



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ:  
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΓΕΩΡΓΑΚΗ ΒΑΣΣΑΜΗ**

**ΤΟΚΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Ρ.Ε.Π ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ**

**ΚΟΖΑΝΗ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2017**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

**ΓΕΩΡΓΑΚΗ ΒΑΣΣΑΜΗ**

**ΤΟΚΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 06 Ιουλίου 2017

.....  
**Ρ.Ε.Π. Σωτηροπούλου**  
Λέκτορας ΠΔΜ

.....  
**Δ. Κολοκοτρώνης**  
Ε.Ι.ΔΙ.Π. ΠΔΜ

.....  
**Γ. Πανάρας**  
Λέκτορας ΠΔΜ

ΚΟΖΑΝΗ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2017



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο τη μελέτη της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στο βαθμό απόδοσης του ατμοηλεκτρικού σταθμού του Αγίου Δημητρίου. Πρόκειται για μια διατριβή η οποία αποτελείται από δυο μέρη, εκ των οποίων στο πρώτο μελετάται και υπολογίζεται το μέγεθος της κλιματικής μεταβολής και οι αλλαγές που θα επέλθουν στη θερμοκρασία και υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα και στο δεύτερο αποτυπώνονται αυτές οι μεταβολές στην προσομοίωση του λιγνιτικού ατμοηλεκτρικού σταθμού του Αγίου Δημητρίου και τοιουτοτρόπως υπολογίζεται η επίδρασή τους στον βαθμό απόδοσή του.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, αναλύεται επακριβώς ο ορισμός της και παρατίθενται οι αιτίες που το προκαλούν, αλλά και οι επιπτώσεις που αυτό προκαλεί σε διεθνές και εγχώριο επίπεδο.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κλιματικά μοντέλα που έχει αναπτύξει η επιστημονική κοινότητα, στόχος των οποίων είναι η μελέτη της κλιματικής αλλαγής. Παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι μοντέλων που κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί, όπως και οι βασικές λειτουργίες και παραδοχές αυτών.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας, αναλύονται τα μοντέλο προσομοίωσης που έχουν επιλεγεί για την περάτωση της συγκεκριμένης διατριβής. Αναφορικά πρόκειται για τα μοντέλα NASSA GISS GCM ModelE και WRF, εκ των οποίων το πρώτο είναι το παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο και το δεύτερο περιοχικό.

Στο τέταρτο κατά σειρά κεφάλαιο, παρουσιάζεται η μεθοδολογία προσομοίωσης και η ακριβής διαδικασία προγραμματισμού των άνωθεν μοντέλων, που οδηγεί στην ορθή εκτέλεσή του, για να παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, που ουσιαστικά είναι το αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στη θερμοκρασία και υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα.

Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν βάση δεδομένων που χρησιμοποιούνται ως είσοδοι στη διαδικασία προσομοίωσης του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου. Για να είναι ιδιαίτερος κατανοητή η προσομοίωση του σταθμού, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά ο σταθμός. Τα στοιχεία που παρατίθενται στο παρόν κεφάλαιο αφορούν τα γενικά στοιχεία του σταθμού, την αναλυτική περιγραφή του μηχανολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται κατά την ατμοπαραγωγή, όπως επίσης και τους βασικούς κύκλους λειτουργίας του σταθμού και τα χαρακτηριστικών αυτών.

Στο έβδομο κεφάλαιο, αναλύεται το λογισμικό που επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στην προσομοίωση του παραπάνω προγραμθέντα σταθμού. Πρόκειται για το λογισμικό Gatecycle 6.00 της G.E., ένα εύχρηστο προϊόν, που

χρησιμοποιείται κατά κόρον από τους μηχανικούς. Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται τόσο το περιβάλλον του λογισμικού όσο και ο τρόπος χρήσης του.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται στο όγδοο κεφάλαιο η διαδικασία προσομοίωσης του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, τα σενάρια κλιματικής αλλαγής που επιλέχθηκαν να μελετηθούν και να προσομοιωθούν καθώς και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, που δεν είναι άλλα από τη μεταβολή του βαθμού απόδοσης του ατμοπαραγωγού.

Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής διατριβής, ενώ παράλληλα δίνονται προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.

## ABSTRACT

This diploma thesis aims to study the impact of climate change on the efficiency of the Agios Dimitrios steam power station. It is a dissertation consisting of two equal parts, of which the first one includes the study and the magnitude of the climate change and the changes that will be made to the temperature and humidity of the air and the second one, in which these changes are used in the simulation of the St. Dimitriou and thus the impact on the rate of performance is calculated

In more detail, the first chapter presents the problem of climate change, analyzes precisely its definition and sets out the causes that cause it, as well as its impact on the international and domestic level.

In the next chapter we present the climatic models developed by the scientific community, the aim of which is to study climate change. We present the different types of models that have developed over time, as well as their basic functions and assumptions

In the third chapter of the thesis, we analyze the modelσ selected for the completion of this dissertation. These are NASSA GISS GCM ModelE and WRF models, the first of which is the global climate model and the second one a mesoscale numerical weather prediction system.

In the fourth chapter, we present the methodology and the exact programming procedure of the above models, which leads to its correct execution, in order to present the simulation results in the next chapter, which is the impact of climate change on atmospheric temperature and humidity.

These results are the database used as inputs in the simulation process of the Agios Dimitrios SA. In order to understand the simulation of the station, the station is presented in detail in Chapter Six. The elements listed in this chapter relate to the general data of the plant, the detailed description of the mechanical equipment used in steam production, as well as the basic operating cycles of the plant and their characteristics.

In the seventh chapter, we analyze the software that was selected and used in the simulation of the above-mentioned station. It's Gatecycle 6.00 by G.E., a handy product that is widely used by engineers. This chapter analyzes both the software environment and the way it is used.

The following are presented in the eighth chapter of the simulation process of the Agios Dimitrios SA, the climate change scenarios chosen to be studied and simulated, and finally the results of the simulation, which are no less than the change in the steam generator performance.

Finally, the ninth chapter presents the conclusions that are deduced at the end of this dissertation, while proposals for further study are presented.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Σε αυτό το σημείο θεωρούμε υποχρέωσή μας να ευχαριστήσουμε θερμά όλους όσους στάθηκαν δίπλα μας καθ' όλη τη διάρκεια της φοιτητική μας σταδιοδρομίας, καθώς η παράδοση της Διπλωματικής Διατριβής σηματοδοτεί και το πέρας των σπουδών μας στην πολυτεχνική σχολή των Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Πρωτίστως, θα θέλαμε να αποδώσουμε ιδιαίτερες ευχαριστίες στην κ.α. Ρ.Ε.Π. Σωτηροπούλου για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, την αφοσίωση και το αδιάκοπο ενδιαφέρον που υπέδειξε για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τον κ. Δ. Κολοκοτρώνη, που στάθηκε αρωγός στην υλοποίηση της εν λόγω διατριβής με τα σχόλια και τις κατευθυντήριες γραμμές. Επιπροσθέτως, θερμές ευχαριστίες αποδίδονται στον κ. Ε. Τάγαρη και τον υποψήφιο διδάκτορα Ι. Στεργίου για τη συμπαράσταση τους και την ανταπόκρισή τους σε όλες μας τις εκκλήσεις, γεγονός που αποτέλεσε εγγύηση της ορθής πορείας της εργασίας. Τέλος ιδιαίτερες ευχαριστίες αποδίδονται και στον κ. Νικολαΐδη για την παροχή των απαραίτητων στοιχείων και πληροφοριών αναφορικά με τον ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου και την ανταπόκρισή του σε κάθε μας έκκληση.

Επιπλέον, ευχαριστίες πρέπει να αποδοθούν στα πρόσωπα που απαρτίζουν το ανθρώπινο δυναμικό του Τμήματος, που με ζήλο και υπομονή μεταλαμπαδεύουν τις γνώσεις του και τις εμπειρίες τους στους φοιτητές, καταρτίζοντας έτσι μελλοντικούς μηχανικούς.

Τέλος, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, οι οποίες στάθηκαν στυλοβάτες στην περάτωση των σπουδών μας, καθώς με αυταπάρνηση στήριξαν κάθε επιλογή μας τόσο σε αυτόν τον αγώνα της ακαδημαϊκής μας κατάρτισης, όσο και αμφότερα, παρά τις οικονομικές συγκυρίες της εποχής μας.

Κοζάνη, Ιούλιος 2017

Γεωργάκη Βαλσάμη

Τόκα Βασιλική

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	12
1.1 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	14
1.1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ .....	14
1.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ.....	16
1.1.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ .....	18
1.2 Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ.....	22
2.1 ΤΥΠΟΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ .....	26
2.1.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (AGCMs) .....	26
2.1.2 ΩΚΕΑΝΙΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (OGCMs).....	26
2.1.3 ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ – ΩΚΕΑΝΙΑ ΓΕΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (AOGCMs).....	26
2.2 ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ (RCMs).....	27
2.3 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ RCP.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
NASSA GISS GCM MODELE ΚΑΙ WRF.....	32
3.1 NASSA GISS GCM MODELE - ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	32
3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	32
3.1.2 ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	33
3.1.3 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	34
3.1.4 ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	36
3.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΣΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ WRF .....	37
3.2.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Geogrid .....	40
3.2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Ungrib.....	40
3.2.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Metgrid.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	42
4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	42
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ .....	51



6.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΕΗ Α.Ε. ....	51
6.2 ΓΕΝΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ .....	53
6.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ .....	54
6.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ .....	55
6.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΒΗΤΑ .....	56
6.3.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ .....	59
6.3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΝΕΡΟΥ .....	60
6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ.....	64
6.4.1 ΚΥΚΛΩΜΑ ΝΕΡΟΥ - ΑΤΜΟΥ .....	64
6.4.2 ΚΥΚΛΩΜΑ ΝΕΡΟΥ ΨΥΞΗΣ.....	67
6.4.3 ΔΙΚΤΥΟ ΑΕΡΑ – ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ .....	68
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>	
<b>ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GATECYCLE.....</b>	<b>71</b>
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ GATECYCLE 6.00.....	71
7.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΡΟΠΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ .....	72
7.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΟΥ GATECYCLE .....	77
7.3.1 ΛΕΒΗΤΑΣ (FOSSIL BOILER) .....	77
7.3.2 ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ (STEAM TURBINE) .....	78
7.3.3 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ (CONDENSER) .....	79
7.3.4 ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΑΤΜΟ (FEEDWATER HEATER).....	80
7.3.5 ΑΠΑΕΡΙΩΤΗΣ (DEAERATOR).....	81
7.3.6 ΟΙΚΟΝΟΜΗΤΗΡΑΣ (ECONOMIZER).....	82
7.3.7 ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΤΗΣ (SUPERHEATER) .....	83
7.3.8 ΤΥΜΠΑΝΟ (DRUM) .....	84
7.3.9 ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (GENERAL HEAT EXCHANGER) .....	85
7.3.10 ΑΝΤΛΙΕΣ (PUMP) .....	86
7.3.11 ΜΙΚΤΗΣ (Mixer).....	86
7.3.12 ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SPLITTER) .....	87
7.3.13 ΕΙΣΟΔΟΙ - ΕΞΟΔΟΙ.....	88
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</b>	
<b>ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ GATECYCLE .....</b>	<b>90</b>
8.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ .....	90
8.1.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ I & II .....	91
8.1.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ III & IV.....	97
8.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	105
8.2.1 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΟΝ.....	105
8.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 1ο : ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ .....	106
8.2.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 2ο : ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ.....	107
8.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	108
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9</b>	
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ .....</b>	<b>109</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>111</b>

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΟΝΑΔΩΝ I &amp; II .....</b>	<b>111</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΟΝΑΔΩΝ III &amp; IV .....</b>	<b>112</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΘΜΟΥ .....</b>	<b>113</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>114</b>
<b>ΕΓΓΡΑΦΗ .....</b>	<b>114</b>
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ .....</b>	<b>116</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή είναι πλέον φαινόμενο αδιαμφισβήτητο. Είναι ένα φαινόμενο η ύπαρξη του οποίου είναι συνυφασμένη με πληθώρα αρνητικών επιπτώσεων στο σύνολο της ανθρωπότητας, της οικονομίας, του γεωγραφικού ανάγλυφου και του φυσικού περιβάλλοντος. Η επιστημονική κοινότητα κρούει πλέον τον κώδωνα του κινδύνου για την έκταση που τείνει να λάβει το φαινόμενο αυτό, καθώς και οι άρρηκτες επιπτώσεις αυτού. Το φυσικό περιβάλλον είναι το κυριότερο στοιχείο που πλήττεται από την ενίσχυση της κλιματικής αλλαγής. Οι επιπτώσεις που επέρχονται στη δομή και την κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος επιδρούν αλυσιδωτά στην εμφάνιση νέων δεδομένων στο πολιτικό, κοινωνικό, οικονομικό και βιομηχανικό τοπίο του παγκόσμιου χάρτη και κατ' επέκταση του ελλαδικού χώρου. Η Ελλάδα είναι μια κατ' εξοχήν γεωργική και κτηνοτροφική χώρα, με αποτέλεσμα η βιομηχανική δραστηριότητα να είναι περιορισμένη. Ωστόσο, σε αυτή την περιορισμένη πραγματικότητα, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού αποτελεί τον κυρίαρχο παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας. Σκοπός της διατριβής είναι η εκτίμηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής σε έναν μεγάλο παραγωγό της Δυτικής Μακεδονίας, που δεν είναι άλλος από τη Δ.Ε.Η και συγκεκριμένα τον ατμοηλεκτρικό σταθμό του Αγίου Δημητρίου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

### **ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ**

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα φαινόμενο, το οποίο παρατηρείται τα τελευταία χρόνια και τα αποτελέσματα του είναι ιδιαίτερος εμφανή και εκτείνονται σε ποικίλους τομείς. Η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος είναι γεγονός αδιαμφισβήτητο, με ανοδική πορεία, καθώς οι πηγές του προβλήματος αυτού έγκεινται στην ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και την υπερκατανάλωση προϊόντων και φυσικών πόρων. Οι επιπτώσεις του φαινομένου αυτού είναι βαρυσήμαντες τόσο για το σύνολο του φυσικού περιβάλλοντος, όσο και για την οικονομία και χρήζουν μέτρα αντιμετώπισης.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται πρωτίστως λεπτομερή αναφορά στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, των αιτιών που την προκαλούν και των επιπτώσεων της. Στη συνέχεια γίνεται ενδελεχής ανάπτυξη των επιστημονικών κλιματικών μοντέλων, που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των κλιματικών μεταβολών και ιδιαίτερος γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία μείωσης κλίμακας (ή δυναμικού υποβιβασμού), βάσει της οποίας καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων ενός παγκόσμιου κλιματικού μοντέλου σε μια συγκεκριμένη, μικρής έκτασης περιοχή.



## 1.1 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

### 1.1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

#### ΚΛΙΜΑ

Ως κλίμα ορίζεται η μέση καιρική κατάσταση ή αλλιώς ο μέσος καιρός, ενώ πιο αυστηρά ορίζεται ως η στατική περιγραφή της μέσης και της μεταβλητότητας σχετικών ποσοτήτων για μια μεγάλη χρονική διάρκεια μηνών έως και εκατομμυρίων χρόνων. Οι σχετικές αυτές ποσότητες είναι συνήθως μεταβλητές επιφάνειας όπως η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, οι άνεμοι, η ατμοσφαιρική πίεση και άλλες μετεωρολογικές μεταβλητές για μια δεδομένη περιοχή και χρονική περίοδο (Planton, Serger, 2003).

#### ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Αναλυτικότερα, οι παράγοντες που επιδρούν και διαμορφώνουν το κλίμα διακρίνονται σε «εσωτερικούς» και «εξωτερικούς» (Bradley 1999, Alverson 2003). Αναφορικά με αυτούς τους παράγοντες, στους «εσωτερικούς» συγκαταλέγονται οι εξής:

- Ηφαιστειακή δραστηριότητα
- Οι διεργασίες ανάδρασης του συστήματος
- Οι διακυμάνσεις του όγκου των παγετώνων
- Οι μεταβολές της ταχύτητας και του τρόπου κυκλοφορία των θαλάσσιων ρευμάτων
- Οι μεταβολές αερίων της ατμόσφαιρας
- Η εισερχόμενη και εξερχόμενη θερμική ακτινοβολία
- Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις

Ενώ, στους «εξωτερικούς» παράγοντες συμπεριλαμβάνονται οι:

- Τροχιά Γης – Ήλιου, δηλαδή η εκκεντρότητα της τροχιά τους
- Η κλίση του άξονα της περιστροφής της Γης
- Η μετάπτωση των ισημεριών
- Η ηλιακή δραστηριότητα

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί πως οι παράγοντες που αναφέρθηκαν ορίζονται ως «εξαναγκαστικοί μηχανισμοί»

## **ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ**

Ως κλιματική αλλαγή ορίζεται η μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος, δηλαδή οι μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική διάρκεια. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών των μεταβολών είναι οι διακυμάνσεις ως προς τη μέση κατάσταση του κλίματος ή της μεταβλητότητας αυτού με την πάροδο του χρόνου (United States, 1992).

## **ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ**

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων, οι οποίοι είναι είτε φυσικές διεργασίες είτε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Ειδικότερα, αναφορικά οι δημιουργοί παράγοντες του φαινομένου είναι:

- Οι διακυμάνσεις στην ηλιακή ακτινοβολία
- Οι μεταβολές της τροχιάς της Γης
- Οι παραλλαγές στην ανακλαστικότητα
- Οι αλλαγές στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου

### 1.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Οι άνωθεν παράγοντες που αναφέρθηκαν ουσιαστικά, επιδρούν στο κατά τόπους κλίμα της γης και το καθιστούν ανομοιόμορφο. Ωσαύτως, δικαιολογείται και το γεγονός του διαχωρισμού των περιοχών σε περιοχές με διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά.

