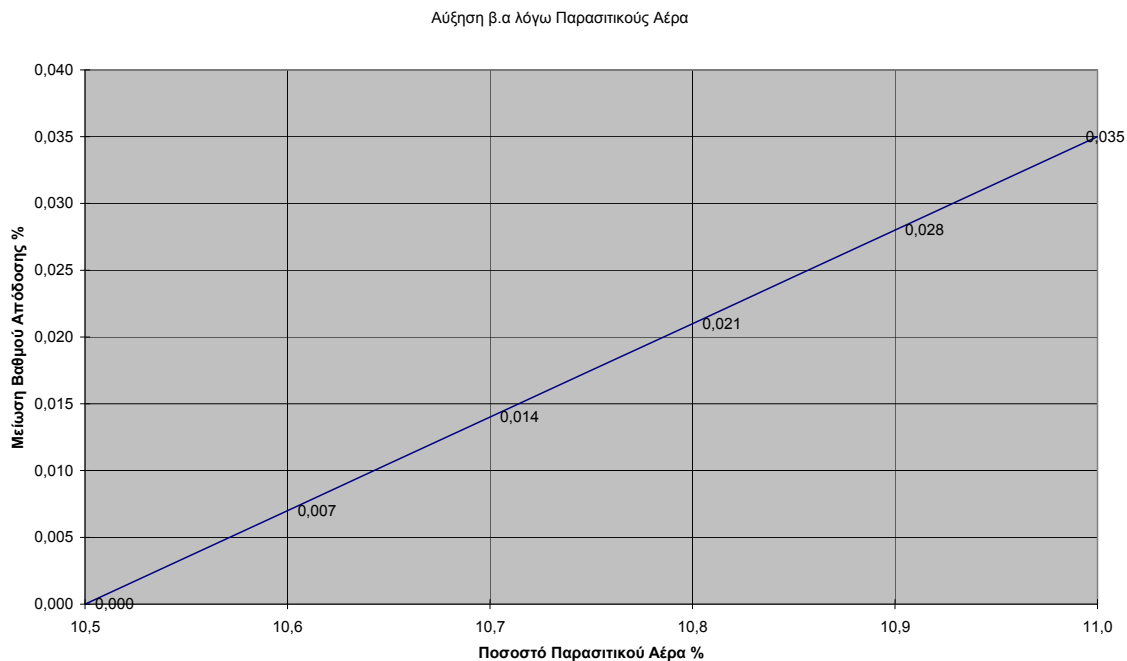
Άγιος Δημήτριος 5

Δράση I: Η μοντελοποίηση του παρασιτικού αέρα υλοποιείται στην προσομοίωση κάνοντας χρήση ενός διαχωριστή (splitter) στο ρεύμα αέρος προ της εισόδου του στο FD Fan. Το κύριο ρεύμα εξόδου του διαχωριστή οδηγεί προς την είσοδο του FD Fan και του LUVO, ενώ το δευτερεύον ρεύμα εξόδου οδηγείται στην είσοδο του καυστήρα για παρασιτικό αέρα. Με

αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να καθοριστεί από τον χρήστη το ποσοστό της συνολικής ροή που θεωρείται παρασιτικός αέρας. Έτσι η μείωση του παρασιτικού αέρα από 11% σε 10,5% οδηγεί στην γραμμική αύξηση του βαθμού απόδοσης, όπως φαίνεται στον πίνακα 17 και σχήμα 26.

Ποσ. Παρ. Αέρα %	Β.Α. %	Απόλυτη Διαφορά %
10,5	36,27	0,00
10,6	36,26	0,01
10,7	36,26	0,01
10,8	36,25	0,02
10,9	36,24	0,03
11,0	36,24	0,04

Πίνακας 17: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης από παρασιτικό αέρα στη δράση I



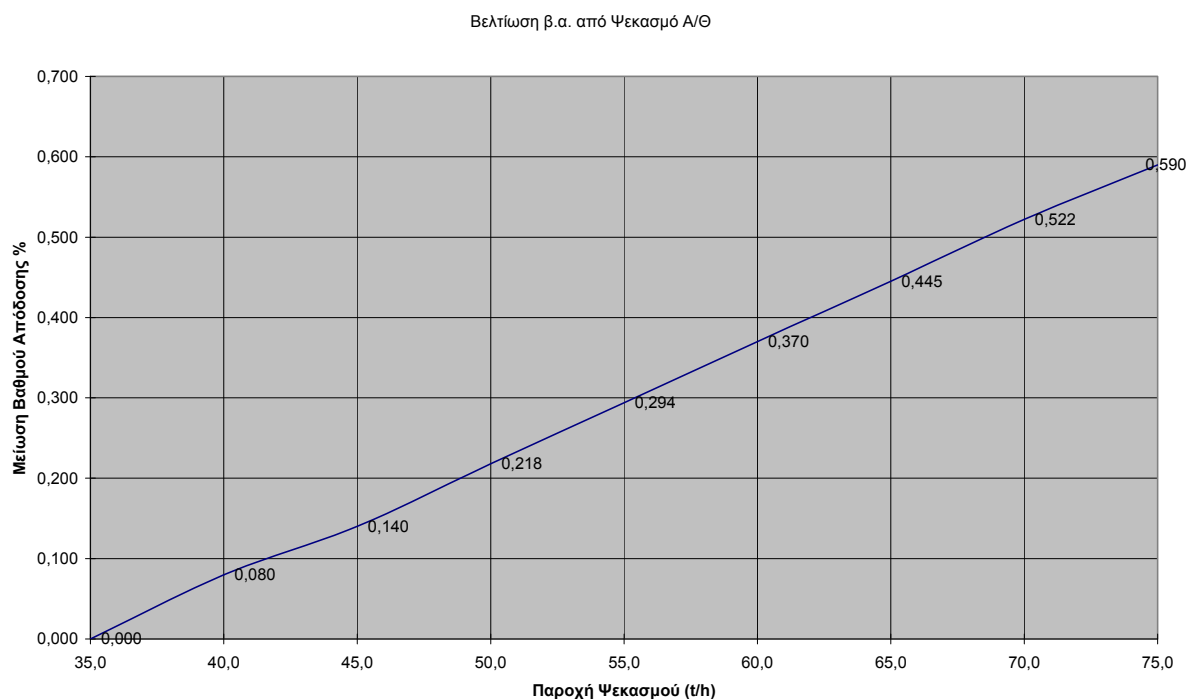
Σχήμα 26: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης από παρασιτικό αέρα στη δράση I

Δράση II: Για την μοντελοποίηση του ψεκασμού δια νερού στον αναθερμαντή χρησιμοποιούμε Flow-Temperature-Pressure (FTP) Moderator από το GateCycle. Το στοιχείο αυτό δίνει τη δυνατότητα ρύθμισης της παροχής, θερμοκρασίας, ή/και πίεσης ενός ρεύματος ρευστού χρησιμοποιώντας μια παροχή από άλλο ρεύμα ρευστού. Στην προκειμένη περίπτωση ρυθμίζεται η θερμοκρασία ανάθερμου ατμού χρησιμοποιώντας παροχή θερμού νερού ύστερα από την έξοδό του από τον απαεριωτή. Το FTP-Moderator επιτρέπει τον ορισμό από τον χρήστη συγκεκριμένης παροχή θερμού νερού και υπολογίζει αυτόματα την

προκύπτουσα θερμοκρασία, πίεση και παροχή εξόδου. Παρατηρείται ότι για την συγκεκριμένη δράση, με την μείωση της παροχής ψεκασμού από 71t/h σε 70t/h, αυξάνεται γραμμικά ο βαθμός απόδοσης της μονάδας, όπως αυτό προκύπτει παρακάτω.

Παροχή Ψεκασμού (t/h)	Β.Α. %	Μείωση %
35,0	36,11	0,00
40,0	36,03	0,08
45,0	35,97	0,14
50,0	35,89	0,22
55,0	35,82	0,29
60,0	35,74	0,37
65,0	35,67	0,45
70,0	35,59	0,52
75,0	35,52	0,59

Πίνακας 18: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης από μείωση ψεκασμού στον Α/Θ στη δράση II



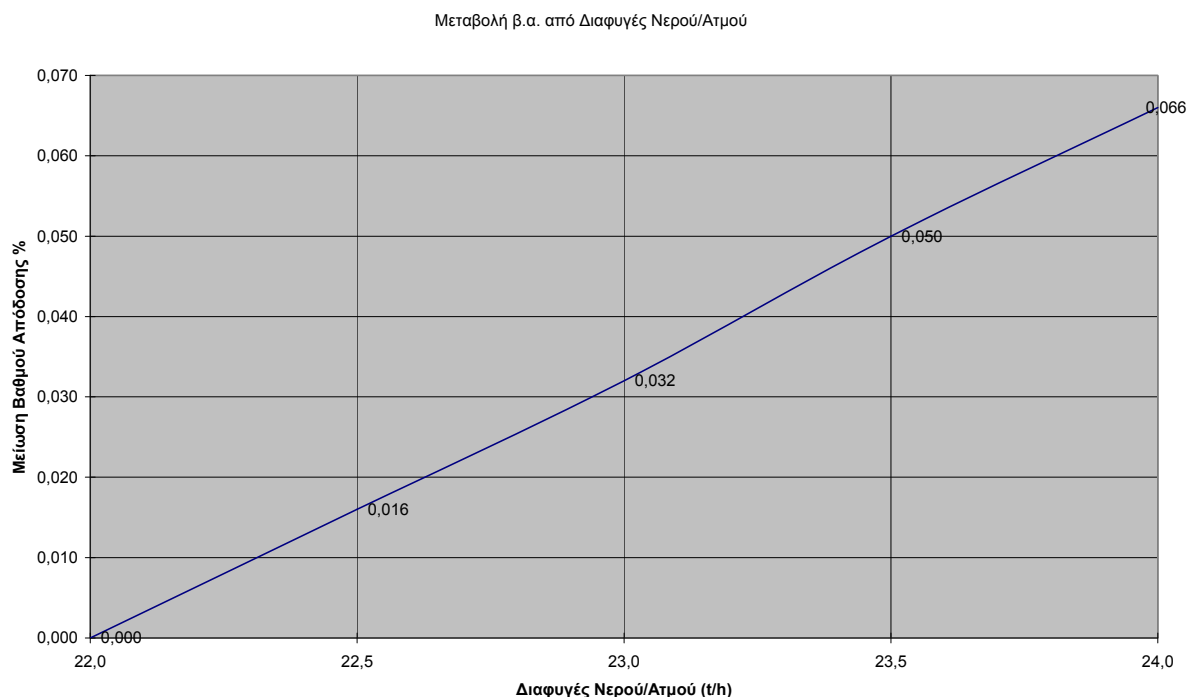
Σχήμα 27: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης από μείωση ψεκασμού στον Α/Θ στη δράση II

Δράση III: Η διαφυγή ατμού/νερού μπορεί εύκολα να μοντελοποιηθεί χρησιμοποιώντας ήδη υπάρχοντα διαχωριστή στο ρεύμα του ατμού εξόδου από τον αμοστρόβιλο υψηλής πίεσης. Σε αυτόν, το πρωτεύον ρεύμα οδηγείται προς τον αναθερμαντή, ενώ το δευτερεύον προς τον προθερμαντή νερού (δι'ατμού). Προσθέτοντας ένα τρίτο ρεύμα εξόδου χωρίς όμως να

υπάρχει σύνδεση σε κανένα άλλο στοιχείο, είναι δυνατόν να οριστεί μία παροχή η οποία αποτελεί απώλεια νερού/ατμού στο σημείο αυτό. Έτσι ορίζεται η διαφυγή νερού ατμού από την παροχή στην τρίτη έξοδο του διαχωριστή. Η διατήρηση της παροχής μάζας νερού/ατμού συμπληρώνεται από την παροχή συμπληρώματος νερού (Make Up), και υπολογίζεται αυτόματα κατά το τρέξιμο της προσομοίωσης. Παρακάτω παρατηρείται ότι είναι γραμμική η σχέση μείωσης διαφυγών νερού/ατμού με την αύξηση του βαθμού απόδοσης, όπως προκύπτει παρακάτω.

Διαφυγές ατμού (t/h)	Β.Α. %	Απόλυτη Διαφορά %
22,0	35,88	0,00
22,5	35,86	0,02
23,0	35,85	0,03
23,5	35,83	0,05
24,0	35,81	0,07

Πίνακας 19: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης από διαφυγές νερού – ατμού στη δράση III



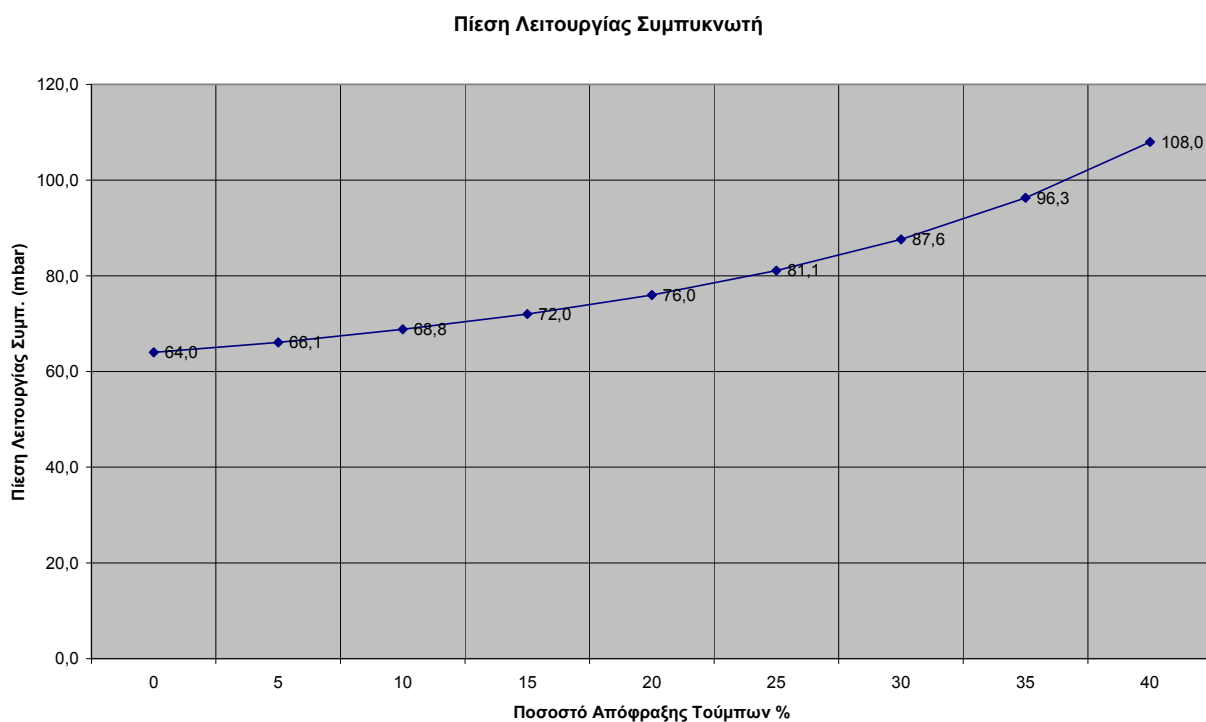
Σχήμα 28: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης από διαφυγές νερού – ατμού στη δράση III

Δράση IV: Η βελτίωση της μονάδας από τροποποίηση στον συμπυκνωτή προσομοιώνεται και πάλι μεταβάλλοντας το ποσοστό απόφραξης των τούμπων του, όπως και στις προηγούμενες μονάδες υπό μελέτη. Παρομοίως παρατηρούμε ότι η γραμμική παρεμπόδιση παροχής ψυκτικού νερού στον συμπυκνωτή οδηγεί στην παραβολική αύξηση της πίεσης

λειτουργίας του, καθώς και στην παραβολική μείωση του βαθμού απόδοσης της μονάδας, όπως αυτό παριστάνεται παρακάτω.

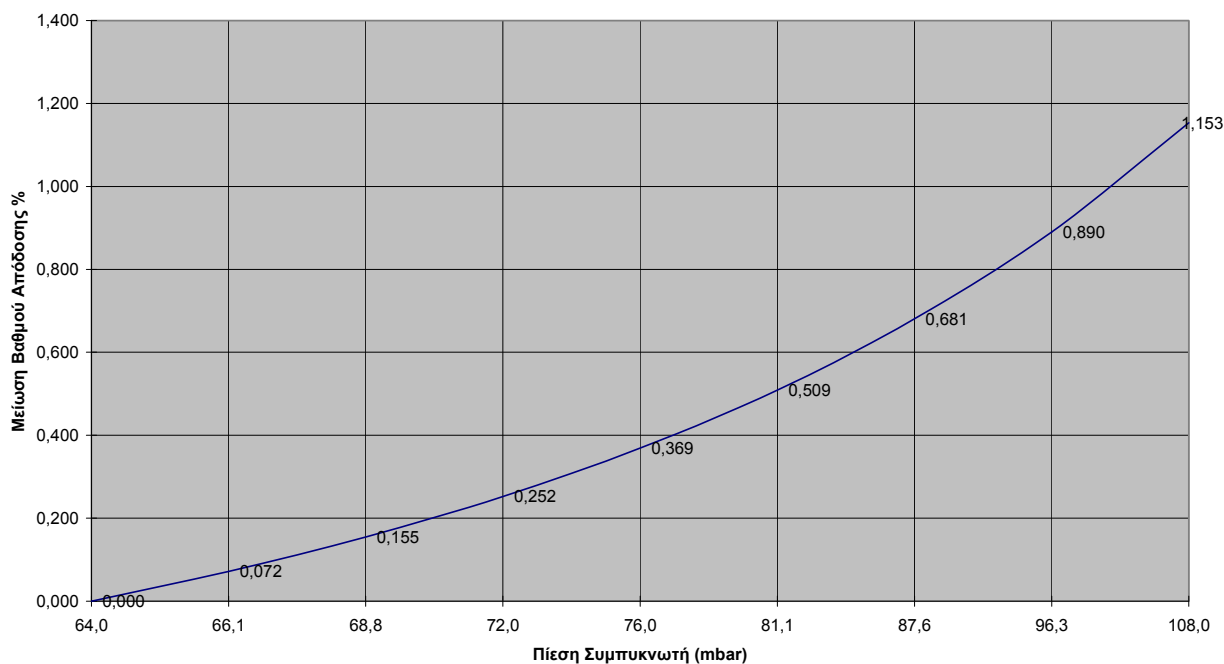
Απόφραξη Τούμπων Συμπ. %	Κενό Ψυγείου (mbar)	Β.Α. %	Μείωση %
0	64,0	36,15	0,00
5	66,1	36,08	0,07
10	68,8	36,00	0,16
15	72,0	35,90	0,25
20	76,0	35,79	0,37
25	81,1	35,65	0,51
30	87,6	35,47	0,68
35	96,3	35,26	0,89
40	108,0	35,00	1,15