Ο πιο σημαντικός από τους παραπάνω παραγόντων είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλίκιακή ακτινοβολία είναι ο κρισιμότερος συντελεστής για τη διαμόρφωση του κλίματος, καθώς το σύστημα γης και ατμόσφαιρας βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται και εξέρχεται στην ατμόσφαιρα. Η κατάσταση αυτή της ευαίσθητης ισορροπίας μεταξύ της εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτινοβολίας προσδιορίζει το κλίμα παγκοσμίως. Αν για οποιοδήποτε λόγο η λεπτή αυτή ισορροπία διαταραχθεί, τότε είναι πιθανή η εμφάνιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

Στη συνέχεια, όσον αφορά τις μεταβολές της τροχιάς της γης αυτές αποτυπώνονται ως μικρές διακυμάνσεις της τροχιάς, που έχουν ως αντίκτυπο την εμφάνιση μεταβολών στην εποχιακή κατανομή του ηλιακού φωτός που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της γης και προσπίπτει στην επιφάνεια αυτής. Οι κατηγορίες των τροχιακών μεταβολών είναι τρεις και είναι απόρροια:

1. των διακυμάνσεων της εκκεντρότητας της Γης,
2. των αλλαγών στην κλίση του άξονα περιστροφής της Γης, και
3. της μετάπτωσης του άξονα του πλανήτη.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά το κλίμα. Η επιστημονική κοινότητα συναινεί στο γεγονός ότι οι μεταβολές του κλίματος προκαλούνται σε μεγάλο βαθμό από ανθρώπινες δραστηριότητες, και πως οι αλλαγές αυτές είναι σε σημαντικό σημείο μη αντιστρέψιμες. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που επιδρούν στο κλίμα και το αλλάζουν είναι πολλές, σημαντικότερες εκ των οποίων είναι η καύση ορυκτών καυσίμων, όπως ο λιγνίτης, τα αερολύματα, η χρήση οχημάτων και μέσων μεταφοράς, η ανάπτυξη της βιομηχανίας. Η αποτύπωση αυτών των δραστηριοτήτων στο περιβάλλον παρουσιάζεται ως αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενίσχυση της όξινης βροχής και καταστροφή της στιβάδας του όζοντος.

Λαμβάνοντας λοιπόν, υπόψιν όλους αυτούς τους παράγοντες, που επηρεάζουν το κλίμα και επιδρούν στην εμφάνιση της κλιματικής αλλαγής, η επιστημονική κοινότητα βρίσκεται σε διαρκή έρευνα της μεταβολής του κλίματος. Η έρευνα για την κατανόηση του παρελθόντος, αλλά και της μελλοντικής συμπεριφοράς του κλίματος βασίζεται στην παρατήρηση πρωτίστως και στη χρησιμοποίηση αριθμητικών μοντέλων εν συνεχεία. Γενικά, ο τρόπος λειτουργίας των αριθμητικών μοντέλων



κυκλοφορίας έχει την απαρχή τους στις φυσικές επιστήμες και ο σκοπός τους είναι η θεωρητική προσέγγιση αρχικά της αποτύπωσης των κλιματικών δεδομένων του παρελθόντος με τη μέγιστη ακρίβεια, και στη συνέχεια τη διεξαγωγή μελλοντικών προβλέψεων. Τοιουτοτρόπως, δημιουργείται ένας συνδετικός κρίκος μεταξύ των αιτιών και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

### 1.1.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Η κλιματική αλλαγή είναι λοιπόν ένα φαινόμενο αδιαμφισβήτητο και οι επιπτώσεις του εκτείνονται σε όλους του τομείς την ανθρώπινης ζωής. Αναλυτικότερα, επιστημονικά ακλόνητες είναι οι επιπτώσεις που παρατηρούνται στον τομέα της οικονομίας και του φυσικού περιβάλλοντος. Σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις είναι ήδη αντιληπτές στα οικοσυστήματα και τους ανθρώπινους πληθυσμούς, ενώ επιπρόσθετα αντιληπτό είναι και το γεγονός πως η κλιματική αλλαγή αποτελεί πλέον θανάσιμη απειλή για όλους τους τομείς της ανθρώπινης ζωής και των ζωντανών οργανισμών.

Για να γίνει ευρέως γνωστό το πεδίο των επιπτώσεων του φαινομένου αυτού παρακάτω παρατίθενται ορισμένες εκ των σοβαρών και ζημιογόνων συνεπειών της κλιματικής αλλαγής σε όλον τον κόσμο, όπως αυτές αναφέρονται στις εκθέσεις του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών.

Αρχικά λοιπόν, η οικονομία είναι ένας τομέας που πλήττεται σφοδρά από την κλιματική αλλαγή. Μερικά από τα φαινόμενα, που αναμένεται να λάβουν χώρα, είναι αναφορικά η καταστροφή περιουσιακών στοιχείων, οι βίαιοι εκτοπισμοί, οι εξαφανίσεις ειδών και άλλα παρεμφερή γεγονότα, που θα προκαλέσουν αρνητικό αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τους ερευνητές η ποσοτική εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής ανέρχεται στα 700.000.000.000 δολάρια ετησίως μέχρι το 2030.

Επιπλέον, σε ό,τι αφορά τις έμμεσα εμπλεκόμενες επιπτώσεις για το ανθρώπινο δυναμικό αναμένεται εξάπλωση του δάγκειου πυρετού και της ελονοσίας. Συνοπτικά, ο δάγκειος πυρετός είναι η ταχύτερη αναπτυσσόμενη νόσος στον κόσμο, καθώς σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας παρατηρείται 30πλάσια αύξηση στην συχνότητα εμφάνισης της νόσου κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Ενώ επιπροσθέτως, η ελονοσία στοίχισε 627.000 ζωές το 2012.

Επιπρόσθετα, εξαιρετικά ζημιογόνες αναμένεται να είναι οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στα πρόσφορα για καλλιέργειες εδάφη. Μια έκθεση από το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Τροφίμων (World Food Programme, 2006) αναφέρει ότι αναμένονται ακραία καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες, ξηρασίες, πυρκαγιές δασών, και τροπικούς κυκλώνες που θα βλάψουν τα καλλιεργήσιμα εδάφη, απειλώντας την ασφάλεια των τροφίμων για εκατομμύρια ανθρώπους. Οι κλιματικές επιπτώσεις στην απόδοση των καλλιεργειών θα αυξήσουν τον αριθμό των υποσιτισμένων παιδιών κατά περίπου 11.000.000 στην Ασία, 10.000.000 στην Αφρική και 1.400.000 στις ΗΠΑ και τη Λατινική Αμερική, ανέφερε η έκθεση. Αποτέλεσμα αυτού είναι η πρόβλεψη για αύξηση των υποσιτιζόμενων παιδιών στα 20.000.000 μέχρι το 2050.

Σε περαιτέρω ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον, προβλέπεται ραγδαία αύξηση των πυρκαγιών. Η αύξηση της συχνότητας των πυρκαγιών αναμένεται να επηρεάσει και το φαινόμενο της λειψυδρίας. Η λειψυδρία είναι ένα φαινόμενο που ανέκαθεν μάστιζε την ανθρωπότητα. Αναλυτικότερα, το

2013, περίπου, 1,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι υπέφεραν από λειψυδρία, ενώ , ένα επιπλέον 8% του παγκόσμιου πληθυσμού θα βιώσει λειψυδρία μέχρι το 2100.

Ενώ τέλος, το πλήγμα του φαινομένου αυτού θα αποτυπωθεί έντονα και στο ανάγλυφο του φυσικού περιβάλλοντος και της ιστορίας. Εκτενέστερα, αρχικώς, κάποια μικρά νησιωτικά έθνη θα εξαφανιστούν. «Έχει προταθεί ότι η ίδια η ύπαρξη ορισμένων κρατών απειλείται από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας που συνδέεται με την υπερθέρμανση του πλανήτη», εξηγεί η IPCC (IPCC, 2007). Τέλος, υπό απειλή βρίσκονται 136 από τα πιο ιστορικά μέρη του κόσμου. Αν η παγκόσμια θερμοκρασία αυξηθεί κατά ένα βαθμό Κελσίου, πάνω από 40 τοποθεσίες παγκόσμιας κληρονομιάς θα βυθιστούν μέσα στα επόμενα 2.000 χρόνια, ενώ αν η θερμοκρασία αυξηθεί 3 βαθμούς Κελσίου, ο αριθμός αυτός ανέρχεται σε 136 τοποθεσίες. Ιστορικές πόλεις όπως η Βενετία και η Κωνσταντινούπολη είναι από τις πρώτες που επηρεάζονται (WWF COP21, 2015).

## 1.2 Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Η Ελλάδα, ως γνωστόν, τοποθετείται γεωγραφικά στο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου και αποτελεί μία από τις μεσογειακές χώρες της Ευρώπης. Ως επακόλουθο αυτού, το κλίμα της χώρας χαρακτηρίζεται γενικά ως «μεσογειακού τύπου», δηλαδή από ήπιους και βροχερούς χειμώνες έως πολύ ζεστά και ξερά καλοκαίρια. Βέβαια, λόγω της τοπογραφικής πολυπλοκότητας της χώρας σε συνδυασμό με τα καιρικά συστήματα που επικρατούν, δημιουργούνται έντονες κλιματικές αντιθέσεις με αποτέλεσμα το κλίμα να μεταβάλλεται σε διάφορες περιοχές από μεσογειακό σε αλπικό.

Από την άλλη, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής που παρατηρείται παγκοσμίως, δεν θα μπορούσε να αφήσει ανέπαφη την περιοχή του ελλαδικού χώρου, με αποτέλεσμα να μεταβάλει τις συνήθειες κλιματικές συνθήκες της χώρας. Η επιστημονική κοινότητα συμφωνεί πως αν και η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι παγκόσμια, η κλιματική αλλαγή, ωστόσο, θα είναι ανομοιόμορφη στις κατά τόπους περιοχές του πλανήτη. Σε γενικές γραμμές, μελετητές κατέληξαν πως η περιοχή της Μεσογείου θα χαρακτηριστεί από αρκετά θερμότερο κλίμα με μεγάλης χρονικής διάρκειας κυμάτων καύσωνα και λιγότερες βροχοπτώσεις, όμως με εντονότερα επεισόδια βροχής

Πιο συγκεκριμένα, για την περιοχή της Αθήνας, που βρίσκεται στην Ανατολική Μεσόγειο και αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μεγάλου αστικού κέντρου, οι κλιματικές προβλέψεις είναι αρκετά δυσοίωνες. Σύμφωνα με την μελέτη «ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΛΟΓΙΚΕΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ» (Ιούνιος 2011), προέκυψε για την περιοχή της Αθήνας αύξηση της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας το καλοκαίρι κατά 2°C για την περίοδο 2021-2150 ενώ παρατηρήθηκε αύξηση 4°C για την περίοδο 2071-2100. Επιπλέον, για τις μελλοντικές δεκαετίες προβλέπεται μείωση των βροχοπτώσεων και συγχρόνως αύξηση των ακραίων εμφανίσεων βροχόπτωσης. Αυτή η παρατηρούμενη μείωση των βροχοπτώσεων θα έχει ως αποτέλεσμα η ποιότητα των υπόγειων υδάτων να επιβαρυνθεί, επιβαρύνοντας ακόμη περισσότερο τις κλιματικές μεταβολές που αναμένονται (Fischer, 2007).

Η άνωθεν αλλαγή του κλίματος θα επιφέρει αρκετές αλλαγές στην ζωή των κατοίκων της χώρας. Αναλυτικότερα, η παγκόσμια περιβαλλοντική οργάνωση W.W.F σε συνεργασία με το Εθνικό Αστεροσκοπείο δημοσιοποίησε το 2009 έκθεση «ΤΟ ΑΥΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ» για τις επιπτώσεις που θα αντιμετωπίσει η Ελλάδα λόγω της μεταβολής του κλίματός της (W.W.F HELLAS, 2009). Σύμφωνα με το πόρισμα αυτής της έκθεσης, η Ελλάδα προβλέπεται να πλήττεται από συχνότερα κύματα καύσωνα και περιόδους ξηρασίας και περισσότερες πυρκαγιές, αναμένεται να αντιμετωπίσει προβλήματα λειψυδρίας και ανεπάρκειας πόσιμου νερού και ζημιές στις γεωργικές δραστηριότητες. Επιπλέον, το πόρισμα θέτει και ως έμμεσο

ενδεχόμενο προβλήματα και στον τουρισμό, καθώς η νέα τάξη δεδομένων για το μεσογειακό κλίμα λειτουργεί ανασταλτικά για την επιλογή των χωρών αυτών ως καλοκαιρινός προσδιορισμός. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως μια σημαντική επίπτωση της αύξησης της θερμοκρασίας είναι η αύξηση ζήτησης του ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και η μείωση κατά τους χειμερινούς. Αυτό θα είναι αποτέλεσμα της μεγαλύτερης ανάγκης για ψύξη, μέσω κλιματιστικών μηχανημάτων, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και λιγότερη ενεργειακή ανάγκη για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες λόγω μεγαλύτερης ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα κλιματικά μοντέλα είναι τα εργαλεία που διαθέτει η επιστημονική κοινότητα και συμβάλλουν στην προσομοίωση της απόκρισης του παγκόσμιου κλιματικού συστήματος στους παράγοντες που το επηρεάζουν, όπως η αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αλλά και οι φυσικές πλανητικές μεταβολές στο κλίμα.

Η ανάπτυξη των μοντέλων αυτών ξεκίνησε την δεκαετία του '60, μετά την ανάπτυξη σχετικά ισχυρών σε επεξεργαστική ισχύ ηλεκτρονικών υπολογιστών. Όλα σχεδόν τα σημερινά μοντέλα προέρχονται από την πρωτοποριακή δουλειά των S. Manabe και R. Wetherald (Manabe & Wetherald, 1967). Αυτοί ήταν οι πρώτοι που διατύπωσαν μια θεωρία σχετικά με την παγκόσμια ενεργειακή ισορροπία μεταξύ του ποσοστού της θερμότητας που φτάνει στην Γη από τον Ήλιο, του ποσοστού που ακτινοβολείται από το έδαφος, του ποσοστού που παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα και εκείνου που τελικά διαφεύγει στο διάστημα. Στην κατάσταση ισορροπίας το ποσοστό που φτάνει από τον Ήλιο και εκείνο που ακτινοβολείται στο διάστημα από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι τα ίδια, οι ατμοσφαιρικές αναδράσεις όμως που λαμβάνουν χώρα, καθιστούν την επιφάνεια της Γης θερμότερη σε σχέση με το αν ο πλανήτης μας δεν είχε ατμόσφαιρα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως τα αποτελέσματα που αποδίδουν αυτά τα πρωταρχικά μοντέλα του 1960 δεν απέχουν πολύ από τις προβλέψεις των εκσυγχρονισμένων μοντέλων (Gribbin, 1992).

Η εξέλιξη και η ανάπτυξη των κλιματικών μοντέλων έγινε με ραγδαίους ρυθμούς, με αποτέλεσμα σήμερα να είναι δυνατή η ύπαρξη μοντέλων που ποικίλουν σημαντικά ως προς τα δεδομένα που προσφέρουν. Τα δεδομένα αυτά είναι άμεσα συνυφασμένα με τις δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρονικού υπολογιστή που, σε κάθε περίπτωση, χρησιμοποιείται για να γίνει η προσομοίωση και με τα κλιματικά χαρακτηριστικά που μελετώνται. Για να γίνει ιδιαίτερος αντιληπτή η ποικιλομορφία των κλιματικών μοντέλων γίνεται παρακάτω αναφορά στα χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών.

Πρωτίστως, το απλούστερο μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το «αδιάστατο μοντέλο». Η ονομασία του οφείλεται στο ότι η πραγματική θερμοκρασιακή κατανομή στην επιφάνεια της υφής αντικαθίσταται από ένα μοναδικό αριθμό, τη μέση τιμή της, δηλαδή μεταφορικά σαν η υφή να συρρικνωνόταν σε ένα μοναδικό αδιάστατο σημείο. Αυτού του είδους τα μοντέλα είναι απλά, αλλά εξαιρετικά χρήσιμα και χρησιμεύουν παραδείγματος χάρη για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας της γης ή για την ερμηνεία του φαινομένου πως η επιφάνεια της γης είναι θερμότερη από την επιφάνεια της σελήνης ή ακόμη και για το πως δρα το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Εν συνεχεία, υπάρχουν και χρησιμοποιούνται ευρέως τα τρισδιάστατα μοντέλα. Η διαφορά με τα μονοδιάστατα μοντέλα είναι πως πλέον δεν υφίσταται συρρίκνωση της

υψηλίου σε ένα μοναδικό σημείο, αλλά χρησιμοποιείται ένα σετ αριθμών που αντιστοιχούν στη θερμοκρασία δυο διαφορετικών σημείων. Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν όχι μόνο σε σημεία της επιφάνειας της γης διαφορετικού πλάτους και μήκους, αλλά και σε σημεία που ανέρχονται σε διάφορα ύψη την ατμόσφαιρα. Τα περιπλοκότερα από αυτά τα μοντέλα είναι γνωστά ως General Circulation Models (GCMs) ή Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας. Τα αριθμητικά αυτά μοντέλα, δηλαδή, αναπαριστούν φυσικές διεργασίες στην ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, την κρυόσφαιρα και την επιφάνεια της γης. Η σημασία τους είναι βαρυσήμαντη καθώς μόνο αυτά, ή ένας ενδεχόμενος συνδυασμός τους με ένθετα περιφερειακά μοντέλα, προσδίδουν τη δυνατότητα να παρέχονται γεωγραφικά συνεπείς εκτιμήσεις των παραμέτρων της κλιματικής αλλαγής, που είναι απαραίτητες για την ανάλυση των επιπτώσεων του φαινομένου.