Πίνακας 20: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης στον συμπυκνωτή στη δράση IV



Σχήμα 29: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή της πίεσης λειτουργίας στον συμπυκνωτή στη δράση IV

Μείωση β.α. με Πίεση Λειτουργίας Συμπυκνωτή

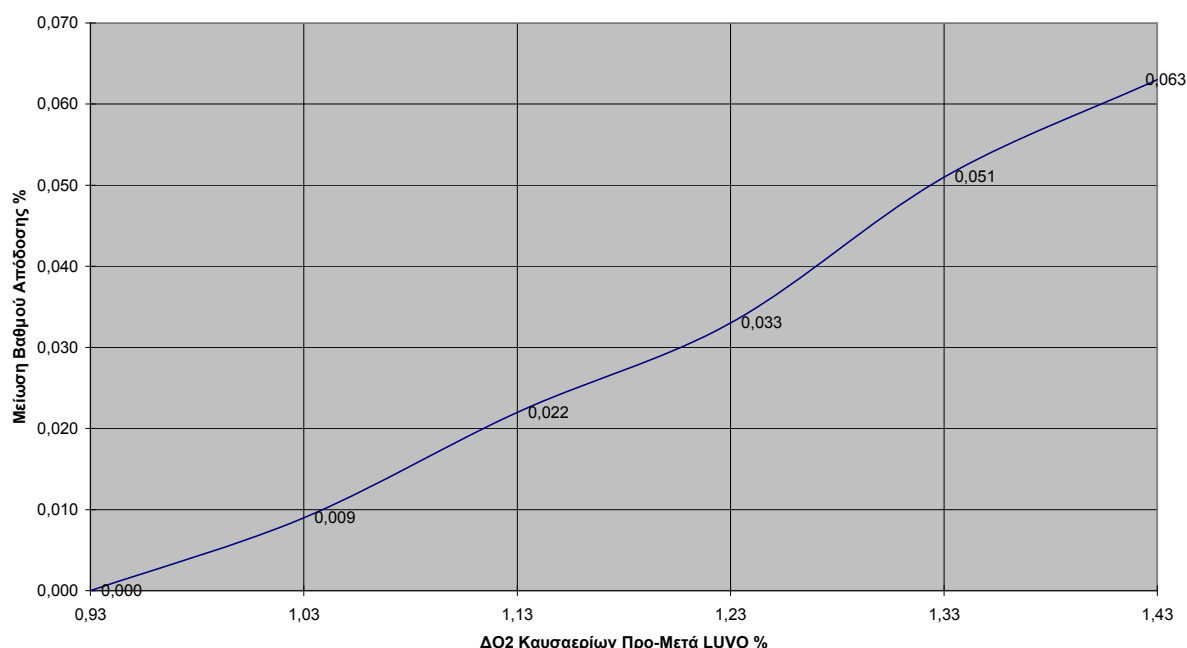


Σχήμα 30: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή του βαθμού απόδοσης στον συμπυκνωτή στη δράση IV

Δράση V: Η μοντελοποίηση της μείωσης του παρασιτικού αέρα στο LUVO γίνεται κάνοντας χρήση δύο διαχωριστών, όπως και στις προηγούμενες μονάδες. Παρατηρούμε ότι για η σχέση μείωσης του παρασιτικού αέρα στο LUVO και αύξησης του βαθμού απόδοσης της μονάδας είναι σχεδόν γραμμική όπως αυτό προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα και διάγραμμα.

SP9 (kg/s)	SP1 (kg/s)	ΔO_2 %	B.A. %	Απόλυτη Διαφορά %
17	17	0,93	36,25	0,00
19	19	1,03	36,24	0,01
21	21	1,13	36,23	0,02
23	23	1,23	36,22	0,03
25	25	1,33	36,20	0,05
27	27	1,43	36,19	0,06

Πίνακας 21: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης στο LUVO στη δράση V



Σχήμα 31: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης στο LUVO στη δράση V

Δράση VI: Στην προκειμένη περίπτωση, λόγω έλλειψης στόχου περί της συγκεκριμένης δράσης, εξετάστηκε η περίπτωση όπου ο προθερμαντής νερού δι'ατμού υψηλής πίεσης τέθηκε εκτός λειτουργίας. Κατά την εξέταση της περίπτωσης αυτής, απενεργοποιείται ο Π/Θ FWH1. Η μοντελοποίηση διεξάγεται παρομοίως με την μέθοδο ΠΙ της μονάδας 8 του Αγ. Γεωργίου πιο πάνω. Παρατηρείται σημαντική διαφορά στον βαθμό απόδοσης της μονάδας όταν τίθεται το στοιχείο εκτός λειτουργίας. Η διαφορά φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα.

Βελτίωση β.α από Π/Θ Υ.Π.		
Κατάσταση	Β.Α. %	Μείωση %
Εν Λειτουργία	36,18	
Εκτός Λειτουργίας	35,39	0,80

Πίνακας 22: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης στον Π/Θ Υ.Π. στη δράση VI

Στον πίνακα 23 φαίνεται η αναμενόμενη βελτίωση του β.α. για κάθε μία εκ των στοχοθετημένων δράσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και η συνολική επιτεύξιμη βελτίωση του β.α.

Δράση		Αναμ. Βελτ. β.α. (π.μ.)
I	Μείωση Παρασιτικού Αέρα	0,04
II	Μείωση Παροχής Ψεκασμού Α/Θ	0,02
III	Μείωση Διαφυγών Νερού/Ατμού	0,07
IV	Κύκλωμα Ψυκτικού- Συμπύκνωση	0,51
V	Στεγανοποίηση Διάκενων LUVO	0,06
VI	Προθερμαντές νερού	-
Σύνολο		0,68

Πίνακας 23: ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5 – Μεταβολή βαθμού απόδοσης για όλες τις δράσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Οικονομική Αξιολόγηση των Μέτρων Αύξησης Βαθμού Απόδοσης

Η οικονομική αξιολόγηση των μέτρων αύξησης του βαθμού απόδοσης ΑΗΣ στην παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στον προσδιορισμό της περιόδου απόσβεσης του κόστους υλοποίησης της επένδυσης, όπως αυτό έχει προσδιορισθεί για την κάθε δράση. Ο βαθμός απόδοσης του ΑΗΣ υπολογίζεται σαν: $\eta = P/Q_0$. Στην παρούσα μελέτη θεωρείται ότι το προσδιδόμενο ποσό θερμότητας δεν μεταβάλλεται ($Q_0 = ct$), οπότε η αύξηση του βαθμού απόδοσης, όπως αυτή υπολογίσθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο για κάθε στοχοθετημένη δράση, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος της μονάδας, με σταθερό κόστος λειτουργίας. Έτσι, θα έχουμε:

$$P' = (\beta.a.)' \cdot \left(\frac{P}{\beta.a.} \right)$$

όπου με P' συμβολίζουμε την νέα παραγόμενη ισχύ του σταθμού με το νέο βαθμό απόδοσης $(\beta.a.)'$. Έτσι η παραγόμενη ισχύς αυξάνεται κατά $(P'-P)$ και μπορούν να υπολογισθούν οι επιπλέον παραγόμενες kWh από τη μονάδα ετησίως, πολλαπλασιάζοντας επί τις ώρες λειτουργίας. Στην παρούσα εργασία έγινε η υπόθεση ότι οι μονάδες φυσικού αερίου του ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου ως μονάδες αιχμής λειτουργούν 3000 ώρες ετησίως, ενώ η μονάδα 5 του Αγ. Δημητρίου για 7000 ώρες, ως μονάδα βάσης. Το ετήσιο οικονομικό όφελος της επένδυσης υπολογίζεται από τις επιπλέον παραγόμενες kWh και μια μέση τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, η οποία στην παρούσα εργασία καθορίσθηκε στα 0,13 €/kWh. Επομένως, ο λόγος του κόστους της επένδυσης προς ετήσιο κέρδος μας δίνει τον απλό χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης. Οι υπολογισμοί γίνονται για κάθε μονάδα και για κάθε στοχοθετημένη δράση βελτίωσης του βαθμού απόδοσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 24-26.