Αναλυτικότερα, ο τρόπος λειτουργίας των GCMs μοντέλων είναι ευκολονόητος, ωστόσο απαιτεί την ύπαρξη πολύ ισχυρών ηλεκτρονικών υπολογιστών, συνήθως που συνοδεύονται με την ύπαρξη πολλών επεξεργαστών και δυνατοτήτων παράλληλου προγραμματισμού. Για την απόρροια των αποτελεσμάτων, που αντιστοιχούν στον υπολογισμό της μεταβολής της κατανομής της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της διεύθυνσης και της ταχύτητας του ανέμου, του θαλάσσιου πάγου, της εδαφικής υγρασίας και πολλών άλλων κλιματικών μεταβολών, απαιτείται μία ακολουθία αριθμών που αφορούν τη θερμοκρασία και άλλες φυσικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας εναρμονισμένες πάνω σε ένα τρισδιάστατο πλέγμα που καλύπτει όλη την υδρόγειο. Φυσικά όλη αυτή η διαδικασία και η επιτυχής εξαγωγή αποτελεσμάτων απαιτεί μεγάλη χρονική διάρκεια.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχουν και απλούστερα μοντέλα, που αποσκοπούν στην εκτίμηση της απόκρισης του κλίματος, και έχουν χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμιο και περιφερειακό επίπεδο, ωστόσο οι εκτιμήσεις τους εμπεριέχουν υψηλό βαθμό σφάλματος και δεν είναι τόσο ακριβείς. Για το λόγο αυτό τα GCMs μοντέλα χρησιμοποιούνται κατά κόρον.

Η ανάπτυξη των GCMs μοντέλων οδήγησε στη βελτίωση τους, καθώς πλέον παρέχεται η δυνατότητα να περιλαμβάνουν στους υπολογισμούς τους όχι μόνο την αλληλεπίδραση περισσοτέρων του ενός αερίων του θερμοκηπίου με το γήινο κλίμα, αλλά και τη συσχέτιση των κλιματικών αλλαγών, που συντελούνται από ένα από αυτά τα αέρια, με τη συγκέντρωση των υπολοίπων αερίων και κατ' επέκταση του γενικού κλίματος της γης (Φαινόμενο της Ανάδρασης). Υπάρχουν πολλές αναδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα και για να γίνει ιδιαίτερα κατανοητό το αντίκτυπο του φαινομένου αυτού παρακάτω αναλύονται μερικές εκ των σημαντικότερων αναδράσεων.

Αρχικά, το γνωστότερο εκ των φαινομένων αυτών είναι η θετική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας και των ατμοσφαιρικών υδρατμών (Gribbin, 1992). Αναλυτικότερα, η αύξηση της συγκέντρωσης των υδρατμών οφείλεται στην αύξηση στη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς η αύξηση του αερίου αυτού οδηγεί σε θέρμανση της κατώτερης τροπόσφαιρας και συνεπώς σε ενίσχυση της

εξάτμισης των υδρατμών από τις μεγάλες ωκεάνιες επιφάνειες. Τώρα, οι υδρατμοί αποτελούν το ισχυρότερο αέριο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα η υφιστάμενη αύξηση των υδρατμών να οδηγεί σε επιπλέον θέρμανση του πλανήτη πρωτίστως και περαιτέρω εξατμίσεις εν συνεχεία.

Ακολουθως, μία ακόμη σημαντική ανάδραση που μπορεί να συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς είναι η συμπεριφορά του θαλάσσιου πάγου. Δηλαδή, ο συγκεντρωμένος θαλάσσιος πάγος έχει την ιδιότητα να ανακλά τεράστιο μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Στον αντίποδα του φαινομένου αυτού βρίσκεται η ιδιότητα του θαλασσινού νερού να απορροφά περίπου το διπλάσιο εκ του ανακλώμενου ποσού ηλιακής ενέργειας. Μολονότι το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα σε περιορισμένης έκτασης γη, επιλεγμένα μοντέλα GCMs μπορούν να το συμπεριλάβουν στους υπολογισμούς τους.

Εν συνεχεία, παρατίθεται το στοιχείο της νεφοκάλυψης. Η νεφοκάλυψη είναι ένα πάρα πολύ σημαντικό φαινόμενο που συνυπολογίζεται από τα GCMs μοντέλα. Ο ρόλος των νεφών είναι εξαιρετικά σημαντικός καθώς επιδρούν με διπλό τρόπο, διότι όχι μόνο ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και έχουν την ικανότητα να παγιδεύουν την εισερχόμενη υπέρυθη ακτινοβολία, αυξάνοντας τοιουτοτρόπως την θερμοκρασία της τροπόσφαιρας. Παρά την ύψιστη σημασία του φαινομένου αυτού, η ανάπτυξη των μοντέλων ακόμη δεν κατάφερε να οδηγήσει σε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Όπως είναι λογικό, τα δεδομένα που εξέρχονται από τα κλιματικά μοντέλα βάσει των δεδομένων εισόδων που έχουν ήδη αναφερθεί πάντα πρέπει να ελέγχονται, ούτως ώστε να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και να μην είναι ουτοπικά. Έτσι λοιπόν, πάντα γίνεται μια αξιολόγηση του εκάστοτε μοντέλου πριν χρησιμοποιηθεί ως προς την ικανότητα του να προσομοιώνει το κλίμα του παρελθόντος και τους κύκλους των κλιματικών φαινομένων. Αναλυτικότερα, ο πρωταρχικός έλεγχος που λαμβάνει χώρα αφορά τη δυνατότητα αναπαραγωγής μοτίβων των πραγματικών φυσικών μεταβλητών, δηλαδή της θερμοκρασίας, του ανέμου και των βροχοπτώσεων. Ο δεύτερος έλεγχος στον οποίο υπόκεινται τα GCMs μοντέλα, αφορά την ικανότητα αναπαραγωγής παρελθοντικών κλιματικών μοντέλων. Αυτός ο έλεγχος είναι καθοριστικός, καθώς αποδίδει το βαθμό ως προς τον οποίο τα κλιματικά μοντέλα είναι κατάλληλα για την κατανόηση του γήινου κλίματος.

Με το πέρας λοιπόν του χρόνου, την ανάπτυξη των μοντέλων και τη διεξαγωγή ελέγχων, επιτεύχθηκε ένας σημαντικός βαθμός απόδοσης των GCMs μοντέλων, με αποτέλεσμα η χρησιμοποίησή τους στον υπολογισμό των θερμοκρασιακών μεταβολών και των μεταβολών στη βροχόπτωση, σε συνθήκες αυξημένων συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα να αποφέρει ρεαλιστικά αποτελέσματα. Άλλωστε με τη βοήθεια τέτοιων κλιματικών μοντέλων είχε, πολύ σωστά, διατυπωθεί η υπόθεση ότι ο κόσμος θα έπρεπε να έχει θερμανθεί κατά μέσο όρο  $1^{\circ}$  C τα τελευταία εκατό χρόνια, ως αποτέλεσμα της ανθρωπογενούς ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου, πράγμα το οποίο, κατά μεγάλη μερίδα ερευνητών συμπίπτει αρκετά με την πραγματικότητα (Gribbin, 1992), .



Συμπερασματικά, τα κλιματικά μοντέλα γενικής κυκλοφορίας είναι αξιόπιστα και οι προβλέψεις των προσομοιώσεών τους ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η δυνατότητα χρήσης του για την αναπαράσταση των σημερινών εποχιακών διακυμάνσεων, των κλιματικών αλλαγών της τελευταίας χιλιετίας και των χαρακτηριστικών των κλιματικών αλλαγών του μακρινού παρελθόντος.

## **2.1 ΤΥΠΟΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**

Όπως προηγουμένως έχει αναφερθεί, υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τύποι κλιματικών μοντέλων. Αναλυτικότερα, ξανά επισημαίνεται πως έχουν αναπτυχθεί τόσο απλά όσο και σύνθετα κλιματικά μοντέλα. Τα απλά κλιματικά μοντέλα προσομοιώνουν ορισμένες μόνο διαδικασίες του κλιματικού συστήματος, ενώ τα σύνθετα έχουν τη δυνατότητα να συμπεριλάβουν περισσότερες διαδικασίες. Τέλος, είναι δυνατή η ανάπτυξη περιοχικών κλιματικών μοντέλων, υψηλής ανάλυσης, με στόχο την καλύτερη προσομοίωση των παραμέτρων μικρότερου εύρους κλίμακας.

Τα σύνθετα μοντέλα είναι αυτά που κατά κόρον χρησιμοποιούνται, ωσαύτως γίνεται παρακάτω μια συνοπτική παρουσίασή τους:

### **2.1.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (AGCMs)**

Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει τα τρισδιάστατα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση της ατμόσφαιρας. Τα AGCMs μοντέλα χρησιμοποιούν ως δεδομένα εισόδου τις διεργασίες που συντελούνται στην επιφάνεια του εδάφους και τη θερμοκρασία της επιφάνειας των ωκεανών. Αυτό όμως συνεπάγεται και την ανικανότητα των ατμοσφαιρικών μοντέλων να χρησιμοποιηθούν ως αυτοτελή για την εκτίμηση του κλίματος, καθώς είναι αδύνατη η προσομοίωση των αλλαγών των συνθηκών στους ωκεανούς. Ωστόσο, είναι πολύ χρήσιμα για την μελέτη των ατμοσφαιρικών διαδικασιών.

### **2.1.2 ΩΚΕΑΝΙΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (OGCMs)**

Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει τα τρισδιάστατα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση των ωκεανών. Τα OGCMs μοντέλα μολονότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτοτελή για την μελέτη των ωκεανών, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνα τους για την αποτύπωση των μελλοντικών προβλέψεων του κλίματος.

### **2.1.3 ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ – ΩΚΕΑΝΙΑ ΓΕΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (AOGCMs)**

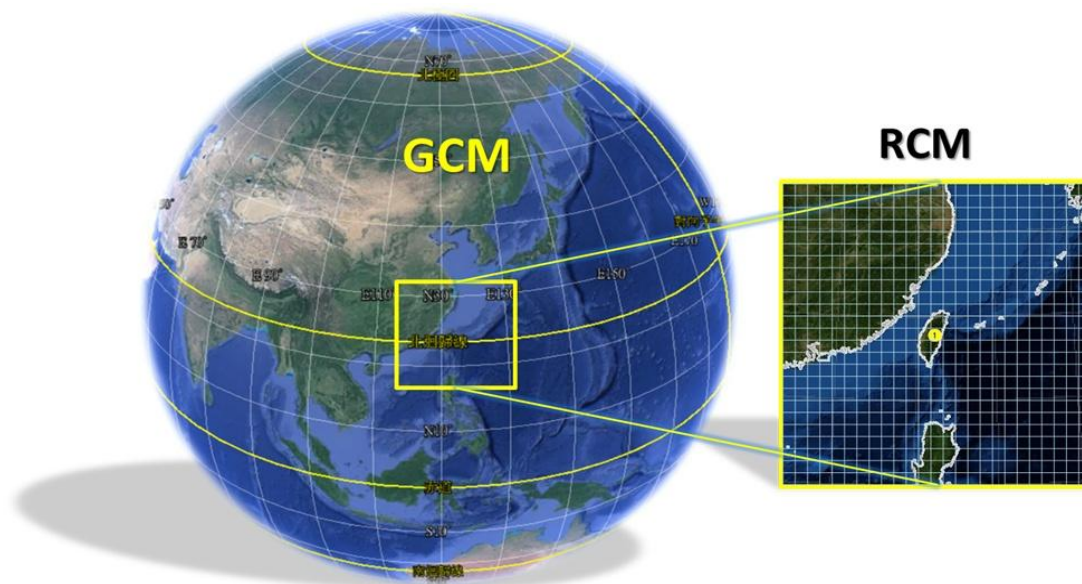
Η συγκεκριμένη κατηγορία μοντέλων αναπτύχθηκε λόγω της αδυναμίας των προηγούμενων μοντέλων να προσομοιώσουν τη γενική συμπεριφορά του κλίματος σε μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αναλυτικότερα, τα συζευγμένα μοντέλα περιλαμβάνουν ένα ατμοσφαιρικό κι ένα ωκεάνιο μοντέλο και χρησιμοποιούνται κατά κόρον για την εκτίμηση και τον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής του μελλοντικού κλίματος.

## 2.2 ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ (RCMs)

Τα περιοχικά κλιματικά μοντέλα είναι μία κατηγορία κλιματικών μοντέλων, που αναπτύχθηκε λόγω της αδυναμίας των γενικής κυκλοφορίας μοντέλων να αποτυπώσουν ακριβέστερες προβλέψεις σε μικρής κλίμακας περιοχής.

Στις προηγούμενες ενότητες, έχει αναφερθεί πολλάκις η απαρχή, η εξέλιξη και η υψίστη σημασία των παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων. Αυτό που δεν έχει αναφερθεί είναι ότι αυτά τα μοντέλα διεξάγουν προσομοιώσεις της κυκλοφορίας μεγάλης κλίμακας (large scale circulation), δεδομένο που αριθμητικά αντιστοιχεί σε κλίμακα των 100 έως 200 χιλιομέτρων. Όπως είναι φυσικό, η χρησιμοποίηση μιας τόσο μεγάλης κλίμακας έχει ως επακόλουθο την αδυναμία ένταξης του γεωγραφικού ανάγλυφου στις προσομοιώσεις, γεγονός που κατ' επέκταση οδηγεί και στην αδυναμία αποτύπωσης των κλιματικών φαινομένων σε περιοχική κλίμακα, μικρού εύρους. Παρ' αυτά, τα GCMs μοντέλα είναι απαραίτητα για την ορθή λειτουργία των RCMs μοντέλων, καθώς τα δεδομένα που απορρέουν από τα παγκόσμια μοντέλα, αποτελούν την αφετηρία των υπολογισμών των περιοχικών μοντέλων.

Τώρα, τα RCMs μοντέλα, χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τα αποτελέσματα των παγκόσμιων μοντέλων, προβαίνουν στην εκτέλεση προσομοιώσεων και την διεξαγωγή αποτελεσμάτων για την κλιματική αλλαγή σε τοπικό επίπεδο. Αυτό που ουσιαστικά συμβαίνει είναι ένας υποβιβασμός κλίμακας (downscaling methods), δηλαδή μια μετάβαση από τη παγκόσμια κλίμακα των GCMs σε μια μικρότερη, τοπική κλίμακα των RCMs (ΣΧΗΜΑ 1).



ΣΧΗΜΑ 1: ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ

Για την υλοποίηση του υποβιβασμού κλίμακας αναπτύχθηκαν διάφοροι μέθοδοι, οι οποίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: - οι εμπειρικές ή στατιστικές (statistical downscaling)

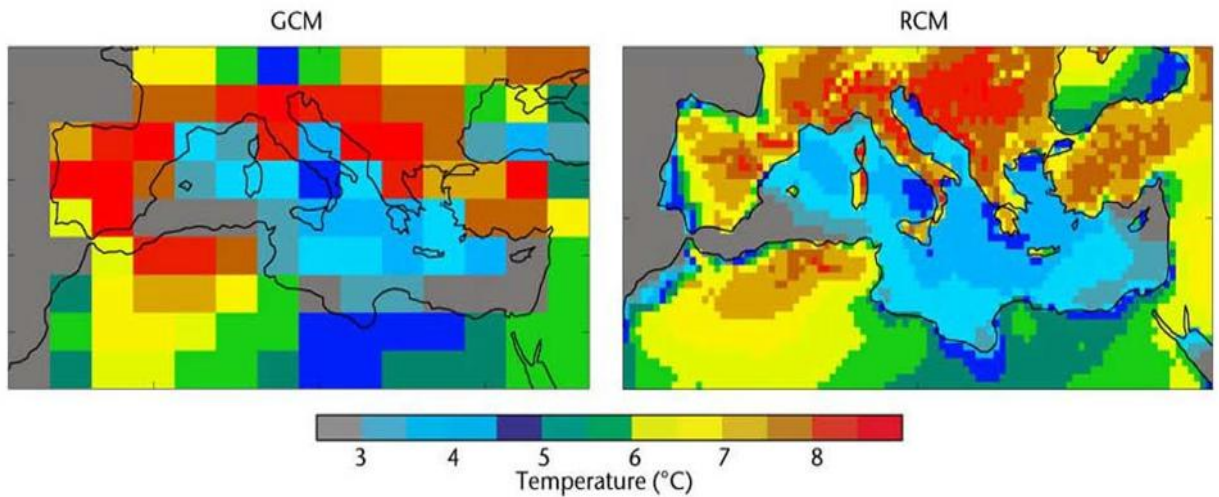
οι δυναμικές  
(dynamical downscaling)

Ο στατιστικός υποβιβασμός κλίμακας, όπως προϋποθέτει και το όνομά του, χρησιμοποιεί στατιστικές μεθόδους στις υπό μελέτη μεταβλητές. Οι διάφορες ατμοσφαιρικές μεταβλητές μεγάλης κλίμακας (predictors) συσχετίζονται με τις μεταβλητές, που αναφέρονται σε χωρικά μικρότερη κλίμακα (predictands) και στη συνέχεια εφαρμόζονται στα δεδομένα των μοντέλων παγκόσμιας κλίμακας (IPCC, 2013).

Ο δυναμικός υποβιβασμός κλίμακας βασίζεται στη χρήση ενός περιοχικού κλιματικού μοντέλου (Regional Climate Model-RCMs), σύμφωνα με το οποίο εισάγεται η περιοχική πληροφορία για να μπορεί να γίνει καλύτερη αναπαράσταση των τοπικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Πρόκειται για μοντέλα περιορισμένου πεδίου και υψηλής ανάλυσης, τα οποία οδηγούμενα με πλευρικές συνθήκες από τα παγκόσμια μοντέλα, παρέχουν πληροφορίες για πολύ μικρότερες χωρικές κλίμακες.

Συνεπώς, για την επίτευξη της ορθής λειτουργίας των περιοχικών μοντέλων είναι απαραίτητος ο ορισμός αρχικών (initial conditions) και πλευρικών (boundary conditions) οριακών συνθηκών. Οι πλευρικές οριακές συνθήκες λαμβάνονται είτε από τις προσομοιώσεις των μοντέλων παγκόσμιας κλίμακας, είτε από δεδομένα πλήρους επεξεργασίας (reanalysis data). Τοιουτοτρόπως, πραγματοποιείται η υποκλιμάκωση των δεδομένων από τα αποτελέσματα, που απορρέουν από τα μοντέλα παγκόσμιας κλίμακας και επιτυγχάνεται καλύτερη αναπαράσταση της τοπογραφίας και προσομοιώνονται διεργασίες μικρότερες κλίμακας, λόγω της υψηλότερης ανάλυσης και της αδυναμίας να προσομοιωθούν από τα μοντέλα παγκόσμιας κυκλοφορίας.

Για να γίνουν τα άνωθεν στοιχεία πιο κατανοητά, παρακάτω παρατίθεται μια εικόνα στην οποία αποτυπώνονται οι προβλεπόμενες αλλαγές της θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους για την περίοδο του καλοκαιριού μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα (ΣΧΗΜΑ 2), όπως αυτές προκύπτουν από ένα παγκόσμιο και από ένα περιοχικό μοντέλο. Τα αποτελέσματα που φαίνονται και στις δυο περιπτώσεις είναι αξιόπιστα, με τη διαφορά ότι στη δεύτερη περίπτωση, του περιοχικού μοντέλου, παρέχεται πιο λεπτομερή ανάλυση, πράγμα αναγκαίο για την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.



ΣΧΗΜΑ 2: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΛΑΦΟΥΣ ΜΕΣΩ ΕΝΟΣ GCM ΚΙ ΕΝΟΣ RCM ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί πως το γεγονός ότι τα περιοχικά μοντέλα λαμβάνουν τις αρχικές και τις πλευρικές οριακές συνθήκες από τα μοντέλα παγκόσμιας κλίμακας αποτελεί το βασικό τους μειονέκτημα. Αυτό δικαιολογείται καθώς αν τα παγκόσμια μοντέλα παρουσιάζουν αβεβαιότητες και σφάλματα, τότε αυτά θα μεταφερθούν και στις προσομοιώσεις των περιοχικών κλιματικών μοντέλων.

Επιπρόσθετα, ένα ακόμη μειονέκτημα των περιοχικών μοντέλων είναι η εκτέλεση απαιτητικών προσομοιώσεων, που όμως καταλαμβάνουν αρκετούς υπολογιστικούς πόρους, ιδίως αν η επιλεχθείσα χρονική διάρκεια της προσομοίωσης είναι μεγάλη και η χωρική ανάλυση υψηλή.

## 2.3 ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΙΟΜΠΩΝ RCP

Για αν είναι εφικτή η ομαλή και ορθή προσομοίωση μέσω ενός μοντέλου παγκόσμιας κλίμακας, είναι απαραίτητα ως δεδομένα εισόδου η θερμοκρασία της επιφάνειας των ωκεανών, πληροφορίες που σχετίζονται με τις βασικές διεργασίες της επιφάνειας του εδάφους και τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Αυτά τα απαραίτητα στοιχεία για τα υδάτινα δεδομένα απορρέουν από GCMs models, ενώ τα στοιχεία για τις αέριες μάζες από διάφορα σενάρια προσομοίωσης που έχουν δημιουργηθεί και ονομάζονται RCP (Representative Concentration Pathways).

Τα σενάρια RCP είναι τέσσερα σε πλήθος, και ουσιαστικά καθένα απ' αυτά περιγράφει μία πιθανή μελλοντική κλιματολογική κατάσταση, ανάλογα με τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου, που αναμένεται να εκπέμπονται τα επόμενα χρόνια. Αναλυτικότερα, τα σενάρια είναι το: - RCP 2.6

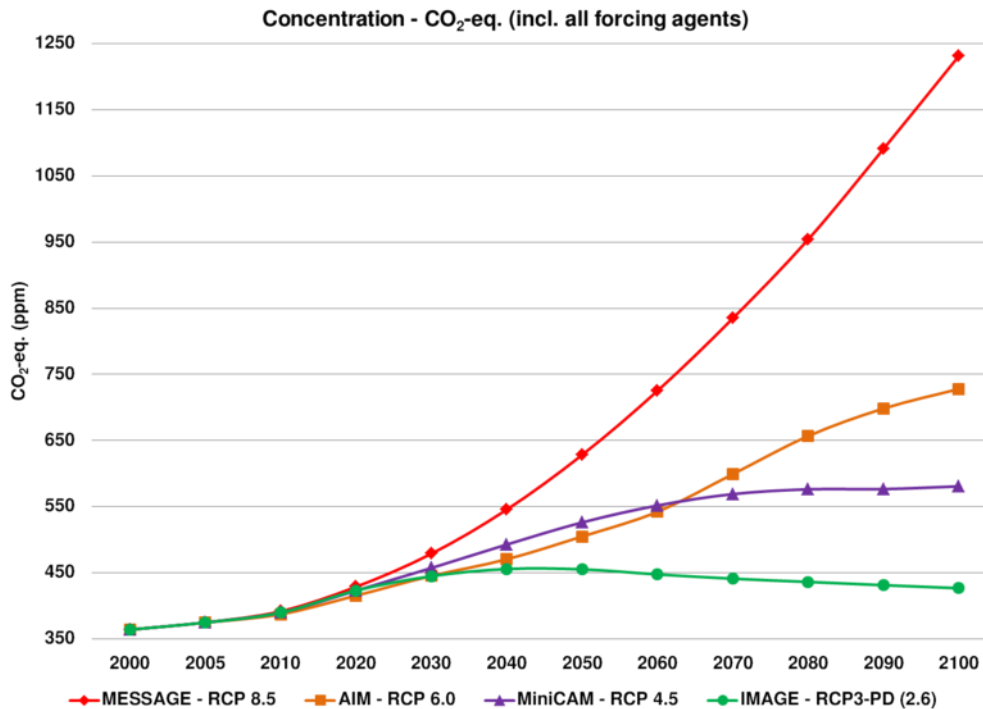
- RCP 4.5

- RCP 6.0

- RCP 8.5

Τα ονόματα των σεναρίων οφείλονται στη μεταβολή του ενεργειακού εξαναγκασμού το έτος 2100, αναφορικά με την προ-βιομηχανική περίοδο, μεταβολή που ανέρχεται σε 2.6, 4.5, 6.0 και 8.5 W/m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

Αναλυτικότερα, χρησιμοποιώντας το σενάριο RCP2.6 προβλέπεται ότι θα παρουσιαστεί αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου κατά τη δεκαετία 2010-2020, ενώ με το σενάριο RCP4.5 θεωρείται πως η αύξηση θα εμφανιστεί το 2040. Από την άλλη, χρησιμοποιώντας το σενάριο RCP6.0 γίνεται πρόβλεψη πως η αύξηση των αερίων θα προκύψει το 2060, ενώ τέλος το RCP8,5 σενάριο θεωρεί πως η αύξηση αυτή θα λάβει χώρα καθ' όλη τη διάρκεια του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Παρακάτω, παρατίθεται συγκεντρωτικό διάγραμμα των τεσσάρων σεναρίων, ως προς τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα:



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ RCP ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΟΥ CO<sub>2</sub>(ppm)

Για τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης διατριβής, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί το RCP 8.5.

Το RCP 8.5 είναι ένα ακραίο σενάριο, που παρέχει μια πολύτιμη προειδοποίηση κατά του εφησυχασμού της περιβαλλοντικής συνείδησης και πρόβλεψη για ακραία αποτελέσματα στα κλιματικά δεδομένα. Το συγκεκριμένο σενάριο:

- Προϋποθέτει την αύξηση του πληθυσμού μέχρι το 2100
- Υποθέτει ότι η μακροίωνα εξέλιξη της τεχνολογίας θα επιβραδυνθεί
- Περιγράφει ένα δυσοίωνα μέλλον για τον κόσμο, στον οποίο η χρήση άνθρακα αυξάνεται, ώστε να γίνει η κύρια πηγή ενέργειας για τον κόσμο.
  - Δεν αναλαμβάνει καμία προσπάθεια ένταξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τις νέες τεχνολογίες (π.χ. ηλιακή, αιολική, σχάση, σύντηξη) ή κανονισμούς για τη μείωση όχι μόνο της κλιματικής αλλαγής, αλλά και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των τοξικών αποβλήτων
  - Υποθέτει μια επιβράδυνση της τεχνολογικής καινοτομίας στη χρήση της ενέργειας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **NASSA GISS GCM ModelE και WRF**

Εφόσον, λοιπόν, έγινε εκτενής αναφορά στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και βασικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της απόκρισης του κλίματος στις ενδεχόμενες μεταβολές, στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται εκτενέστατα το μοντέλο γενικής κυκλοφορίας NASSA GISS GCM ModelE και το μετεωρολογικό μοντέλο μέσης κλίμακας WRF, βάσει των οποίων επιτεύχθηκαν οι προσομοιώσεις στην παρούσα διπλωματική εργασία.

### **3.1 NASSA GISS GCM ModelE - ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**

#### **3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έχει διατυπωθεί ο ορισμός, η εξέλιξη και η χρησιμότητα των μοντέλων γενικής κυκλοφορίας. Υπενθυμίζεται, πως πρόκειται για μαθηματικά μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούν μαθηματικές εξισώσεις ως βάση για τα προγράμματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών, που στοχεύουν στην προσομοίωση του γήινου κλίματος. Η ύπαρξή τους είναι ζωτικής σημασίας για την επιστημονική κοινότητα, καθώς αποτελούν τα εργαλεία για την κατανόηση των κλιματικών επιδράσεων.

Η συνεχής εξέλιξη των μοντέλων οδήγησε και στη δημιουργία του Goddard Institute for Space Studies (GISS) ModelE (Schmidt et al.,2006, Hansel et al.,2000, Hansen et al 1983) μοντέλου. Πρόκειται για ένα σύγχρονο, συζευγμένο μοντέλο παγκόσμιας κλίμακας, το οποίο έχει προοπτικές περαιτέρω εξέλιξης. Χρονολογικά, η απαρχή του τοποθετείται στα τέλη της δεκαετίας του '70 κι έκτοτε χρησιμοποιείται από τους επιστήμονες. Μάλιστα, σήμερα έφτασε σε σημείο να αποτελεί ένα από τα πέντε κύρια που η IPCC χρησιμοποιεί για την αποτύπωση των μεταβολών του κλίματος.

Σε επιπλέον ανάλυση, το μοντέλο αυτό, όπως πλήθος άλλων κλιματικών μοντέλων, παρέχει τη δυνατότητα προσομοίωσης πολλών διαφορετικών πιθανών διαμορφώσεων του Συστήματος της Γης (Earth System Model). Οι προσομοιώσεις που διεξάγονται από το συγκεκριμένο μοντέλο, ακολουθούν ένα σύστημα διαφορικών εξισώσεων με βάση τους βασικούς νόμους της φυσικής, της χημείας και της μηχανικής των ρευστών, συμπεριλαμβανομένων ως εκ τούτου την χημεία της ατμόσφαιρας, τα πρότυπα της ατμόσφαιρας, του ωκεανού και της θάλασσας, του πάγου και τέλους, των συνιστωσών του εδάφους και της επιφάνειας της γης.



### 3.1.2 ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Η φιλοσοφία του μοντέλου GISS οδεύει στη συνεχή βελτίωση της φυσικής του κάθε μοντελοποιημένου στοιχείου και κατ' επέκταση στη δυνατότητα παροχής της μέγιστης δυνατής ευελιξίας στο μοντέλο διαμόρφωσης. Η επίτευξη αυτού του σκοπού έχει συμβάλλει στην ενσωμάτωση πολλών καινοτομιών στη μέθοδο παραμετροποιήσεων, γεγονός που καθιστά το μοντέλο GISS μοναδικό. Ωστόσο όμως, οφείλεται να τονιστεί πως προϋπόθεση της ορθής λειτουργίας του μοντέλου είναι ο καθορισμός κάποιων συμβιβασμών, όπως λόγω χάρη η οριζόντια ανάλυση. Επιπρόσθετα, έχει σκοπίμως επιλεγθεί η λειτουργία του μοντέλου να μην ορίζεται σε υψηλότερη ανάλυση, δεδομένου ότι εγκυμονεί ο κίνδυνος περιορισμού του μεγέθους και της μεταβλητότητας των πειραμάτων. Ωσαύτως, έχει διατηρηθεί μια ποικιλία αναλύσεων, που αποτελούν εφιαλτήριο για τυχόν επιστημονικές ανάγκες.

Πρωτίστως, όσον αφορά τη διακριτική ικανότητα του μοντέλου GISS ModelE επισημαίνεται πως έχουν καθοριστεί διάφοροι τύποι χωρικών αναλύσεων, οι οποίοι καθορίζονται από το σκοπό που έχει να επιτελέσει η προσομοίωση. Ειδικότερα, η επιστημονική κοινότητα έχει αναπτύξει τρεις διαφορετικές οριζόντιες χωρικές αναλύσεις και δυο κατακόρυφες χωρικές αναλύσεις. Ξεκινώντας από τις οριζόντιες αναλύσεις, αυτές βάσει του έργου που επιτελούν, διακρίνονται ως εξής:

- $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  , ανάλυση που χρησιμοποιείται στις κλιματικές προσομοιώσεις
- $4^{\circ} \times 5^{\circ}$  , ανάλυση που αναφέρεται σε ιστορικούς λόγους
- $8^{\circ} \times 10^{\circ}$  , ανάλυση που εξυπηρετεί εκπαιδευτικούς σκοπούς

(Επισημαίνεται πως η παραπάνω αριθμοί αντιστοιχούν σε Γεωγραφικό Πλάτος x Γεωγραφικό Μήκος)

Ενώ οι κατακόρυφες αναλύσεις είναι απλοποιημένες και συνοψίζονται ως εξής:

- 20 επίπεδα ξεκινώντας από την επιφάνεια του εδάφους, εκτεινόμενη ως τα 0.002 hPa.
- 40 επίπεδα ξεκινώντας από την επιφάνεια του εδάφους, εκτεινόμενη ως τα 0.002 hPa.

Η διεξαγωγή ποικίλων προσομοιώσεων κατέδειξε το γεγονός πως η ανάλυση είναι παράγοντας υψίστης σημασίας στην απόρροια ορθών αποτελεσμάτων. Μάλιστα, η επίδραση της διακριτικής ικανότητας είναι διαφορετική σε κάθε προσομοίωση που εκτελείται, καθώς ορισμένες πτυχές της προσομοίωσης μπορεί να βελτιωθούν με την αύξηση της ανάλυσης του μοντέλου, αλλά και πολλές βελτιώσεις μπορεί να επέλθουν μέσω βελτιώσεων σε μία η περισσότερες παραμετροποιήσεις.

Αμφίδρομα, ωστόσο, φαίνεται να λειτουργούν ορισμένα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, τα οποία δε δύναται να αποτυπωθούν ορθότερα. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως η διακριτική ικανότητα του μοντέλου αφήνει ανεπηρέαστα κάποια χαρακτηριστικά, όπως τη στρατοσφαιρική εξάμηνη ταλάντωση, τη πίεση της στάθμης της θάλασσας ή τη διζωνικότητα του πεδίου ροής. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά δεν

μεταβάλλονται με την αύξηση της διακριτικής ικανότητας του μοντέλου, αλλά μόνο με το συνδυασμό αυτής με τη βελτίωση των σχετιζόμενων παραμετροποιήσεων.

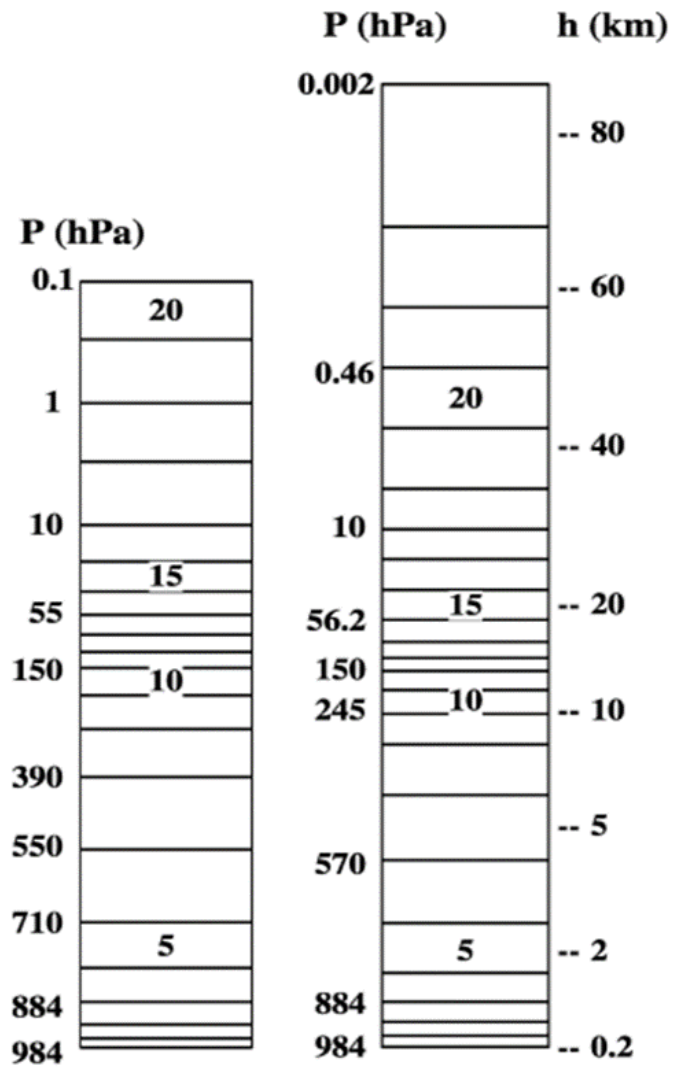
Κλείνοντας, ζητούμενο της φιλοσοφίας του μοντέλου GISS είναι η συνεχής εξέλιξη του και η τελειοποίηση του. Αυτός είναι ένας στόχος έμμεσα εξαρτημένος από τη συνεχή εξέλιξη των τεχνολογικών μέσων. Όσο η επεξεργαστική ικανότητα των υπολογιστών βελτιώνεται, τόσο θα διευρύνεται το πλήθος των παραμετροποιήσεων που δύναται να εισαχθούν στους υπολογισμούς. Οι παραμετροποιήσεις αυτές αναμένεται να στηρίζονται αποκλειστικά σε επιστημονικές αρχές, όπως τις βασικές αρχές της φυσικής, χημείας και της βιολογίας, και να εγκαταλειφθεί πλήρως ο εμπειρικός παράγοντας. Επιπλέον, η εξέλιξη του μοντέλου προσδοκάται να επιτευχθεί μέσω της διεξαγωγής περισσότερων προσομοιώσεων, και τέλος μέσω αύξησης της διακριτικής του ικανότητας, τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση.