Δράση	Ποσοστό Βελτίωσης (π.μ)	Επιπλέον kWh	Κέρδος €	Κόστος Επένδυσης €	Χρόνος Απόσβεσης (μήνες)
I	0,39	4182557	536287,50	370000	8.3
II	0,20	2139171	274284,45	400000	17.5
III	0,86	9099457	1166732,35	320000	3.3

Πίνακας 24: Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης για τις δράσεις βελτίωσης του β.α στο ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 8

Δράση	Ποσοστό Βελτίωσης (π.μ.)	Επιπλέον kWh	Κέρδος €	Κόστος Επένδυσης €	Χρόνος Απόσβεσης (μήνες)
I	0,54	8557118	1097193,64	370000	4,0
II	0,67	10624823	1362314,78	400000	3,5

Πίνακας 25: Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης για τις δράσεις βελτίωσης του β.α στο ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου 9

Δράση	Ποσοστό Βελτίωσης (π.μ.)	Επιπλέον kWh	Κέρδος €	Κόστος Επένδυσης €	Χρόνος Απόσβεσης (μήνες)
I	0,04	2356621	302165,93	53500	2,1
II	0,02	1009980	129499,68	-	-
III	0,07	4443914	569798,60	-	-
IV	0,51	34272000	4394355,89	-	-
V	0,06	3703261	474832,17	-	-
VI	0,80	53528959	6863483,17	-	-

Πίνακας 26: Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης για τις δράσεις βελτίωσης του β.α στο ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου 5

Γενικά Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε η μοντελοποίηση τριών ατμοηλεκτρικών μονάδων της ΔΕΗ ΑΕ και εξετάστηκαν διάφορες δράσεις βελτίωσης του βαθμού απόδοσης των μονάδων. Οι δύο από τις μονάδες υπό εξέταση είναι ατμοηλεκτρικές φυσικού αερίου (Μονάδες 8 και 9 Αγ. Γεωργίου), ενώ η τρίτη είναι λιγνιτική (Μονάδα 5 Αγ. Δημητρίου). Η κάθε προτεινόμενη δράση μοντελοποιήθηκε στο GateCycle με τροποποίηση συγκεκριμένων στοιχείων του βασικού μοντέλου, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία της μονάδας παρέμεναν αμετάβλητα. Οι τροποποιήσεις έγιναν σύμφωνα με τις προτεινόμενες δράσεις από την ΔΕΗ ΑΕ. Η συνολική βελτίωση του βαθμού απόδοσης για κάθε μονάδα ανέρχεται σε περίπου 1 ποσοστιαία μονάδα, βελτίωση ιδιαίτερα σημαντική, τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά. Η πλέον σημαντική αύξηση του β.α. παρατηρείται από τη δράση αποκατάστασης του τελευταίου προθερμαντή υψηλής πίεσης στην μονάδα 8 Αγ. Γεωργίου (αύξηση κατά 0,86%), από την στεγανοποίηση διάκενων στο LUVO στην μονάδα 9 Αγ. Γεωργίου (αύξηση κατά 0,67%), ενώ για την μονάδα 5 του Αγ. Δημητρίου από βελτίωση του κυκλώματος ψυκτικού – συμπυκνωτή (αύξηση κατά 0,51%).

Από οικονομικής άποψης, παρατηρείται ότι η αύξηση του βαθμού απόδοσης για κάθε δράση οδηγεί σε σημαντική αύξηση της ηλεκτροπαραγωγής ετησίως, με σταθερό κόστος παραγωγής. Ο χρόνος αποπληρωμής που προκύπτει για όλες τις δράσεις δεν ξεπερνά το 1,5

έτος. Η δράση με τον πιο μικρό χρόνο αποπληρωμής, σύμφωνα πάντα με τα διαθέσιμα στοιχεία κόστους, για την μονάδα 8 Αγ. Γεωργίου είναι η αντικατάσταση του Π/Θ Υ.Π. (3,3 μήνες περίπου), για τη μονάδα 9 του Αγ. Γεωργίου η στεγανοποίηση των διάκενων στο LUVO (3,5 μήνες περίπου). Για την μονάδα 5 Αγ. Δημητρίου, υπήρχαν οικονομικά στοιχεία κόστους επένδυσης μόνο για μία δράση, την μείωση του παρασιτικού αέρα στην εστία. Και αυτή η δράση έχει αρκετά μικρό χρόνο αποπληρωμής (περίπου 2,1 μήνες). Τα οφέλη είναι σημαντικά, και με σχετικά μικρό κόστος επένδυσης υπάρχει σημαντική αύξηση της ηλεκτροπαραγωγής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΚΥΡΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ GATECYCLE

Μονάδα 8 Αγ. Γεωργίου

GateCycle Report - Case Report Page 1 of 5
 Model: SGK8 Case: SGK8-D 04/07/2008 08:49
 Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
 Date & Time of Last Run 04/07/08 08:49
 Last Execution Status Converged

Equipment/Ports	Flow kg/sec	Temperature C	Pressure bar	Enthalpy kJ/kg	Quality /x of CH

C1 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	155.218	20.00	1.0132	4.50207	4
Main Outlet	155.218	24.88	1.065	9.44118	4
C2 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	162.079	118.94	0.9920	113.45	0.0
Main Outlet	162.079	121.51	1.01333	116.30	0.0
C3 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	36.075	383.27	1.00244	419.40	0.0
Main Outlet	36.075	385.29	1.01332	421.81	0.0
CND1 [CONDSR]: Condenser					
Main Steam Inlet	90.942	31.42	0.0459996	2034.6	0.7840
Main Exit	90.942	30.42	0.0459996	127.42	0.0
Cooling Water Inlet	6500.00	22.00	1.013	92.32	0.0
Cooling Water Exit	6500.00	28.38	1.013	119.00	0.0
Aux Water Inlet	0.0000	15.56	1.0342	65.38	0.0
DA1 [DEAER]: Deaerator					
Main Steam Inlet	5.3545	311.31	5.78592	3086.3	1.0
Main BFW Inlet	113.928	130.84	11.28	550.45	0.0
Main BFW Outlet	119.283	157.42	5.78592	664.29	0.0
ECON1 [ECON]: Economizer					
Gas Inlet	180.376	510.50	1.00244	573.66	0.0
Gas Outlet	180.376	383.27	1.00244	419.37	0.0
Water Inlet	119.283	262.04	174.14	1143.7	0.0
Water Outlet	119.283	306.98	172.14	1374.7	0.0
FB1 [FBOILR]: Fossil Boiler					
Primary Air Inlet	0.0000	20.00	1.0132	4.50207	4
Secondary Air Inlet	137.440	320.30	1.0359	313.94	4
Recycle Air Inlet	36.075	385.29	1.01332	421.81	0.0
Flue Gas Outlet	180.376	589.83	1.00244	672.37	0.0
Evaporator Inlet	119.283	306.98	172.14	1374.7	0.0
Evaporator Outlet	119.283	350.08	147.14	2713.5	1.0
Superheater Inlet	119.283	371.47	145.14	2861.3	1.0
Superheater Outlet	119.283	540.03	145.14	3426.9	1.0
Reheater Inlet	105.308	320.80	32.26	3041.3	1.0
Reheater Outlet	105.308	539.97	32.26	3543.4	1.0
Fuel Gas Inlet	6.8611	15.56	13.79	0.0	4

FWH1 [FWH]:	Feed Water Heater				
Extraction Inlet	5.9852	375.01	46.97	3142.4	1.0
Drain Outlet	5.9852	260.04	46.97	1135.1	0.0
BFW Inlet	119.283	240.92	175.64	1044.0	0.0
BFW Outlet	119.283	262.04	174.14	1143.7	0.0

GateCycle Report - Case Report

Page 2 of 5
04/07/2008 08:49

Model: SGK8 Case: SGK8-D

Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r

Date & Time of Last Run 04/07/08 08:49

Last Execution Status Converged

FWH2 [FWH]:	Feed Water Heater				
Extraction Inlet	7.9896	320.80	32.26	3041.3	1.0
Drain Outlet	13.975	237.90	32.26	1027.6	0.0
BFW Inlet	119.283	210.32	176.64	905.13	0.0
BFW Outlet	119.283	240.92	175.64	1044.0	0.0
Drain Inlet	5.9852	260.04	46.97	1135.1	0.0

FWH3 [FWH]:	Feed Water Heater				
Extraction Inlet	4.5560	470.31	19.02	3403.4	1.0
Drain Outlet	18.531	209.86	19.02	897.11	0.0
BFW Inlet	119.283	185.35	178.14	795.21	0.0
BFW Outlet	119.283	210.32	176.64	905.13	0.0
Drain Inlet	13.975	237.90	32.26	1027.6	0.0

FWH4 [FWH]:	Feed Water Heater				
Extraction Inlet	4.4557	397.08	11.28	3256.2	1.0
Drain Outlet	22.986	185.18	11.28	786.05	0.0
BFW Inlet	119.283	160.22	179.64	686.77	0.0
BFW Outlet	119.283	185.35	178.14	795.21	0.0
Drain Inlet	18.531	209.86	19.02	897.11	0.0

FWH5 [FWH]:	Feed Water Heater				
Extraction Inlet	3.1220	195.94	1.86326	2863.0	1.0
Drain Outlet	3.1220	118.01	1.86326	495.26	0.0
BFW Inlet	90.942	96.53	79.74	410.42	0.0
BFW Outlet	90.942	115.69	78.24	490.90	0.0

FWH6 [FWH]:	Feed Water Heater				
Extraction Inlet	3.3072	133.33	0.9512	2743.6	1.0
Drain Outlet	6.4292	98.24	0.9512	411.65	0.0
BFW Inlet	90.942	75.76	81.24	323.62	0.0
BFW Outlet	90.942	96.53	79.74	410.42	0.0
Drain Inlet	3.1220	118.01	1.86326	495.26	0.0

FWH7 [FWH]:	Feed Water Heater				
Extraction Inlet	7.2040	78.27	0.4413	2629.6	0.9951
Drain Outlet	13.633	78.27	0.4413	327.64	0.0
BFW Inlet	90.942	30.97	82.74	137.20	0.0
BFW Outlet	90.942	75.76	81.24	323.62	0.0
Drain Inlet	6.4292	98.24	0.9512	411.65	0.0

HX1 [HEATX]:	Heatexchanger				
Hot Inlet	144.301	383.27	1.00244	419.37	0.0
Hot Outlet	144.301	112.68	0.9920	107.50	0.0

Cold Inlet	146.329	24.88	1.065	9.44118	4
Cold Outlet	146.329	320.30	1.0359	313.94	4

M1 [MIXER]: Mixer

Primary Inlet	155.218	20.00	1.0132	4.50207	4
Outlet	155.218	20.00	1.0132	4.50207	4
Secondary Inlet	0.0000	320.30	1.0359	313.94	4

GateCycle Report - Case Report

Page 3 of 5
04/07/2008 08:49

Model: SGK8 Case: SGK8-D

Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r

Date & Time of Last Run 04/07/08 08:49

Last Execution Status Converged

M3 [MIXER]: Mixer

Primary Inlet	144.301	112.68	0.9920	107.50	0.0
Outlet	162.079	118.94	0.9920	113.44	0.0
Secondary Inlet	8.8889	320.30	1.0359	313.94	4
Tertiary Inlet	8.8889	24.88	1.065	9.44118	4

M4 [MIXER]: Mixer

Primary Inlet	77.309	31.42	0.046	2335.7	0.9080
Outlet	90.942	31.42	0.046	2034.6	0.7840
Secondary Inlet	13.633	78.27	0.4413	327.64	0.0

M5 [MIXER]: Mixer

Primary Inlet	90.942	115.69	78.24	490.90	0.0
Outlet	113.928	130.84	11.28	550.45	0.0
Secondary Inlet	22.986	185.18	11.28	786.05	0.0

MU1 [MAKEUP]: Makeup

Outlet	0.0000	15.56	1.0342	65.38	0.0
--------	--------	-------	--------	-------	-----

PUMP1 [PUMP]: Pump

Main Inlet	119.283	157.42	5.78592	664.29	0.0
Control Valve Outlet	119.283	160.22	179.64	686.77	0.0
Internal Pump Flow	119.283	157.42	5.78592	664.29	0.0

PUMP3 [PUMP]: Pump

Main Inlet	90.942	30.42	0.0459996	127.42	0.0
Control Valve Outlet	90.942	30.97	82.74	137.20	0.0
Internal Pump Flow	90.942	30.42	0.0459996	127.42	0.0

S21 [GAS]: Sink

Outlet	155.218	20.00	1.0132	4.50207	4
--------	---------	-------	--------	---------	---

S35 [EXH]: Exhaust

Inlet	162.079	121.51	1.01333	116.30	0.0
-------	---------	--------	---------	--------	-----

S40 [GAS]: Source

Outlet	0.0000	20.00	1.0132	4.50207	4
--------	--------	-------	--------	---------	---

S46 [SOURCE]: Source

Outlet	6500.00	22.00	1.013	92.32	0.0
--------	---------	-------	-------	-------	-----

S48 [SINK]: Sink

Inlet	6500.00	28.38	1.013	119.00	0.0
-------	---------	-------	-------	--------	-----

SP1 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	113.298	320.80	32.26	3041.3	1.0
Primary Outlet	105.308	320.80	32.26	3041.3	1.0
Secondary Outlet	7.9896	320.80	32.26	3041.3	1.0

SP3 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	96.296	311.64	6.07995	3086.3	1.0
Primary Outlet	90.942	311.64	6.07995	3086.3	1.0

GateCycle Report - Case Report	Page 4 of 5				
Model: SGK8 Case: SGK8-D	04/07/2008 08:49				
Prepared using GateCycle Version	5.51.0.r				
Date & Time of Last Run	04/07/08	08:49			
Last Execution Status	Converged				

Secondary Outlet	5.3545	311.64	6.07995	3086.3	1.0
------------------	--------	--------	---------	--------	-----

SP6 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	180.376	383.27	1.00244	419.37	0.0
Primary Outlet	144.301	383.27	1.00244	419.37	0.0
Secondary Outlet	36.075	383.27	1.00244	419.37	0.0

SP7 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	146.329	320.30	1.0359	313.94	4
Primary Outlet	137.440	320.30	1.0359	313.94	4
Secondary Outlet	8.8889	320.30	1.0359	313.94	4
Tertiary Outlet	0.0000	320.30	1.0359	313.94	4

SP8 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	155.218	24.88	1.065	9.44118	4
Primary Outlet	146.329	24.88	1.065	9.44118	4
Secondary Outlet	8.8889	24.88	1.065	9.44118	4

SPHT1 [SPHT]: Superheater					
Gas Inlet	180.376	589.83	1.00244	672.37	0.0
Gas Outlet	180.376	510.50	1.00244	573.66	0.0
Steam Inlet	119.283	350.08	147.14	2713.5	1.0
Steam Outlet	119.283	371.47	145.14	2861.3	1.0

ST1 [ST]: Steam Turbine					
Steam Inlet	119.283	540.03	145.15	3426.9	1.0
Main Outlet	113.298	320.80	32.26	3041.3	1.0
First Extraction	5.9852	377.01	49.43	3142.4	1.0
Expansion Line End	113.298	320.80	32.26	3041.3	1.0

ST2 [ST]: Steam Turbine					
Steam Inlet	105.308	539.97	32.26	3543.4	1.0
Main Outlet	96.296	311.64	6.07995	3086.3	1.0
First Extraction	4.5560	470.85	20.00	3403.4	1.0
Second Extraction	4.4557	397.52	11.87	3256.2	1.0
Expansion Line End	96.296	311.64	6.07995	3086.3	1.0

ST3 [ST]: Steam Turbine					
Steam Inlet	90.942	311.64	6.07995	3086.3	1.0
Main Outlet	77.309	31.42	0.046	2335.7	0.9080
First Extraction	3.1220	196.18	1.96124	2863.0	1.0
Second Extraction	3.3072	133.46	0.9806	2743.6	1.0

Third Extraction	7.2040	79.33	0.4609	2629.6	0.9943
Expansion Line End	77.309	31.42	0.046	2335.7	0.9080

V1 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		5.9852	377.01	49.43	3142.4
Outlet		5.9852	375.01	46.97	3142.4

V11 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		5.3545	311.64	6.07995	3086.3
Outlet		5.3545	311.31	5.78592	3086.3

GateCycle Report - Case Report				Page 5 of 5
Model: SGK8 Case: SGK8-D				04/07/2008 08:49
Prepared using GateCycle Version	5.51.0.r			
Date & Time of Last Run	04/07/08	08:49		
Last Execution Status	Converged			

V2 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		7.9896	320.80	32.26	3041.3
Outlet		7.9896	320.80	32.26	3041.3

V3 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		4.5560	470.85	20.00	3403.4
Outlet		4.5560	470.31	19.02	3403.4

V4 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		4.4557	397.52	11.87	3256.2
Outlet		4.4557	397.08	11.28	3256.2

V5 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		3.1220	196.18	1.96124	2863.0
Outlet		3.1220	195.94	1.86326	2863.0

V6 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		3.3072	133.46	0.9806	2743.6
Outlet		3.3072	133.33	0.9512	2743.6

V7 [PIPVLV]:	Valve				
Inlet		7.2040	79.33	0.4609	2629.6
Outlet		7.2040	78.27	0.4413	2629.6

Μονάδα 9 Αγ. Γεωργίου

GateCycle Report - Case Report				Page 1 of 5
Model: SGK9 Case: SGK9-D				04/07/2008 08:50
Prepared using GateCycle Version	5.51.0.r			
Date & Time of Last Run	04/07/08	08:50		
Last Execution Status	Converged			

Equipment/Ports	Flow kg/sec	Temperature C	Pressure bar	Enthalpy kJ/kg	Quality /x of CH