### **3.1.3 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

Αναφορικά με τη διαμόρφωση και τον τρόπο εκτέλεσης των διεργασιών επισημαίνεται πως το μοντέλο χρησιμοποιεί καρτεσιανές συντεταγμένες. Ειδικότερα, τα σημεία της ταχύτητας στην ατμόσφαιρα αποτυπώνονται σε πλέγμα Arakawa , ενώ η κατακόρυφη διακριτοποίηση ακολουθεί σίγμα συντεταγμένες έως 150hPa, με στρώμα σταθερής πίεσης από πάνω. Η βασική έκδοση έχει 40 επίπεδα στο κατακόρυφο, με ανώτατο όριο τα 0.1hPa.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά τη χρονική διάρκεια της εκτέλεσης των διεργασιών του μοντέλου, αναφέρεται πως για όλους τους υπολογισμούς για τη φυσική της ατμόσφαιρας το μοντέλο χρησιμοποιεί βήμα 30 λεπτών, ενώ για τους υπολογισμούς που αφορούν τη δυναμική της ατμόσφαιρας το μοντέλο χρησιμοποιεί βήμα 225 δευτερολέπτων. Τέλος, για το χρονικό βήμα, που υπεισέρχεται στον υπολογισμό του κωδικού ακτινοβολίας, αυτό ανέρχεται στις 2.5 ώρες, δηλαδή σε κάθε πέντε χρονικά βήματα φυσικής, ενώ η ζενίθ γωνία ενημερώνεται σε κάθε χρονικό βήμα.

Ακολουθεί παραστατικά η κατακόρυφη διαμόρφωση της βασικής έκδοσης του μοντέλου, δηλαδή των σαράντα επιπέδων.



ΣΧΗΜΑ 3: ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

### 3.1.4 ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Για την επιτυχή διεξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων, όπως τα περισσότερα κλιματικά μοντέλα, έτσι και το μοντέλο GISS χρησιμοποιεί ορισμένες βασικές παραδοχές, η σημασία των οποίων είναι μικρή, το αντίκτυπο όμως στην απόρροια αποτελεσμάτων είναι μεγάλο.

Οι εν λόγω παραδοχές αφορούν κυρίως την ύπαρξη και την κατάσταση των υδρατμών και συνοψίζονται ως εξής:

- Οι υδρατμοί δεν προστίθενται στην ατμοσφαιρική μάζα
- Η λανθάνουσα θερμότητα των ατμοσφαιρικών υδρατμών είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας
- Η δυναμική ενέργεια των υδρατμών θεωρείται αμελητέα
- Τα συμπυκνώματα δεν μεταφέρονται
- Η υγρασία δεν επιδρά στον υπολογισμό της βαθμίδας πίεσεως.

Όπως, σε προηγούμενη παράγραφο, αναφέρθηκε στόχος της εξέλιξης του μοντέλου είναι η μείωση των αυθαίρετων αυτών παραδοχών, και μακροπρόθεσμα η εξάλειψη τους. Από την άλλη, οι μεταβλητές που δε δύναται να παραγκωνιστούν, καθώς αποτελούν τις κύριες προγνωστικές μεταβλητές είναι:

- Η δυνητική θερμοκρασία
- Ο λόγος ανάμιξης των υδρατμών
- Οι οριζόντιες συνιστώσες της ταχύτητας

Ενώ τέλος, για υπολογισμούς που αφορούν την πυκνότητα της ατμόσφαιρας ή ακόμη και την άνωση, χρησιμοποιείται μια ακόμη μεταβλητή, αυτή της εικονικής θερμοκρασίας.

Παράλληλα, το μοντέλο υπακούει στους νόμους της θερμοδυναμικής, βάσει των οποίων η μάζα της υγρασίας και των ιχνοστοιχείων διατηρείται, όπως και η δυνητική ενθαλπία για όλες τις διεργασίες. Επιπλέον, ισχύει και το ισοζύγιο ενέργειας βάσει του οποίου όλη η κινητική ενέργεια που παρέχει το σύστημα μέσω διαφόρων διεργασιών ανάμιξης μετατρέπεται σε θερμότητα σε τοπικό επίπεδο. Επίσης ενώ, η καθαρή ροή θερμότητας στην επιφάνεια του πλανήτη ισούται με την καθαρή ακτινοβολία στην κορυφή την ατμόσφαιρας.

Εν κατακλείδι, όσον αφορά τη συμπεριφορά του μοντέλου βάσει της σύνθεσης της ατμόσφαιρας, υπογραμμίζεται πως το μοντέλο διαθέτει πέντε διαφορετικές διαμορφώσεις, οι οποίες ποικίλουν περιλαμβάνοντας από τη λεπτομερή ατμοσφαιρική χημεία και προσομοίωση των αεροζόλ, έως τις ατμοσφαιρικές αντιδράσεις βασικών χημικών ειδών και τη διατήρηση των καλά αναμεμιγμένων ιχνοστοιχείων και των άλλων συστατικών του ατμοσφαιρικού αέρα σταθερά στα επίπεδα του 1979 (όπως το τροποσφαιρικό και το στρατοσφαιρικό όζον, τα ηφαιστειακά αερολύματα της στρατόσφαιρας και τα τροποσφαιρικά αερολύματα).

### 3.2 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΣΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ WRF

Το Μετεωρολογικό Μοντέλο Μέσης Κλίμακας WRF ( Weather Research and Forecasting) είναι ένα περιοχικό και μη υδροστατικό μοντέλο, το οποίο ωστόσο έχει τη δυνατότητα λειτουργίας ως υδροστατικό. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι μοντέλο επόμενης γενιάς, ειδικά σχεδιασμένα για την περάτωση αριθμητικής πρόγνωσης του καιρού για τις ανάγκες τόσο της ατμοσφαιρική έρευνας, όσο και για τις επιχειρησιακές προβλέψεις.

Η υπολογιστική ικανότητα του WRF μοντέλου διακρίνεται από την ύπαρξη δύο πυρήνων. Ενός συστήματος αφομοίωσης δεδομένων και ενός αρχιτεκτονικού λογισμικού, γεγονός που διευκολύνει την πραγματοποίηση παράλληλων υπολογισμών και την επεκτασιμότητα του συστήματος. Επιπρόσθετα, το μοντέλο υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα μετεωρολογικών εφαρμογών, που υπάγονται σε κλίμακες από δεκάδες μέτρα έως χιλιάδες χιλιόμετρα.

Εκτενέστερα, το μοντέλο WRF είναι ένα υποστηριζόμενο «κοινοτικό μοντέλο». Αυτό σημαίνει πως είναι ένα λογισμικό ελεύθερο και διαμοιραζόμενο, αλλά με κατανομημένη ανάπτυξη και κεντρική υποστήριξη. Κάθε χρόνο, στο Εθνικό Κέντρο Ατμοσφαιρικών Ερευνών διοργανώνονται σεμινάρια και εργαστήρια για το πλήθος των εγγεγραμμένων χρηστών.

Χρονολογικά, η πρώτη προσπάθεια για τη δημιουργία και την ανάπτυξη του WRF μοντέλου έγινε στα τέλη της δεκαετίας του '90 και ήταν αποτέλεσμα της καρποφόρας συνεργασίας πολλών ερευνητικών οργανισμών:

1. Εθνικό Κέντρο Ατμοσφαιρικών ερευνών NCAR( National Center for Atmospheric Research)
2. Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας
3. Εθνικά Κέντρα Περιβαλλοντικής Πρόβλεψης (NCEP)
4. Εργαστήριο Πρόβλεψης Συστημάτων FSL (Forecast Systems Laboratory)
5. Οργανισμός Καιρού της Πολεμικής Αεροπορίας AFWA (Air Force Weather Agency)
6. Ερευνητικό Εργαστήριο Ναυτικού
7. Πανεπιστήμιο της Οκλαχόμα
8. Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας FAA (Federal Aviation Administration)

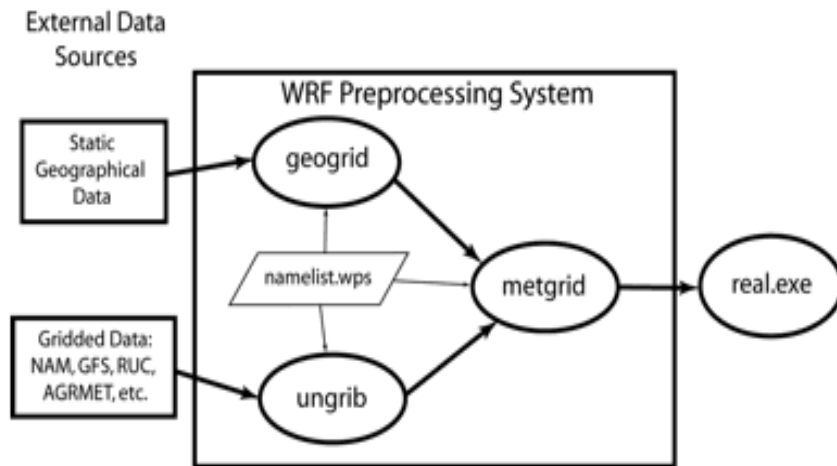
Από τότε ως τώρα, το WRF έχει αναπτυχθεί ραγδαία, με αποτέλεσμα να καθιστά δυνατή την πραγματοποίηση ατμοσφαιρικών προσομοιώσεων που βασίζονται είτε σε πραγματικά δεδομένα (παρατηρήσεις, αναλύσεις κλπ.), είτε σε εξιδανικευμένες συνθήκες. Επιπλέον, το μοντέλο διαθέτει μια ευέλικτη και υπολογιστικά αποδοτική πλατφόρμα, καθιστώντας το έτσι ευκολόχρηστο. Έτσι, η σημασία του μοντέλου είναι βαρυσήμαντη, καθώς χρησιμοποιείται ευρέως από την NCEP, την AFWA και άλλα κέντρα, όπως και από χιλιάδες χρήστες σε όλον τον κόσμο. Συγκεκριμένα, οι εγγεγραμμένοι χρήστες του μοντέλου είναι 30000, σε πάνω από 150 χώρες παγκοσμίως.

Λειτουργικά, το μοντέλο διαθέτει δύο δυναμικούς πυρήνες:

- Τον Advanced Research WRF ( ARW)
- Τον Nonhydrostatic Mesoscale Model (NMM)

Αναφορικά με αυτούς τους δύο δυναμικούς πυρήνες, αυτοί πραγματεύονται κυρίως την οριζόντια μεταφορά, τη βαρο-βαθμίδα, τη δύναμη Coriolis, την άνοση, τη διάχυση και τα βήματα ολοκλήρωσης των εξισώσεων. Επιπλέον, και οι δύο πυρήνες είναι τύπου Eulerian, με κατακόρυφες συντεταγμένες, οι οποίες ακολουθούν την ορογραφία. Ωστόσο, η ανάπτυξη των πυρήνων διεξάγεται από διαφορετικά κέντρα, καθώς η ανάπτυξη του πυρήνα ARW γίνεται κυρίως στο NCAR/MMM (Mesoscale and Microscale Meteorology), ενώ η ανάπτυξη του NMM πυρήνα συντελείται στο NCEP/EMC (Environmental Modeling Center). Βέβαια, και στη προκειμένη περίπτωση η υποστήριξη παρέχεται από το NCAR/DTC (Developmental Testbed Center).

Επιπλέον, το μοντέλο WRF διαθέτει σύστημα προ επεξεργασίας, το WPS (WRF Pre-processing System), το οποίο απαρτίζεται από τρία προγράμματα. Στόχος αυτών των προγραμμάτων είναι να πραγματοποιούν παρεμβολή (Interpolation) των πραγματικών δεδομένων για την περάτωση της αριθμητικής πρόγνωσης του καιρού. Ονομαστικά τα προγράμματα αυτά είναι τα: geogrid, ungrib και metgrid, και ο σκοπός που επιτελούν είναι διαφορετικός. Εκτενέστερα, το geogrid είναι η βάση δεδομένων για την προβολή του χάρτη και ουσιαστικά παρεμβάλλει στατικά γεωγραφικά δεδομένα. Από την άλλη, το ungrib εξάγει μετεωρολογικά πεδία από τα ειδικά διαμορφωμένα αρχεία GRIB και τέλος, το metgrid παρεμβάλλει οριζόντια τα μετεωρολογικά πεδία που εξάγονται από το ungrib στα μοντέλα grids, που ορίζονται από το geogrid. Επεξηγηματικά, τα GRIB αρχεία είναι ένας τύπος αρχείων, που έχει προταθεί από τον WMO και ο σκοπός που συντελούν είναι η αποθήκευση των κανονικά κατανεμημένων πεδίων, δηλαδή των κανονικών πεδίων σε κανονικό πλέγμα. Το έργο της κάθετης παρεμβολής των μετεωρολογικών πεδίων του λογισμικού WRF γίνεται εντός του πραγματικού προγράμματος. Ακολούθως, παρατίθεται σχηματικά η ροή δεδομένων, έτσι ακριβώς όπως περιγράφηκε παραπάνω.



ΣΧΗΜΑ 4 : ΡΟΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ WRF

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα, κάθε ένα από τα προγράμματα του συστήματος προ επεξεργασίας WPS χρησιμοποιεί ένα κοινό αρχείο namelist, εντός του οποίου υπεισέρχονται όλες οι απαιτούμενες παράμετροι. Αυτό που ωστόσο, δε διακρίνεται στην άνωθεν εικόνα είναι το γεγονός πως υπάρχουν πρόσθετα αρχεία πίνακα, που χρησιμοποιούνται από μεμονωμένα προγράμματα. Ο ρόλος αυτών των πινάκων είναι ελεγκτικός, καθώς παρέχουν πρόσθετο έλεγχο επί των εργασιών των προγραμμάτων, αλλά γενικά δεν απαιτείται να μεταβληθούν από το χρήστη του λογισμικού.

Γενικά, ο τρόπος και ο μηχανισμός ανάπτυξης του WPS παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής του λογισμικού σε μια ποικιλία από πλατφόρμες. Στην περίπτωση που υπάρχουν διαθέσιμες βιβλιοθήκες, οι οποίες επιτρέπουν την παράλληλη προσομοίωση, αλλά και κατάλληλοι μεταγλωττιστές, τότε δίνεται η δυνατότητα στα προγράμματα geogrid και metgrid να είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν προσομοιώσεις με χρήση καταμεμημένης μνήμης, σκοπός της οποίας είναι η πραγματοποίηση αξιοσημείωτων επεξεργαζόμενων μερών του μοντέλου σε λιγότερη χρονική διάρκεια. Στον αντίποδα βρίσκεται το ungrib πρόγραμμα, προϋπόθεση ορθής λειτουργίας του οποίου είναι η ύπαρξη ενός μόνο επεξεργαστή. Δηλαδή, το έργο που εκτελείται από αυτό το πρόγραμμα δεν επιδέχεται παραλληλοποίηση, με αποτέλεσμα να μπορεί να «τρέξει» σε έναν μόνο επεξεργαστή.

### 3.2.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Geogrid

Όπως σε προηγούμενη παράγραφο προαναφέρθηκε, στόχος του προγράμματος geogrid είναι η προβολή των γεωγραφικών δεδομένων. Δηλαδή, σκοπός αυτού είναι ο καθορισμός των τομέων της προσομοίωσης και η προβολή διάφορων επίγειων δεδομένων στο μοντέλο πλέγματος. Ο καθορισμός των τομέων της προσομοίωσης επιτυγχάνεται με τη χρήση των πληροφοριών, που καθορίζονται από το χρήστη στο αρχείο namelist του λογισμικού WPS (η ονομασία και η μορφή του οποίου είναι namelist.wps)

Αναλυτικότερα, ως προ το έργο που επιτελεί το πρόγραμμα geogrid, αυτό όχι μόνο υπολογίζει το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και τους παράγοντες χάρτη κλίμακας, αλλά επιπλέον παρεμβάλλει τις κατηγορίες που αφορούν το έδαφος και τη χρησιμότητα της γης, το ύψος του εδάφους, την ετήσια μέση θερμοκρασία, το μηνιαίο κλάσμα βλάστησης, το μηνιαίο albedo, τη μέγιστη ανακλαστικότητα χιονιού και τη κλίση κατηγορίας του μοντέλου πλέγματος από προεπιλογή. Τα παγκόσμια σύνολα δεδομένων για όλα τα προαναφερθέντα πεδία, παρέχονται μέσω της σελίδας λήψης WRF. Επειδή όμως, τα πεδία αυτά εμπεριέχουν στοιχεία που είναι χρονικά αναλλοίωτα, η απόκτηση τους μια και μοναδική φορά αρκεί. Αναφορικά με τα σύνολα των χρησιμοποιούμενων δεδομένων, αρκετά από αυτά είναι διαθέσιμα σε μία μόνο ανάλυση, ενώ άλλα από αυτά υποστηρίζουν αναλύσεις των 30 δευτερολέπτων και 2, 5 ή 10 λεπτών. Στη τελευταία περίπτωση, ο χρήστης δεν είναι υποχρεωμένος να διαθέτει όλες τις υπάρχουσες αναλύσεις για ένα σύνολο δεδομένων, αν και η παρεμβολή πεδίων είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική για την ανάλυση δεδομένων που είναι πλησιέστερα στην ανάλυση της προσομοίωσης.