C1 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	216.800	20.00	1.0132	4.50207	4
Main Outlet	216.800	24.88	1.065	9.44121	4
C2 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	226.953	166.71	0.9554	167.32	0.0
Main Outlet	226.953	175.13	1.01732	176.79	0.0
C3 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	37.060	430.02	0.9554	477.78	0.0
Main Outlet	37.060	442.52	1.01732	492.97	0.0
CND1 [CONDSR]: Condenser					
Main Steam Inlet	119.110	39.08	0.070196	2447.6	0.9481
Main Exit	119.730	36.97	0.070196	154.77	0.0
Cooling Water Inlet	6944.44	28.00	1.3	117.42	0.0
Cooling Water Exit	6944.44	37.41	1.3	156.74	0.0
Aux Water Inlet	0.6199	15.56	1.0342	65.38	0.0
DA1 [DEAER]: Deaerator					
Main Steam Inlet	0.0377766	431.15	5.88399	3336.3	1.0
Main BFW Inlet	170.038	159.62	11.26	674.13	0.0
Main BFW Outlet	169.456	158.08	5.88399	667.12	0.0
Vent Steam Outlet	0.6197	158.08	5.88399	2754.6	1.0
ECON1 [ECON]: Economizer					
Gas Inlet	240.125	693.44	0.9554	808.18	0.0
Gas Outlet	240.125	430.02	0.9554	477.74	0.0
Water Inlet	169.456	242.39	146.98	1050.3	0.0
Water Outlet	169.456	329.07	146.98	1513.9	0.0
FB1 [FBOILR]: Fossil Boiler					
Primary Air Inlet	0.0000	20.00	1.0132	4.50207	4
Secondary Air Inlet	192.912	319.82	1.065	313.43	4
Recycle Air Inlet	37.060	442.52	1.01732	492.97	0.0
Flue Gas Outlet	240.125	748.29	0.9554	879.54	0.0
Evaporator Inlet	169.456	329.07	146.98	1513.9	0.0
Evaporator Outlet	169.456	350.22	127.49	2818.0	1.0
Superheater Inlet	169.456	370.17	127.49	2918.1	1.0
Superheater Outlet	169.456	526.84	127.49	3411.6	1.0
Reheater Inlet	146.472	313.29	26.59	3038.3	1.0
Reheater Outlet	146.472	526.53	26.59	3519.0	1.0
Fuel Gas Inlet	10.153	15.56	13.79	0.0	4
FWH1 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	8.6301	361.12	39.23	3124.3	1.0
Drain Outlet	8.6301	249.18	39.23	1081.8	0.0
BFW Inlet	169.456	219.96	148.48	947.33	0.0
BFW Outlet	169.456	242.39	146.98	1050.3	0.0

GateCycle Report - Case Report
Model: SGK9 Case: SGK9-D
Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
Date & Time of Last Run 04/07/08 08:50
Last Execution Status Converged

Page 2 of 5
04/07/2008 08:50

FWH2 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	14.353	313.29	26.59	3038.3	1.0
Drain Outlet	22.983	227.24	26.59	977.32	0.0
BFW Inlet	169.456	179.72	149.98	769.22	0.0
BFW Outlet	169.456	219.96	148.48	947.33	0.0
Drain Inlet	8.6301	249.18	39.23	1081.8	0.0
FWH3 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	3.9639	434.97	11.83	3336.3	1.0
Drain Outlet	26.947	187.31	11.83	795.53	0.0
BFW Inlet	169.456	160.43	151.48	685.96	0.0
BFW Outlet	169.456	179.72	149.98	769.22	0.0
Drain Inlet	22.983	227.24	26.59	977.32	0.0
FWH4 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	7.6541	352.13	5.78592	3171.1	1.0
Drain Outlet	7.6541	157.42	5.78592	664.29	0.0
BFW Inlet	143.090	123.31	12.74	518.51	0.0
BFW Outlet	143.090	154.34	11.26	651.27	0.0
FWH5 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	4.7951	253.88	2.5007	2977.4	1.0
Drain Outlet	12.449	127.44	2.5007	535.38	0.0
BFW Inlet	143.090	102.52	14.21	430.66	0.0
BFW Outlet	143.090	123.31	12.74	518.51	0.0
Drain Inlet	7.6541	157.42	5.78592	664.29	0.0
FWH6 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	10.911	180.35	1.22583	2835.2	1.0
Drain Outlet	23.360	105.42	1.22583	441.96	0.0
BFW Inlet	119.730	48.07	15.57	202.52	0.0
BFW Outlet	119.730	101.90	14.21	428.07	0.0
Drain Inlet	12.449	127.44	2.5007	535.38	0.0
FWH7 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	1.9360	48.07	0.1120	2572.0	0.9930
Drain Outlet	1.9360	48.07	0.1120	201.19	0.0
BFW Inlet	119.730	38.95	17.00	164.56	0.0
BFW Outlet	119.730	48.07	15.57	202.52	0.0
HX1 [HEATX]: Heatexchanger					
Hot Inlet	203.065	430.02	0.9554	477.74	0.0
Hot Outlet	203.065	165.92	0.9554	168.00	0.0
Cold Inlet	204.856	24.88	1.065	9.44121	4
Cold Outlet	204.856	319.82	1.065	313.43	4
M1 [MIXER]: Mixer					
Outlet	143.090	102.52	14.21	430.66	0.0
Secondary Inlet	23.360	105.61	17.00	443.91	0.0
Tertiary Inlet	119.730	101.90	14.21	428.07	0.0

GateCycle Report - Case Report
Model: SGK9 Case: SGK9-D
Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
Date & Time of Last Run 04/07/08 08:50
Last Execution Status Converged

Page 3 of 5
04/07/2008 08:50

M3 [MIXER]: Mixer						
Primary Inlet	203.065	165.92	0.9554	168.00	0.0	
Outlet	226.953	166.71	0.9554	167.31	0.0	
Secondary Inlet	11.944	319.82	1.065	313.43	4	
Tertiary Inlet	11.944	24.88	1.065	9.44121	4	
M4 [MIXER]: Mixer						
Primary Inlet	117.174	39.08	0.070195	2484.7	0.9635	
Outlet	119.110	39.08	0.070195	2447.6	0.9481	
Secondary Inlet	1.9360	48.07	0.1120	201.19	0.0	
M5 [MIXER]: Mixer						
Primary Inlet	143.090	154.34	11.26	651.27	0.0	
Outlet	170.038	159.62	11.26	674.13	0.0	
Secondary Inlet	26.947	187.31	11.83	795.53	0.0	
MU1 [MAKEUP]: Makeup						
Outlet	0.6199	15.56	1.0342	65.38	0.0	
PUMP1 [PUMP]: Pump						
Main Inlet	169.456	158.08	5.88399	667.12	0.0	
Control Valve Outlet	169.456	160.43	151.48	685.96	0.0	
Internal Pump Flow	169.456	158.08	5.88399	667.12	0.0	
PUMP2 [PUMP]: Pump						
Main Inlet	23.360	105.42	1.22583	441.96	0.0	
Control Valve Outlet	23.360	105.61	17.00	443.91	0.0	
Internal Pump Flow	23.360	105.42	1.22583	441.96	0.0	
PUMP3 [PUMP]: Pump						
Main Inlet	119.730	36.97	0.070196	154.77	0.0	
Control Valve Outlet	119.730	38.95	17.00	164.56	0.0	
Internal Pump Flow	119.730	36.97	0.070196	154.77	0.0	
S35 [EXH]: Exhaust						
Inlet	226.953	175.13	1.01732	176.79	0.0	
S40 [GAS]: Source						
Outlet	0.0000	20.00	1.0132	4.50207	4	
S46 [SOURCE]: Source						
Outlet	6944.44	28.00	1.3	117.42	0.0	
S48 [SINK]: Sink						
Inlet	6944.44	37.41	1.3	156.74	0.0	
S58 [SINK]: Sink						
Inlet	0.0000	313.29	26.59	3038.3	1.0	
S64 [GAS]: Air or Fuel Source						
Outlet	216.800	20.00	1.0132	4.50207	4	

GateCycle Report - Case Report
 Model: SGK9 Case: SGK9-D
 Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
 Date & Time of Last Run 04/07/08 08:50
 Last Execution Status Converged

Page 4 of 5
 04/07/2008 08:50

SP1 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	160.825	313.29	26.59	3038.3	1.0
Primary Outlet	146.472	313.29	26.59	3038.3	1.0
Secondary Outlet	14.353	313.29	26.59	3038.3	1.0
Tertiary Outlet	0.0000	313.29	26.59	3038.3	1.0
SP2 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	4.0017	434.97	11.83	3336.3	1.0
Primary Outlet	0.0377766	434.97	11.83	3336.3	1.0
Secondary Outlet	3.9639	434.97	11.83	3336.3	1.0
SP3 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	130.021	180.66	1.3337	2835.2	1.0
Primary Outlet	119.110	180.66	1.3337	2835.2	1.0
Secondary Outlet	10.911	180.66	1.3337	2835.2	1.0
SP6 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	240.125	430.02	0.9554	477.74	0.0
Primary Outlet	203.065	430.02	0.9554	477.74	0.0
Secondary Outlet	37.060	430.02	0.9554	477.74	0.0
SP7 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	204.856	319.82	1.065	313.43	4
Primary Outlet	192.912	319.82	1.065	313.43	4
Secondary Outlet	11.944	319.82	1.065	313.43	4
SP8 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	216.800	24.88	1.065	9.44121	4
Primary Outlet	204.856	24.88	1.065	9.44121	4
Secondary Outlet	11.944	24.88	1.065	9.44121	4
SPHT1 [SPHT]: Superheater					
Gas Inlet	240.125	748.29	0.9554	879.54	0.0
Gas Outlet	240.125	693.44	0.9554	808.18	0.0
Steam Inlet	169.456	350.22	127.49	2818.0	1.0
Steam Outlet	169.456	370.17	127.49	2918.1	1.0
ST1 [ST]: Steam Turbine					
Steam Inlet	169.456	526.84	127.49	3411.6	1.0
Main Outlet	160.825	313.29	26.59	3038.3	1.0
First Extraction	8.6301	361.12	39.23	3124.3	1.0
Expansion Line End	160.825	313.29	26.59	3038.3	1.0
ST2 [ST]: Steam Turbine					
Steam Inlet	146.472	524.74	22.70	3519.0	1.0
Main Outlet	130.021	180.66	1.3337	2835.2	1.0
First Extraction	4.0017	434.97	11.83	3336.3	1.0
Second Extraction	7.6541	352.58	6.2854	3171.1	1.0
Third Extraction	4.7951	254.22	2.71382	2977.4	1.0
Expansion Line End	130.021	180.66	1.3337	2835.2	1.0
ST3 [ST]: Steam Turbine					

GateCycle Report - Case Report
 Model: SGK9 Case: SGK9-D
 Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
 Date & Time of Last Run 04/07/08 08:50
 Last Execution Status Converged

Page 5 of 5
 04/07/2008 08:50

Steam Inlet	119.110	180.37	1.23287	2835.2	1.0
Main Outlet	117.174	39.08	0.070195	2484.7	0.9635
First Extraction	1.9360	66.30	0.2650	2572.0	0.9793
Expansion Line End	117.174	39.08	0.070195	2484.7	0.9635
V1 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	8.6301	361.12	39.23	3124.3	1.0
Outlet	8.6301	361.12	39.23	3124.3	1.0
V10 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	119.110	180.66	1.3337	2835.2	1.0
Outlet	119.110	180.37	1.23279	2835.2	1.0
V11 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	0.0377766	434.97	11.83	3336.3	1.0
Outlet	0.0377766	431.15	5.88399	3336.3	1.0
V2 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	14.353	313.29	26.59	3038.3	1.0
Outlet	14.353	313.29	26.59	3038.3	1.0
V3 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	3.9639	434.97	11.83	3336.3	1.0
Outlet	3.9639	434.97	11.83	3336.3	1.0
V4 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	7.6541	352.58	6.2854	3171.1	1.0
Outlet	7.6541	352.13	5.78592	3171.1	1.0
V5 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	4.7951	254.22	2.71382	2977.4	1.0
Outlet	4.7951	253.88	2.5007	2977.4	1.0
V6 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	10.911	180.66	1.3337	2835.2	1.0
Outlet	10.911	180.35	1.22583	2835.2	1.0
V7 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	1.9360	66.30	0.2650	2572.0	0.9793
Outlet	1.9360	48.07	0.1120	2572.0	0.9930
V8 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	169.456	526.84	127.49	3411.6	1.0
Outlet	169.456	526.84	127.49	3411.6	1.0
V9 [PIPVLV]: Valve					
Inlet	146.472	526.53	26.59	3519.0	1.0
Outlet	146.472	524.74	22.70	3519.0	1.0

Μονάδα 5 Αγ. Δημητρίου

GateCycle Report - Case Report
 Model: STD5 Case: STD5-D
 Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
 Date & Time of Last Run 04/07/08 08:51
 Last Execution Status Converged

Page 1 of 5
 04/07/2008 08:51

Equipment/Ports	Flow kg/sec	Temperature C	Pressure bar	Enthalpy kJ/kg	Quality /x of CH

C1 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	452.450	20.00	1.0132	4.50218	4
Main Outlet	452.450	24.79	1.0545	9.35806	4
C3 [GTCOMP]: Compressor					
Inlet	644.352	154.81	0.9857	161.97	0.0
Main Outlet	644.352	158.91	1.01323	166.82	0.0
CND1 [CONDSR]: Condenser					
Main Steam Inlet	224.988	37.31	0.0638625	1970.4	0.7519
Main Exit	228.321	34.13	0.0638625	142.56	0.0
Cooling Water Inlet	7229.95	20.00	1.0	83.59	0.0
Cooling Water Exit	7229.95	33.60	1.0	140.45	0.0
Aux Water Inlet	3.3334	22.00	1.0342	91.96	0.0
DA1 [DEAER]: Deaerator					
Main Steam Inlet	12.299	373.06	9.744	3206.6	1.0
Main BFW Inlet	258.290	152.02	12.46	640.91	0.0
Main BFW Outlet	270.589	178.78	9.744	757.52	0.0
ECON1 [ECON]: Economizer					
Gas Inlet	591.852	435.70	0.9873	513.53	0.0
Gas Outlet	591.852	302.53	0.9857	344.20	0.0
Water Inlet	261.617	239.34	191.01	1036.4	0.0
Water Outlet	261.617	314.87	191.01	1415.6	0.0
FB1 [FBOILR]: Fossil Boiler					
Primary Air Inlet	0.0000	20.00	1.0132	4.50218	4
Secondary Air Inlet	399.950	268.13	1.04398	259.02	4
Recycle Air Inlet	50.831	20.00	1.0132	4.50218	4
Flue Gas Outlet	591.852	677.26	0.9873	836.91	0.0
Evaporator Inlet	261.617	314.87	191.01	1415.6	0.0
Evaporator Outlet	261.637	371.66	191.01	2628.1	1.0
Superheater Inlet	261.637	421.87	191.01	2961.3	1.0
Superheater Outlet	261.637	538.23	191.01	3368.4	1.0
Reheater Inlet	239.474	471.89	34.93	3386.7	1.0
Reheater Outlet	239.474	581.29	34.93	3635.3	1.0
FWH1 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	10.112	64.15	0.2410	2536.2	0.9659
Drain Outlet	42.128	61.83	0.2169	259.26	0.0
BFW Inlet	228.321	34.41	18.44	145.41	0.0
BFW Outlet	228.322	61.63	16.94	258.86	0.0
Drain Inlet	32.020	85.16	0.5820	357.30	0.0
FWH2 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	7.2164	88.16	0.5820	2657.7	1.0
Drain Outlet	32.020	85.16	0.5820	357.30	0.0
BFW Inlet	228.322	61.63	16.94	258.86	0.0

GateCycle Report - Case Report
 Model: STD5 Case: STD5-D
 Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
 Date & Time of Last Run 04/07/08 08:51
 Last Execution Status Converged

Page 2 of 5
 04/07/2008 08:51

BFW Outlet	228.322	82.20	15.45	344.87	0.0
Drain Inlet	24.804	116.19	1.757	487.63	0.0
FWH3 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	12.076	182.30	1.757	2835.6	1.0
Drain Outlet	24.804	116.19	1.757	487.63	0.0
BFW Inlet	228.322	82.20	15.45	344.87	0.0
BFW Outlet	228.316	113.16	13.95	475.13	0.0
Drain Inlet	12.728	147.23	4.415	619.82	0.0
FWH4 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	12.728	274.19	4.415	3012.1	1.0
Drain Outlet	12.728	147.23	4.415	619.82	0.0
BFW Inlet	228.316	113.16	13.95	475.13	0.0
BFW Outlet	228.299	144.18	12.46	607.19	0.0
FWH5 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	11.161	464.19	19.04	3389.4	1.0
Drain Outlet	29.990	209.94	19.04	897.60	0.0
BFW Inlet	261.617	182.19	194.00	781.93	0.0
BFW Outlet	261.617	208.84	192.51	898.76	0.0
Drain Inlet	18.829	241.33	34.23	1043.9	0.0
FWH6 [FWH]: Feed Water Heater					
Extraction Inlet	18.829	291.25	34.23	2956.0	1.0
Drain Outlet	18.829	241.33	34.23	1043.9	0.0
BFW Inlet	261.617	208.84	192.51	898.76	0.0
BFW Outlet	261.617	239.34	191.01	1036.4	0.0
HX1 [HEATX]: Heatexchanger					
Hot Inlet	591.852	302.53	0.9857	344.20	0.0
Hot Outlet	591.852	155.36	0.9857	164.42	0.0
Cold Inlet	426.200	24.79	1.0545	9.35806	4
Cold Outlet	426.200	268.13	1.04398	259.02	4
M1 [MIXER]: Mixer					
Primary Inlet	182.860	37.31	0.0638676	2364.6	0.9153
Outlet	224.988	37.31	0.0638676	1970.4	0.7519
Secondary Inlet	42.128	61.83	0.2169	259.26	0.0
M2 [MIXER]: Mixer					
Outlet	258.290	152.02	12.46	640.91	0.0
Secondary Inlet	228.299	144.18	12.46	607.19	0.0
Tertiary Inlet	29.990	209.94	19.04	897.60	0.0
M3 [MIXER]: Mixer					
Primary Inlet	452.450	20.00	1.0132	4.50218	4
Outlet	452.450	20.00	1.0132	4.50218	4
Secondary Inlet	0.0000	268.13	1.04398	259.02	4
M4 [MIXER]: Mixer					
Primary Inlet	591.852	155.36	0.9857	164.42	0.0