### 3.2.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Ungrib

Το ungrib είναι το δεύτερο κατά σειρά πρόγραμμα που χρησιμοποιεί το WRF και η λειτουργικότητά του συνοψίζεται στο γεγονός ότι αποκρυπτογραφεί τα δεδομένα και τα ανάγει σε μια απλή μορφή, που ονομάζεται ενδιάμεση. Ουσιαστικά, το πρόγραμμα αυτό οδηγεί στο σχηματισμό πινάκων, οι οποίοι ονομάζονται Vtables (variables tables) και πρόκειται για πίνακες που εσωκλείουν τους κώδικες που καθορίζουν ποιά πεδία πληροφοριών πρέπει να εξαχθούν από το αρχείο .grib και να αποτυπωθούν σε ενδιάμεση μορφή.



### 3.2.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Metgrid

Το Metgrid είναι το τρίτο και τελευταίο κατά σειρά πρόγραμμα που χρησιμοποιείται από το WRF για την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Στόχος του προγράμματος αυτού είναι η οριζόντια αντιστοίχιση των δεδομένων που απορρέουν από το Ungrib πρόγραμμα με τις γεωγραφικές περιοχές προσομοίωσης που έχουν ορισθεί από την εκτέλεση του geogrid προγράμματος, κατά τα πρώτα στάδια διεξαγωγής του WRF.

Τόσο το Metgrid πρόγραμμα, όσο και το Ungrib πρόγραμμα είναι χρονικά εξαρτώμενα. Δηλαδή, για κάθε προσομοίωση που διεξάγεται είναι απαραίτητο να καθοριστεί επακριβώς το εύρος των ημερομηνιών που θα λάβει χώρα εντός του οποίου θα εκτελεστούν τα προγράμματα Ungrib και Metgrid. Ο καθορισμός της χρονικής μεταβλητής γίνεται μέσω ενός κοινού αρχείου namelist του προγράμματος WRF, ενώ σε κάθε στάδιο της προσομοίωσης επαναπροσδιορίζονται ξεχωριστά τα πεδία των ζητούμενων ημερομηνιών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**

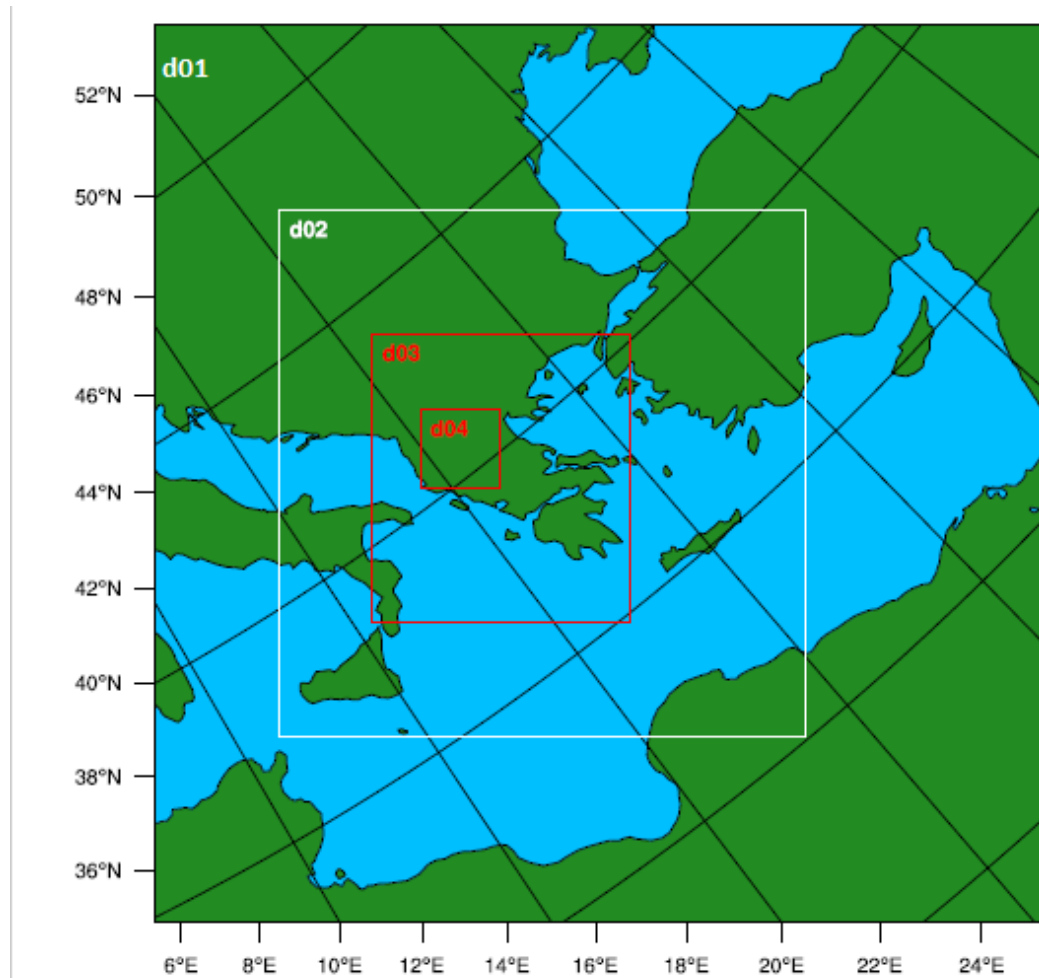
Εφόσον λοιπόν, στα παραπάνω κεφάλαια παρουσιάστηκαν αναλυτικά η πορεία εξέλιξης και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων μοντέλων προσομοίωσης, στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται ενδελεχώς η διαδικασία προσομοίωσης και εξαγωγής αποτελεσμάτων μέσω του WRF μοντέλου.

#### **4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Το έναυσμα της προσομοίωσης σηματοδοτείται με τον επακριβή καθορισμό των ζητούμενων γεωγραφικών πεδίων προσομοίωσης (domains), που χρησιμοποιούνται στο δυναμικό υποβιβασμό κλίμακας. Ειδικότερα, χρησιμοποιώντας την ειδικά σχεδιασμένη για οπτικοποίηση γλώσσα προγραμματισμού NCAR Command Language (NCL) αντιστοιχήθηκε η ζητούμενη εδαφική έκταση του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου με τις πλεγματικές περιοχές που απορρέουν από το WRF.

Ο υποβιβασμός κλίμακας που χρησιμοποιήθηκε και εφαρμόστηκε στη συγκεκριμένη ανάλυση είναι ο ένας προς τρία (1/3). Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι το κυρίαρχο κελί του γονικού πλέγματος εκτείνεται στα 81X81km, ενώ με εφαρμογή του 1/3 λόγου υποβιβασμού προκύπτουν τα διαδοχικά κελιά των υποπεριοχών, που στην κλίμακα των χιλιομέτρων αντιστοιχούν στα 27X27km, 9X9km και 3X3km. Στην ακόλουθη εικόνα, παρουσιάζεται σχηματικά ο εφαρμοζόμενος υποβιβασμός κλίμακας, όπως ακριβώς περιγράφηκε στις παραπάνω γραμμές.

(Με την περιγραφή d01 να αναφέρεται στο γονικό κελί 81X81, την d02 στο 27X27, την d03 στο 9X9 και τέλος την d04 στο 3X3km κελί, που είναι και το υπό μελέτη κελί).



ΣΧΗΜΑ 5: ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Αναφορικά με την αντιστοίχιση των άνωθεν επιλεγμένων περιοχών με τα πραγματικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά της υδρογείου αναφέρεται πως η περιοχή d01 καλύπτει όλη τη Μεσόγειο και περιέχει συνολικά 900 κελιά. Εν συνεχεία, η περιοχή d02 περιέχει 2704 κελιά και γεωγραφικά αντικατοπτρίζει την περιοχή των Βαλκανίων, της Ιταλικής χερσονήσου και μέρος της Δυτική Τουρκίας, ενώ η d03 περιοχή με πλήθος κελιών 6460 στοχεύει σε όλο το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της Ελλάδας. Τέλος η περιοχή d04, που είναι και η υπό μελέτη περιοχή εκτείνεται σε 4900 κελιά και περιέχει την περιφέρεια Κοζάνης και συγκεκριμένα την περιοχή που είναι εγκατεστημένος ο ατμοηλεκτρικός σταθμός Άγιος Δημήτριος.

Για την ομαλή πορεία της προσομοίωσης, απαραίτητη είναι η περισυλλογή μετεωρολογικών δεδομένων. Αυτή η περισυλλογή έγινε κάνοντας χρήση της διαδικτυακής πύλης RDA NCAR. Αναλυτικότερα, έπειτα από την είσοδο και την εγγραφή στη συγκεκριμένη ιστοσελίδα, είναι δυνατή η πρόσβαση με μεγάλο πλήθος μετεωρολογικών δεδομένων και παρατηρήσεων. Τα δεδομένα αυτά είναι απόρροια

αναλυτικών μοντέλων, αποτελεσμάτων παρατήρησης και τηλεσκόπησης και είναι προσβάσιμα σε όλους τους χρήστες έπειτα από ηλεκτρονική αίτηση.

Λειτουργικά, η εξαγωγή αποτελεσμάτων στη συγκεκριμένη διατριβή έγινε χρησιμοποιώντας το 083.2 προϊόντος. Το συγκεκριμένο προϊόν περιέχει παγκόσμιας ανάλυσης δεδομένα, τα οποία παράγονται κάθε έξι ώρες και είναι δεδομένα που απορροφώνται από παρατηρήσεις του Παγκόσμιου Συστήματος Αφομοίωσης Δεδομένων και άλλων πηγών. Οι αναλύσεις που προκύπτουν μπορούν να αντιστοιχηθούν σε διάφορα γεωγραφικά επίπεδα και αφορούν παραμέτρους όπως τη θερμοκρασία, την πίεση, τη σχετική υγρασία, τους ανέμους, το όζον κ.ά.. Οι παράμετροι, που είναι απαραίτητοι για τη συγκεκριμένη διατριβή είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα. Εν κατακλείδι, τοιουτοτρόπως, έγινε η περισυλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων από το NASA GISS GCM ModelE για τη χρονική περίοδο 1880 – 2055.

## 4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όταν και εφόσον ολοκληρωθεί η άνωθεν διεργασία, τότε σειρά έχει το επόμενο βήμα της προσομοίωσης, που είναι και η απόρροια τόσο των μετεωρολογικών δεδομένων για τη χρονική περίοδο 2006-2015, όσο και των κλιματολογικών για τα έτη 2056-2065. Η διεξαγωγή αυτών των αποτελεσμάτων έγινε χρησιμοποιώντας το WRF πρόγραμμα και παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία εκτέλεσης του προγράμματος.

Πρωτίστως, υπενθυμίζεται ότι η αρχή λειτουργίας του WRF βασίζεται στην ορθή διεξαγωγή των προγραμμάτων `geogrid`, `ungrib` και `metgrid`. Με απαρχή το πρόγραμμα `ungrib` γίνεται αντιστοίχιση των μετεωρολογικών δεδομένων που έχουν συλλεχθεί βάσει της περιγραφόμενης στην παραπάνω ενότητα διαδικασίας με τον κατάλληλο VTable πίνακα.

Αφού λοιπόν γίνει η αντιστοίχιση και δημιουργηθούν οι κατάλληλοι σύνδεσμοι αρχείων, τίθεται πλέον σε προτεραιότητα ο καθορισμός των εδαφικών περιοχών προσομοίωσης μέσω του προγράμματος `geogrid`. Αποτέλεσμα αυτού είναι η δημιουργία νέων αρχείων που συνδέουν τα μετεωρολογικά με τα εδαφικά δεδομένα.

Επόμενο βήμα της προσομοίωσης είναι η στόχευση του κελιού του Αγίου Δημητρίου και η απόρροια μετεωρολογικών και κλιματικών αποτελεσμάτων για τη συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του προγράμματος `metgrid`.

Όταν ολοκληρωθούν αυτά τα τρία βήματα, που αποτελούν την προεργασία του WRF σειρά έχει η τελική εκτέλεση του WRF, αποτέλεσμα της οποίας είναι η διεξαγωγή όλων των κλιματικών μεταβλητών για την επιλεγθείσα περιοχή. Στην προκειμένη περίπτωση, όπως έχει προαναφερθεί, οι υπό μελέτη μεταβλητές είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα. Αναλυτικότερα, τα αποτελέσματα που εξήλθαν αντιστοιχούν στο μέσο όρο των τιμών της θερμοκρασίας και την υγρασίας για τα κλιματολογικά δεδομένα του παρόντος και του μέλλοντος και το μέσο όρο των τιμών της θερμοκρασίας και της υγρασίας για τα μετεωρολογικά δεδομένα του παρόντος.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι για το εύρος των ετών που αναφέρθηκαν παραπάνω μελετήθηκαν ο μήνας Ιανουάριος, για τη χειμερινή περίοδο και ο μήνας Αύγουστος για την καλοκαιρινή. Η επιλογή δεν είναι τυχαία, καθώς είναι οι μήνες που σε κάθε περίπτωση εμφανίζονται κατά οι ακραίες τιμές της θερμοκρασίας με άμεσο αποτέλεσμα την επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα, έπειτα από το πέρας της προσομοίωσης που διεξήχθη.

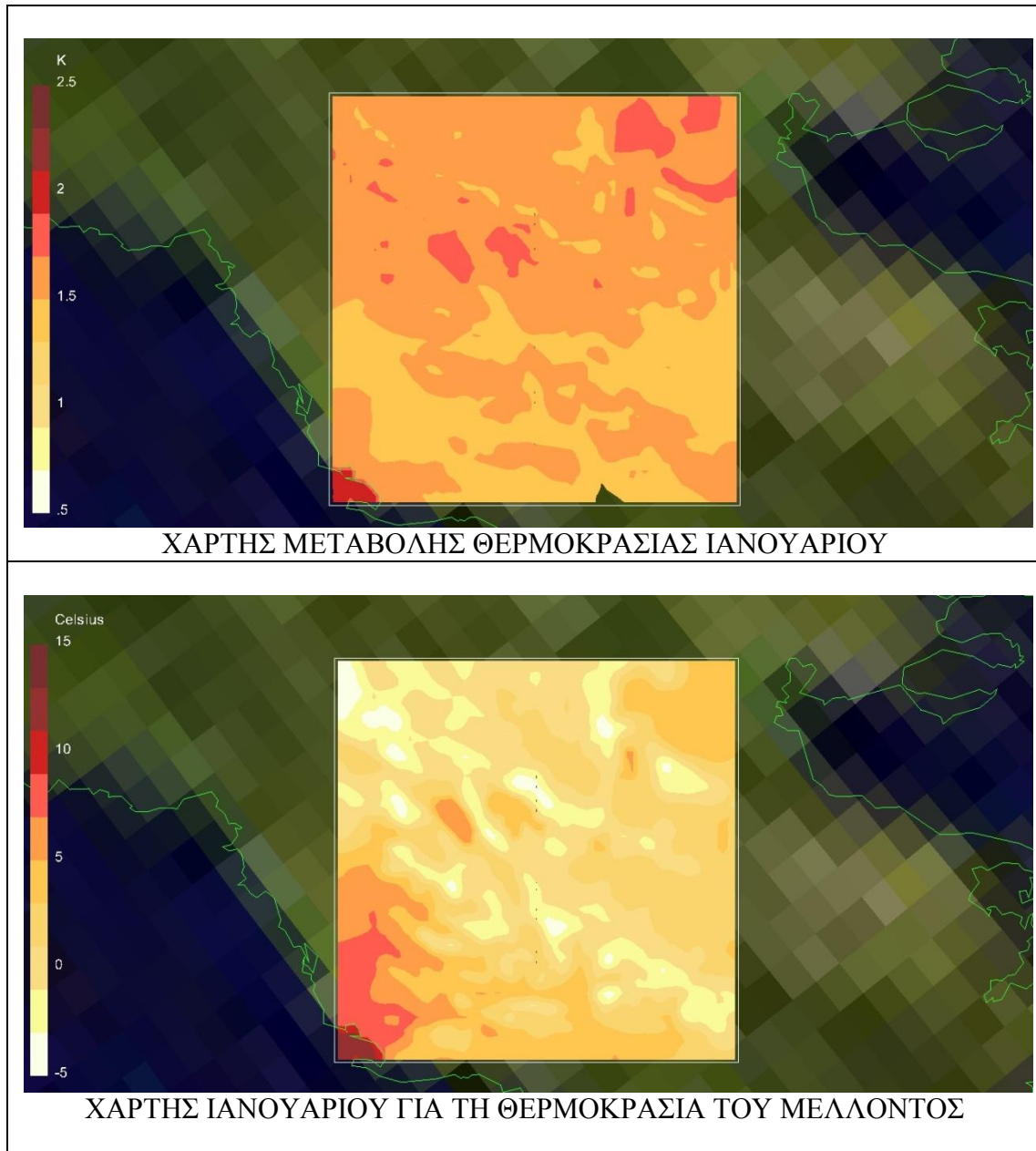
Αρχικά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα σε μορφή πίνακα. Παρατηρώντας τον παρακάτω πίνακα γίνεται ιδιαίτερα εμφανές ότι η θερμοκρασία ακολουθεί ανοδική πορεία τόσο για τη χειμερινή περίοδο, δηλαδή τον μήνα Ιανουάριο, όσο και για τον Αύγουστο, δηλαδή και την καλοκαιρινή περίοδο. Αριθμητικά, η αύξηση τη θερμοκρασίας για τον μήνα Ιανουάριο ανέρχεται από τους 1.4 °C (παροντική τιμή) στους 3.0 °C (μελλοντική τιμή), ενώ για τον μήνα Αύγουστο η αύξηση αυτή υπολογίζεται από τους 21.1 °C (παροντική τιμή) στους 23 °C (μελλοντική τιμή).