GateCycle Report - Case Report
 Model: STD5 Case: STD5-D
 Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r
 Date & Time of Last Run 04/07/08 08:51
 Last Execution Status Converged

Page 3 of 5
 04/07/2008 08:51

Outlet	644.352	154.81	0.9857	161.95	0.0
Secondary Inlet	26.250	268.13	1.04398	259.02	4
Tertiary Inlet	26.250	24.79	1.0545	9.35806	4
MU1 [MAKEUP]: Makeup					
Outlet	3.3334	22.00	1.0342	91.96	0.0
PUMP1 [PUMP]: Pump					
Main Inlet	228.321	34.13	0.0638625	142.56	0.0
Control Valve Outlet	228.321	34.41	18.44	145.41	0.0
Internal Pump Flow	228.321	34.13	0.0638625	142.56	0.0
PUMP2 [PUMP]: Pump					
Main Inlet	270.589	178.78	9.744	757.52	0.0
Control Valve Outlet	270.589	182.19	194.00	781.93	0.0
Internal Pump Flow	270.589	178.78	9.744	757.52	0.0
S17 [SOURCE]: Air or Fuel Source					
Outlet	7229.95	20.00	1.0	83.59	0.0
S23 [SINK]: Sink					
Inlet	7229.95	33.60	1.0	140.45	0.0
S25 [EXH]: Exhaust					
Inlet	644.352	158.91	1.01323	166.82	0.0
S38 [GAS]: Source					
Outlet	503.281	20.00	1.0132	4.50218	4
S40 [SINK]: Sink					
Inlet	3.3333	292.15	34.93	2956.0	1.0
S75 [GAS]: Air or Fuel Source					
Outlet	0.0000	20.00	1.0132	4.50218	4
SP1 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	452.450	24.79	1.0545	9.35806	4
Primary Outlet	426.200	24.79	1.0545	9.35806	4
Secondary Outlet	26.250	24.79	1.0545	9.35806	4
SP2 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	503.281	20.00	1.0132	4.50218	4
Primary Outlet	452.450	20.00	1.0132	4.50218	4
Secondary Outlet	50.831	20.00	1.0132	4.50218	4
SP3 [SPLITR]: Splitter					
Inlet	270.589	182.19	194.00	781.93	0.0
Primary Outlet	261.617	182.19	194.00	781.93	0.0
Secondary Outlet	8.9712	182.19	194.00	781.93	0.0
SP7 [SPLITR]: Splitter					

Inlet	224.987	274.27	4.47724	3012.1	1.0
-------	---------	--------	---------	--------	-----

GateCycle Report - Case Report

Model: STD5 Case: STD5-D

Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r

Date & Time of Last Run 04/07/08 08:51

Last Execution Status Converged

Primary Outlet	212.259	274.27	4.47724	3012.1	1.0
Secondary Outlet	12.728	274.27	4.47724	3012.1	1.0

SP8 [SPLITR]: Splitter

Inlet	261.637	292.15	34.93	2956.0	1.0
Primary Outlet	239.474	292.15	34.93	2956.0	1.0
Secondary Outlet	18.829	292.15	34.93	2956.0	1.0
Tertiary Outlet	3.3333	292.15	34.93	2956.0	1.0

SP9 [SPLITR]: Splitter

Inlet	426.200	268.13	1.04398	259.02	4
Primary Outlet	399.950	268.13	1.04398	259.02	4
Secondary Outlet	0.0000	268.13	1.04398	259.02	4
Tertiary Outlet	26.250	268.13	1.04398	259.02	4

SPHT1 [SPHT]: Superheater

Gas Inlet	591.852	677.26	0.9873	836.91	0.0
Gas Outlet	591.852	569.09	0.9873	689.61	0.0
Steam Inlet	261.637	371.66	191.01	2628.1	1.0
Steam Outlet	261.637	421.87	191.01	2961.3	1.0

SPHT2 [SPHT]: Superheater

Gas Inlet	591.852	569.09	0.9873	689.61	0.0
Gas Outlet	591.852	435.70	0.9873	513.58	0.0
Steam Inlet	239.474	292.15	34.93	2956.0	1.0
Steam Outlet	239.474	471.89	34.93	3386.7	1.0

ST1 [ST]: Steam Turbine

Steam Inlet	261.637	537.80	189.94	3368.4	1.0
Main Outlet	261.637	292.15	34.93	2956.0	1.0
Expansion Line End	261.637	292.15	34.93	2956.0	1.0

ST2 [ST]: Steam Turbine

Steam Inlet	248.446	534.48	31.40	3532.3	1.0
Main Outlet	224.987	274.27	4.47724	3012.1	1.0
First Extraction	11.161	464.48	19.56	3389.4	1.0
Second Extraction	12.299	373.30	10.02	3206.6	1.0
Expansion Line End	224.987	274.27	4.47724	3012.1	1.0

ST3 [ST]: Steam Turbine

Steam Inlet	212.259	274.27	4.47724	3012.1	1.0
Main Outlet	182.860	37.31	0.0638676	2364.6	0.9153
First Extraction	12.076	182.42	1.79903	2835.6	1.0
Second Extraction	7.2164	88.28	0.5990	2657.7	1.0
Third Extraction	10.112	65.03	0.2507	2536.2	0.9652
Expansion Line End	182.860	37.31	0.0638676	2364.6	0.9153

TMX1 [TMIX]: Temperature Control Mixer

Main Inlet	239.474	581.29	34.93	3635.3	1.0
Outlet	248.446	536.02	34.93	3532.3	1.0

Control Inlet	8.9712	182.19	194.00	781.93	0.0
---------------	--------	--------	--------	--------	-----

GateCycle Report - Case Report

Model: STD5 Case: STD5-D

Prepared using GateCycle Version 5.51.0.r

Date & Time of Last Run 04/07/08 08:51

Last Execution Status Converged

V1 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		12.299	373.30	10.02	3206.6	1.0
Outlet		12.299	373.06	9.744	3206.6	1.0
V2 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		10.112	65.03	0.2507	2536.2	0.9652
Outlet		10.112	64.15	0.2410	2536.2	0.9659
V3 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		12.076	182.42	1.79903	2835.6	1.0
Outlet		12.076	182.30	1.757	2835.6	1.0
V4 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		12.728	274.27	4.47724	3012.1	1.0
Outlet		12.728	274.19	4.415	3012.1	1.0
V5 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		261.637	538.23	191.01	3368.4	1.0
Outlet		261.637	537.79	189.92	3368.4	1.0
V6 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		248.446	536.02	34.93	3532.3	1.0
Outlet		248.446	534.48	31.40	3532.3	1.0
V7 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		11.161	464.48	19.56	3389.4	1.0
Outlet		11.161	464.19	19.04	3389.4	1.0
V8 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		18.829	292.15	34.93	2956.0	1.0
Outlet		18.829	291.25	34.23	2956.0	1.0
V9 [PIPVLV]:	Valve					
Inlet		7.2164	88.28	0.5990	2657.7	1.0
Outlet		7.2164	88.16	0.5820	2657.7	1.0

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. «**Ατμοπαραγωγοί Ι**», Ν. Παπαγεωργίου, Εκδόσεις Συμεών, 1^η Έκδοση, 1991
2. «**Θερμοηλεκτρικού Σταθμοί**», Ε. Κακαράς, Εκδόσεις Fountas, 2^η Έκδοση, 2003
3. «**Ένταξη Μονάδων Φυσικού Αερίου στο Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής: Αναδρομή – Τεχνολογίες**», Χ. Αργυριάδης, Ε. Μπονατάκη, 2006
4. «**Technology Development for Advanced Pulverized Coal-Fired Boilers**», J.B. Kitto, Babcock & Wilcox, 1996
5. «**The Lignite Electricity-Generating Sector in Greece: Current status and Future Prospects**», Ν. Κούκουζας, Ε. Κακαράς, Π. Γραμμέλης
6. www.apigroupinc.com/headlines/images/antelope/boiler_schematic.jpg
7. «**Εκπομπές και μηχανισμοί δέσμευσης CO₂**», Ε. Κακαράς, Α. Δουκέλης, Χημικά Χρονικά, Τεύχος 5, Τόμος 69, Ιούνιος 2007
8. «**«Διγνιτικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπερκρισίμων θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών»**», Διπλωματική Μ.Δ.Ε., Ι. Νικολάκης, 2006-07
9. www.dei.gr