Επιπρόσθετα, αναφορικά με την μεταβολή που επέρχεται στη τιμή της σχετική υγρασίας η πορεία διαφέρει για τη χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο. Συγκεκριμένα, για τον μήνα Ιανουάριο η σχετική υγρασία ακολουθεί την ανοδική πορεία της θερμοκρασίας και αυξάνεται από 81% (παροντική τιμή) στο 82% (μελλοντική τιμή). Ενώ για τον μήνα Αύγουστο της καλοκαιρινής περιόδου ακολουθεί αντίστροφη πορεία καθώς μειώνεται από το 56% (παροντική τιμή) στο 53% (μελλοντική τιμή).

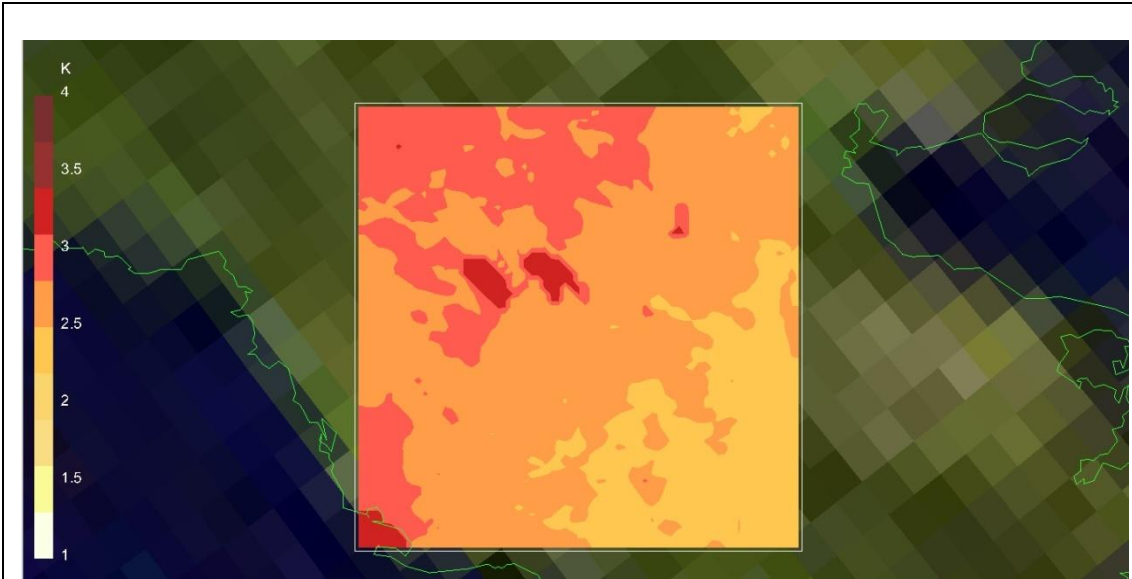
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	ΠΑΡΟΝ		ΜΕΛΛΟΝ	
	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ
<b>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ</b> (°C)	1.4	21.1	3.0	23.0
<b>ΣΧΕΤΙΚΗ</b> <b>ΥΓΡΑΣΙΑ (%)</b>	81	56	82	53

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ WRF

Για να γίνει πιο κατανοητό το προφίλ των μεταβολών που λαμβάνουν χώρα παρουσιάζονται οπτικοποιημένα τα αποτελέσματα του προγράμματος WRF για όλες τις χρονικές περιόδους, χειμερινή και καλοκαιρινή για παροντικό και μελλοντικό χρόνο. Δηλαδή, στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι μεταβολές που περιγράφηκαν στη παραπάνω παράγραφο και που φαίνονται στον παραπάνω πίνακα.



ΣΧΗΜΑ 6: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ



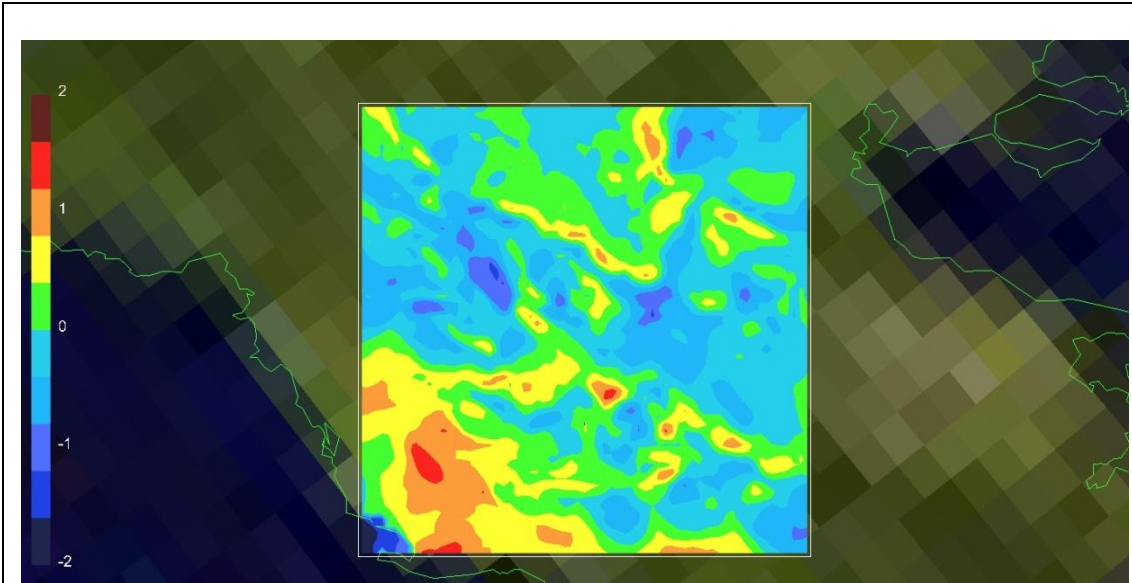
ΧΑΡΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ



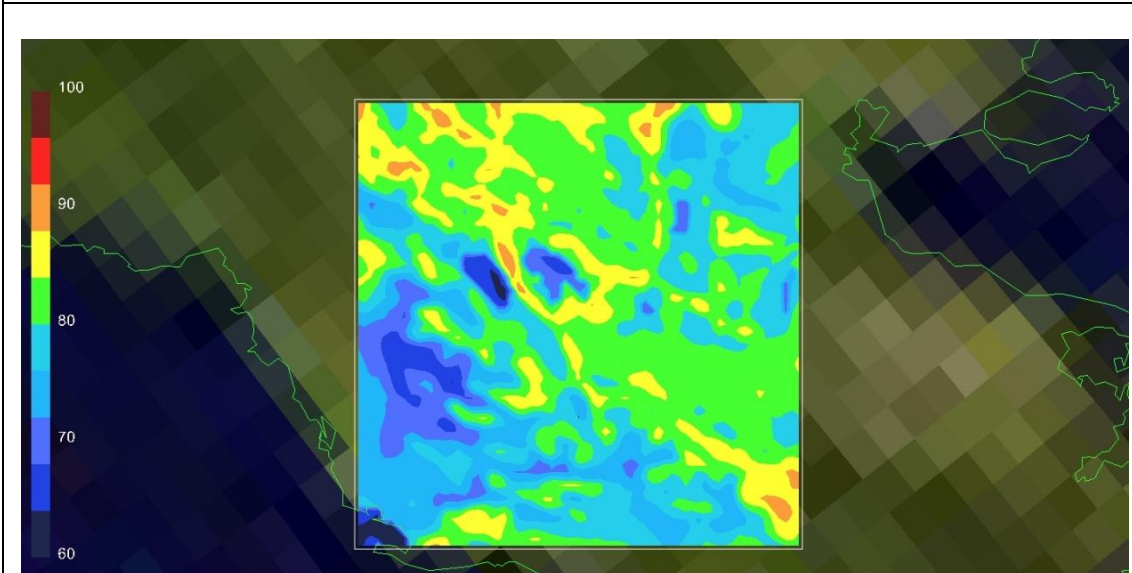
ΧΑΡΤΗΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

ΣΧΗΜΑ 7: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ



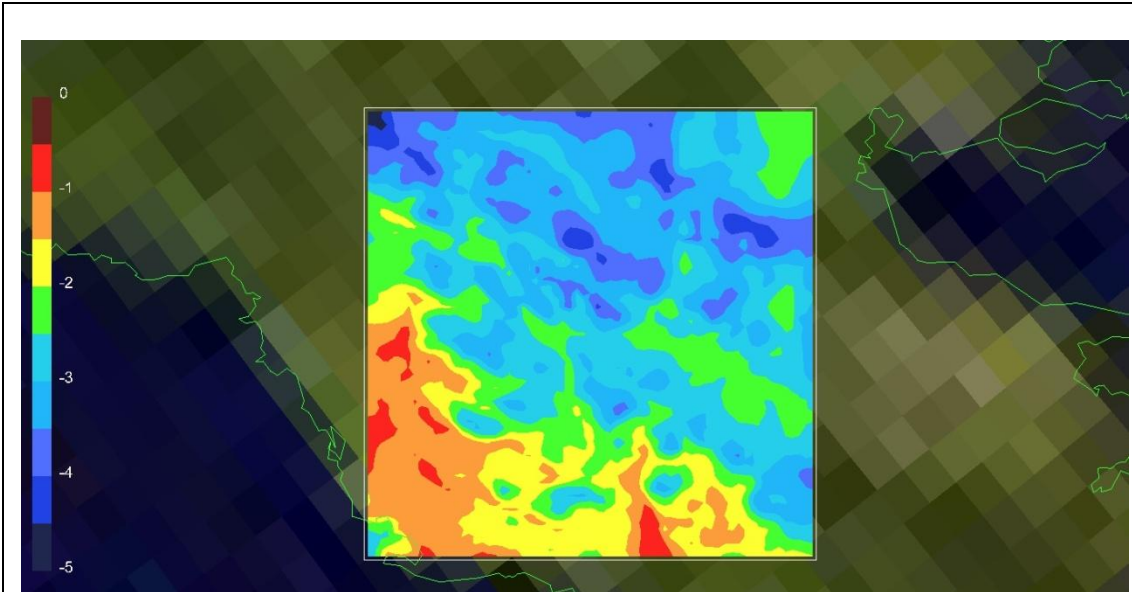


ΧΑΡΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

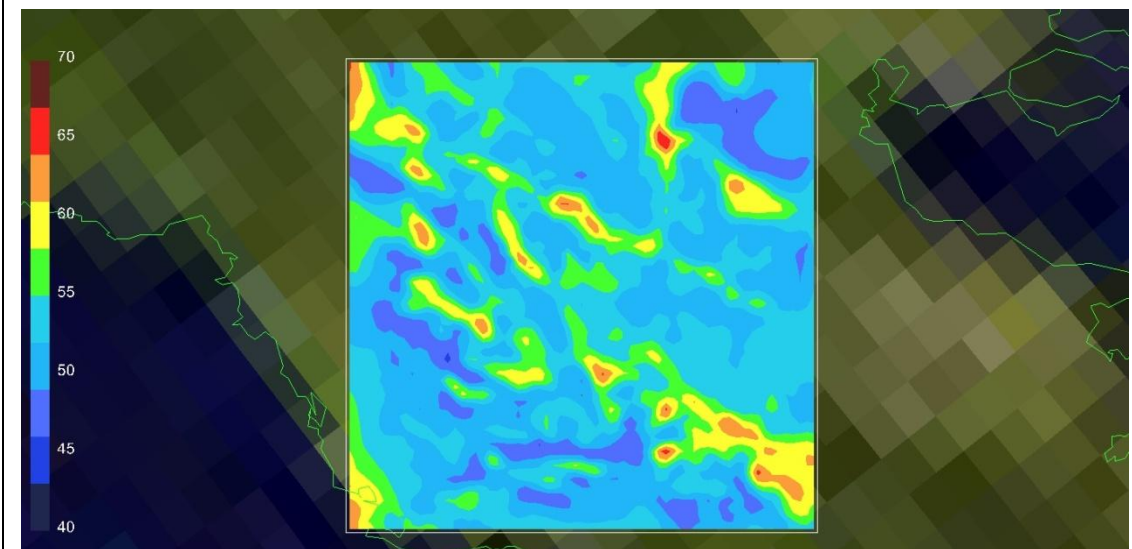


ΧΑΡΤΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

ΣΧΗΜΑ 8: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ



ΧΑΡΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ



ΧΑΡΤΗΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

ΣΧΗΜΑ 9: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ**

#### **6.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΕΗ Α.Ε.**

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού στην Ελλάδα ιδρύθηκε τον Αύγουστο του 1950 και από εκείνη τη στιγμή αποτέλεσε τον δημόσιο φορέα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα. Η ίδρυση της ΔΕΗ είχε ως επακόλουθο την δημιουργία ενός εθνικού διασυνδεδεμένου συστήματος μέσω της ενοποίησης των δικτύων μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας.

Η ΔΕΗ Α.Ε αποτελεί την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα καθώς κατέχει περίπου το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των θερμοηλεκτρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην ηπειρωτική Ελλάδα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 98 συνολικά σταθμών της ΔΕΗ ανέρχεται σήμερα στα 12.760 MW. Στο ενεργειακό της μείγμα συμπεριλαμβάνει λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, όπως επίσης και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και σύγχρονες μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Από την συνολική της ηλεκτροπαραγωγή, σχεδόν το 50% παράγεται από λιγνιτικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, η ΔΕΗ έχει στην διάθεσή της οχτώ λιγνιτικούς σταθμούς οι οποίοι αποτελούν το 42% της εγκατεστημένης ισχύος της και παράγουν το 56% περίπου της καθαρής ηλεκτρικής παραγωγής της.

Η εστίαση της ΔΕΗ σε λιγνιτικούς σταθμούς δεν είναι τυχαία καθώς η χώρα διαθέτει ένα πλούσιο υπέδαφος σε λιγνίτη καθιστώντας τη χώρα στη δεύτερη θέση παραγωγής λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην έκτη θέση παγκοσμίως. Μέχρι σήμερα έχουν εξορυχτεί συνολικά 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι λιγνίτη, ενώ τα εναπομείναντα αποθέματα ανέρχονται σε 3,1 δισεκατομμύρια τόνους περίπου, τα οποία υπολογίζονται να επαρκέσουν για τα επόμενα 45 χρόνια.

Τα λιγνιτωρυχεία που βρίσκονται στην Πτολεμαΐδα και τη Μεγαλόπολη αποτελούν την μεγαλύτερη πηγή λιγνίτη στη Ελλάδα γεγονός που οδήγησε στην δημιουργία των μεγαλύτερων λιγνιτικών σταθμών σε αυτές τις περιοχές.

### ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΣΧΗΜΑ 10: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ  
 (Πηγή: επίσημη ιστοσελίδα ΔΕΗ)

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας ως κύριο καύσιμο τον λιγνίτη επιφέρει στην Ελλάδα τεράστια εξοικονόμηση συναλλάγματος (περίπου 1 δισεκατομμύριο δολάρια ετησίως). Ο λιγνίτης αποτελεί καύσιμο στρατηγικής σημασίας για τη ΔΕΗ λόγω του χαμηλού κόστους εξόρυξης, της σταθερής τιμής του και της σταθερότητας και ασφάλειας στον ανεφοδιασμό καυσίμου.

## 6.2 ΓΕΝΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

Ο ατμοηλεκτρικός σταθμός του Αγίου Δημήτριου αποτελεί ένας από τους μεγαλύτερους και πιο συγχρόνους λιγνιτικούς σταθμούς της χώρας. Είναι εγκατεστημένος στο 18ο χιλιόμετρο Κοζάνης-Θεσσαλονίκης και αποτελείται από 5 μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συνολική ισχύ 1595 MWe. Ως κύριο καύσιμο χρησιμοποιείται ο λιγνίτης, ο οποίος βρίσκεται σε περίσσεια ποσότητα στο ευρύτερο λεκανοπέδιο της Δυτικής Μακεδονίας, ενώ ως βοηθητικό καύσιμο χρησιμοποιείται πετρέλαιο ντίζελ, κυρίως για τη διαδικασία έναρξης μιας μονάδας με απώτερο σκοπό την έναυση του λέβητα αλλά και την προθέρμανση του συστήματος.



ΣΧΗΜΑ 11: ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (Πηγή:google.gr)

Στον χώρο του σταθμού είναι εγκατεστημένες και λειτουργούν πέντε μονάδες για τις οποίες τα στοιχεία ισχύος καθώς και έναρξης λειτουργίας τους δίνονται παρακάτω.

	Ονομαστική Ηλεκτρική (MWe)	Ισχύ	Έτος λειτουργίας έναρξης
Μονάδα I	300		1984
Μονάδα II	300		1984
Μονάδα III	310		1985
Μονάδα IV	310		1986
Μονάδα V	375		1997
ΣΥΝΟΛΟ	1595		

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

Όλες οι Μονάδες του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου λειτουργούν σε 24ωρη βάση, λόγω της αδυναμίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, και σε μεταβλητό φορτίο σύμφωνα με τις οδηγίες που εκδίδονται από το Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τέλος, οι μονάδες III, IV και V τροφοδοτούν με θερμική ενέργεια το σύστημα της τηλεθέρμανσης της Κοζάνης με σκοπό την θέρμανση των κατοίκων της περιοχής. Η θερμική ενέργεια ανέρχεται στα 67 MWth για τις μονάδες III και IV ενώ για τη μονάδα IV υπολογίζεται στα 70 MWth.

### 6.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Ο σταθμός αποτελείται από πολλά τμήματα το καθένα από τα οποία είναι υπεύθυνο για την υλοποίηση μιας εργασίας και συλλογικά την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος. Τα κυριότερα από αυτά είναι :

- Υπαίθρια λίμνη αποθήκευσης νερού
- Υπαίθρια αυλή αποθήκευσης του λιγνίτη
- Μονάδα προθέρμανσης και διάσπασης του λιγνίτη
- Συστήματα συλλογής και αποκομιδής της ιπτάμενης και υγρής τέφρας
- Μεγάλου μήκους ταινιόδρομοι για την μεταφορά του λιγνίτη στις μονάδες
- Χημικό εργαστήριο
- Πέντε κύριες μονάδες κάθε μια από τις οποίες περιλαμβάνει :
  - Λέβητα ατμοποίησης με τον στρόβιλο και την γεννήτρια
  - Συμπυκνωτή όπου ο ατμός υγροποιείται και επιστέφει στην αρχική του κατάσταση
  - Εφτά προθερμαντές νερού
  - Τρεις αντλίες τροφοδοσίας του συμπυκνώματος
  - Δυο προθερμαντές αέρα-καυσαερίων

- Καπνοδόχο
- Πύργο ψύξης του ψυκτικού νερού
- Σύστημα ελέγχου και λειτουργίας της μονάδας
- Σύστημα λίπανσης όλου του μηχανολογικού εξοπλισμού

Στην συνέχεια, περιγράφονται συνοπτικά τα βασικότερα τμήματα του σταθμού καθώς επίσης και η διαδικασία που ακολουθείται για την παράγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

### **6.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ**

#### **Εξόρυξη-μεταφορά λιγνίτη**

Ο Σταθμός για την παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιεί ως καύσιμο τον τοπικό λιγνίτη, ο οποίος μεταφέρεται από το Ορυχείο του Νότιου Πεδίου κυρίως με ταινιόδρομους και σε μικρές ποσότητες με φορτηγά αυτοκίνητα.

Ο λιγνίτης παραλαμβάνεται από το Σταθμό μέσω συστήματος ταινιόδρομων με τρία μηχανήματα τα οποία έχουν τη δυνατότητα απόθεσης, απόληψης ή απ' ευθείας τροφοδότησης λιγνίτη. Ο δε λιγνίτης που μεταφέρουν μπορεί να αποθηκευτεί στην Αυλή Λιγνίτη ή να προωθηθεί απ' ευθείας στο Σύστημα Σπαστήρων. Στο Σύστημα Σπαστήρων, ο λιγνίτης θρυμματίζεται σε κομμάτια μέγιστης διαμέτρου 4 cm για να μεταφερθεί ακολούθως στα σιλό λιγνίτη των Μονάδων.

#### **Σιλό**

Τα σιλό είναι εγκατάσταση αποθήκευσης του θρυμματισμένου λιγνίτη πριν οδηγηθεί στους μύλους. Η κάθε Μονάδα διαθέτει 8 σιλό τα οποία γεμίζουν με την βοήθεια κινούμενων ταινιόδρομων. Βέβαια, η διαδικασία αυτή ελέγχεται από σύστημα ελέγχου το οποίο και καθορίζει την κίνηση των ταινιόδρομων.

#### **Μύλοι λιγνίτη**

Κάθε λέβητας είναι εφοδιασμένος με 8 μύλους οι οποίοι βρίσκονται περιμετρικά του. Σε πλήρες φορτίο λειτουργούν οι 7 από τους 8 ενώ ο άλλος χρησιμοποιείται ως εφεδρικός. Μέσω της στροφομής που αναπτύσσεται από την περιστροφή των μύλων ο λιγνίτης διασπάται και παίρνει την μορφή κονιορτοποιημένου καυσίμου το οποίο με την βοήθεια ζεστού αέρα θερμαίνεται και στέλνεται στον καυστήρα.



ΣΧΗΜΑ 12: ΜΥΛΟΣ ΛΙΓΝΙΤΗ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ(Πηγή: αρχείο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου)

### Καυστήρες

Υπάρχουν οχτώ καυστήρες λιγνίτη και οχτώ καυστήρες πετρελαίου. Αυτοί είναι διατεταγμένοι γύρω από την εστία και βρίσκονται στις καταθλίψεις των μύλων. Ο λιγνίτης ξηρός και σε μορφή σκόνης προωθείται από το μύλο προς το λέβητα όπου εισέρχεται μέσω σωληνώσεων. Οι καυστήρες πετρελαίου χρησιμοποιούνται κυρίως κατά την εκκίνηση της Μονάδας με σκοπό την προθέρμανση των συστημάτων στην θερμοκρασία λειτουργίας. Υπάρχουν ηλεκτρονικοί σπινθηριστές στην άκρη κάθε καυστήρα με σκοπό την έναυση των πυρών.

## 6.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΒΗΤΑ

### Λέβητας

Λέβητας είναι μια κλειστή συσκευή που χρησιμεύει για την μετατροπή του νερού σε ατμό με τη βοήθεια της θερμότητας που παράγεται από τα καύσιμα. Ο λέβητας κάθε Μονάδας είναι βεβιασμένης κυκλοφορίας δηλαδή χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες ώστε να αναρροφούν τα καυσαέρια προς τα έξω και να δημιουργείται υποπίεση στην εστία.



### Εστία

Εστία ονομάζεται το μέρος του λέβητα μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η καύση. Το καύσιμο με την εκτόξευση που γίνεται από τον καυστήρα και με τη βοήθεια του αέρα καίγεται στην εστία και αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία. Από την καύση παράγονται καυσαέρια τα οποία οδηγούνται προς την έξοδο του λέβητα. Κατά τη διαδρομή τους προς τον καπνοδόχο τα καυσαέρια περνούν από τους υπερθερμαντήρες, αναθερμαντήρες και τον οικονομητήρα όπου προσδίδουν τη θερμική τους ενέργεια στον ατμό ή στο νερό.

### Αυλοί ανόδου

Είναι μεταλλικοί κατακόρυφοι αγωγοί κυκλοφορίας του νερού στα πλευρικά τοιχώματα του λέβητα, σχηματίζονται από αυλούς, είναι ηλεκτροσυγκολλημένοι μεταξύ τους και κάθε σειρά τροφοδοτείται με νερό από ξεχωριστό συλλέκτη.

### Υπερθερμαντές

Είναι αυλοί στο άνω τμήμα και εσωτερικά του λέβητα μέσω των οποίων ο ατμός παίρνει την τελική επιθυμητή θερμοκρασία η οποία είναι πάνω από τη θερμοκρασία κορεσμού, ενώ η πίεση παραμένει σχεδόν σταθερή. Υπάρχουν τρεις υπερθερμαντές. Ο πρώτος υπερθερμαντής είναι χωρισμένος σε δύο κομμάτια, τον Ia και τον Ib και βρίσκεται πιο ψηλά από τους άλλους τρεις, ο δεύτερος βρίσκεται στο κατώτερο σημείο ενώ ο τρίτος είναι ανάμεσα από τους προηγούμενους δυο και είναι το τελικό στάδιο του υπέρθερμου ατμού. Πιο συγκεκριμένα οι θέσεις των υπερθερμαντών είναι:

1. Υ/θ Ia και Ib :είσοδος στα 60 μέτρα και έξοδος στα 53 μέτρα
2. Υ/θ II : είσοδος στα 42 μέτρα και έξοδος στα 44 μέτρα
3. Υ/θ III : είσοδος στα 47 μέτρα και έξοδος στα 49 μέτρα

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην έξοδο των προθερμαντών υπάρχει σύστημα ψεκασμού ώστε να ελέγχεται η τιμή της θερμοκρασίας του ατμού εκτός από τον Υ/Θ II και αυτό διότι υπάρχει κίνδυνος τα σταγονίδια του νερού να μην εξατμιστούν με αποτέλεσμα να προκαλέσουν φθορά στο στρόβιλο.

### Αναθερμαντές

Υπάρχουν δύο αναθερμαντήρες επαφής στην εγκατάσταση, ο πρώτος που χωρίζεται σε Ia και ο Ib και ο δεύτερος II, που χρησιμοποιούνται για την αναθέρμανση του ατμού μέσα στο λέβητα μετά τον στρόβιλο Υψηλής Πίεσης.

Οι εισοδοι και οι έξοδοι των αναθερμαντήρων βρίσκονται στις εξής θέσεις του λέβητα:

1. Α/Θ Ια και Ιβ: είσοδος στα 62 μέτρα και έξοδος στα 55 μέτρα
2. Α/Θ ΙΙ: είσοδος στα 53 μέτρα και έξοδος στα 49 μέτρα

Όπως και στους υπερθερμαντες υπάρχουν κι εδώ συστήματα ψεκασμού του ατμού για τον έλεγχο της θερμοκρασίας.

### **Οικονομητήρας**

Ο οικονομητήρας είναι κι αυτός ένα είδος προθερμαντή, βρίσκεται στο πιο ψηλό σημείο του λέβητα και συγκεκριμένα η είσοδος του είναι στα 70 μέτρα ενώ η έξοδος του στα 63 μέτρα. Η επιτρεπόμενη θερμοκρασία για τον οικονομητήρα είναι περίπου στην είσοδο 257 °C και στην έξοδο 315 °C.

### **Διαχωριστής**

Στον διαχωριστή γίνεται φυγοκεντρικός διαχωρισμός του νερού και του ατμού. Ο διαχωριστής συνεπώς, διαχωρίζεται σε δυο τμήματα στο άνω μέρος όπου διαφεύγει ο ατμός και στο κάτω όπου συγκεντρώνεται το νερό.

### **Αντλίες Κυκλοφορίας Λέβητα (Α.Κ.Λ)**

Αυτές οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του νερού μέσα στον λέβητα. Πιο συγκεκριμένα η υγρή φάση από το διαχωριστή αναρροφάται από την αντλία με σκοπό να αναμιχτεί με το κορεσμένο νερό που έρχεται από τον οικονομητήρα για να οδηγηθεί εκ νέου στο λέβητα. Υπάρχουν δύο Α.Κ.Λ. Η μία βρίσκεται σε λειτουργία ενώ η δεύτερη είναι εφεδρική.

### **Τεφρολεκάνη**

Είναι η λεκάνη που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον λέβητα και χρησιμεύει για τη συγκέντρωση της τέφρας ή του άκαυστου λιγνίτη. Είναι γεμάτη με νερό για να έχουμε πλήρη στεγανότητα στο λέβητα, έτσι ώστε να μην μπορεί να μπει αέρας σ' αυτόν. Ακόμη το νερό χρησιμεύει για να σβήνουν οι στάχτες και ο άκαυστος λιγνίτης. Η υγρή πλέον τέφρα με μια μεταλλική ταινία οδηγείται στον ταινιόδρομο απ' όπου οδηγείται στο σιλό τέφρας με σκοπό την εναπόθεσή της.

### 6.3.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

#### Προθερμαντές

Οι προθερμαντές στην εγκατάσταση αυτή είναι επτά και βρίσκονται μετά το κύριο ψυγείο. Οι προθερμαντές χρησιμοποιούνται για να προθερμαίνουν το τροφοδοτικό νερό που πηγαίνει στο λέβητα μέσω απομαστεύσεων ατμού και από τα τρία στάδια του στρόβιλου. Είναι προθερμαντές κλειστού τύπου δηλαδή αποτελούνται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος ρέει ο ατμός που απομαστεύεται από τον στρόβιλο και στο δεύτερο μέρος το υπό θέρμανση νερό, χωρίς να υπάρχει ανάμιξη των δυο ροών.

Οι προθερμαντές P1, P2 ονομάζονται Προθερμαντές Χαμηλής Πίεσης, διότι το νερό προθερμαίνεται μέσω της απομάστευσης από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης. Οι προθερμαντές P3, P4, P5 και P6 ονομάζονται Προθερμαντές Μέσης Πίεσης λόγω του γεγονότος ότι η απομάστευση ατμού γίνεται από το στρόβιλο μέσης πίεσης και ο προθερμαντής P7 ονομάζεται Προθερμαντής Υψηλής Πίεσης, καθώς πηγή απομάστευσης αποτελεί ο στρόβιλος υψηλής πίεσης.



ΣΧΗΜΑ 33: ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ (Πηγή: αρχείο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου)

#### Προθερμαντής Αναμίξεως (Απαερωτής)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο προθερμαντής αναμίξεως ή storage στον οποίο το νερό αποδεσμεύεται από τα αέρια που περιέχει. Για το λόγο αυτό ο συγκεκριμένος προθερμαντής ονομάζεται και απαερωτής. Στον απαερωτή, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους προθερμαντές, υπάρχει ανάμιξη των δυο ροών, του απομαστευμένου ατμού και του εργαζόμενου μέσου.



ΣΧΗΜΑ 4: ΑΠΑΕΡΙΩΤΗΣ (Πηγή: αρχείο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου)

### Τροφοδοτικές Αντλίες

Είναι αντλίες υψηλής πίεσης με έξι διαβαθμίσεις. Η εγκατάσταση έχει τρία συγκροτήματα τροφοδοτικών αντλιών από τις οποίες οι δύο αντλίες είναι σε λειτουργία, ενώ η άλλη είναι εφεδρική. Πρόκειται για ένα από τα σημαντικότερα εξαρτήματα της μονάδας και απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας για την λειτουργία τους.

## 6.3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΝΕΡΟΥ

### Συμπυκνωτής (Ψυγείο)

Χρησιμοποιείται για τη συμπύκνωση του ατμού η οποία επιτυγχάνεται μέσω επίτευξης κενού εντός του χώρου του ψυγείου, μετά την έξοδο του στροβίλου. Ο τύπος του ψυγείου είναι επιφανειακής εναλλαγής θερμότητας δηλαδή, μέσα στο συμπυκνωτή υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αυλών από τους οποίους διέρχεται το ψυκτικό νερό. Συνεπώς, ο ατμός διερχόμενος ανάμεσα στους αυλούς ψύχεται, υγροποιείται και επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

### Αντλίες συμπυκνώματος

Αυτές βρίσκονται κάτω από το κύριο ψυγείο και σκοπό έχουν την κυκλοφορία του συμπυκνώματος από το ψυγείο. Κάθε μονάδα διαθέτει δύο αντλίες Α' σταδίου και δύο αντλίες Β' σταδίου από τις οποίες η μια είναι σε λειτουργία ενώ η άλλη βρίσκεται σε εφεδρεία. Οι αντλίες Α' σταδίου βοηθούν στην κυκλοφορία του νερού στο χημικό εργαστήριο, ενώ οι Β' σταδίου αναρροφούν το νερό από το εργαστήριο και το καταθλίβουν μέσω των προθερμαντών στην τροφοδοτική δεξαμενή.

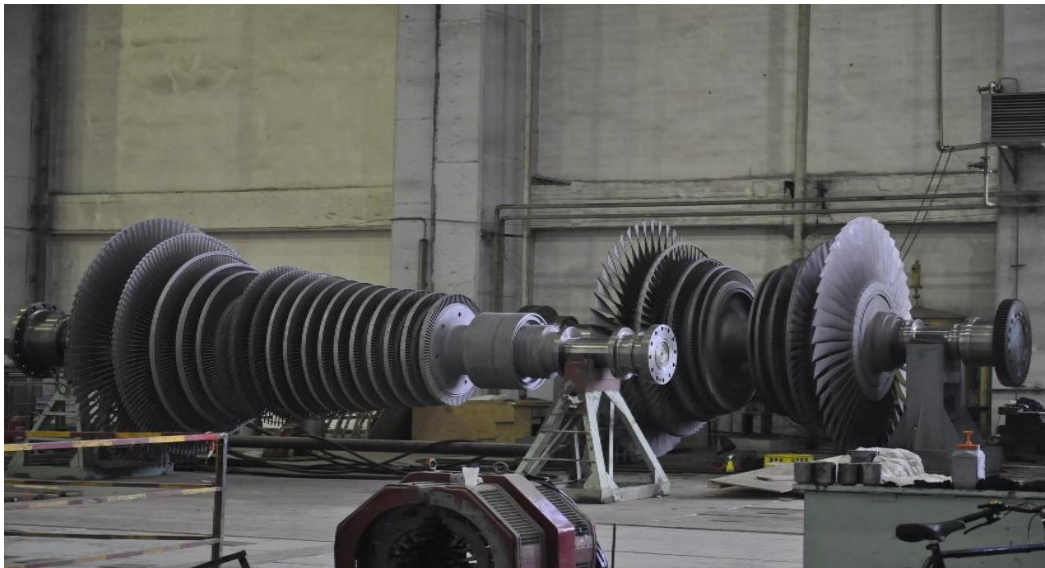
### Πύργος Ψύξης

Ο πύργος ψύξεως λειτουργεί σαν μεταλλάκτης νερού-αέρα, όπου αποβάλλεται στο περιβάλλον η θερμότητα η οποία έχει παρθεί από τη συμπύκνωση του ατμού στο ψυγείο. Το σύστημα ψύξεως είναι ανοιχτό, με ψυκτικό μέσο αποσκληρυμένο νερό που ψύχεται σε πύργο ψύξεως φυσικής κυκλοφορίας. Οι πύργοι ψύξεως των μονάδων του ΑΗΣ έχουν ύψος περίπου 100 μέτρα.

## 6.3.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ – ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

### Στρόβιλος

Κάθε Μονάδα διαθέτει από ένα σύστημα στροβίλων, το οποίο είναι συνδεδεμένο με την αντίστοιχη γεννήτρια. Μέσω της εκτόνωσης του ατμού στους στροβίλους η θερμική ενέργεια του ατμού μετατρέπεται σε κινητική, η οποία περιστρέφει τον άξονα και διεγείρει τη γεννήτρια. Το σύστημα στροβίλων αποτελείται από τρία επίπεδα πιέσεων Υψηλής, Μέσης και Χαμηλής, ανάλογα με το είδος του ατμού που εισέρχεται. Τα δεδομένα εισόδου του ατμού στον στρόβιλο καθορίζονται από τον κατασκευαστή τα οποία πρέπει να τηρούνται αυστηρά για την καλή λειτουργία του στροβίλου. Τέλος, και από τα τρία επίπεδα του στροβίλου γίνεται απομάστευση του ατμού.



ΣΧΗΜΑ 15: ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΜΕ ΑΠΟΜΑΣΤΕΥΣΗ (Πηγή: αρχείο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου)

### Γεννήτρια

Η γεννήτρια αποτελείται από το στάτη και το ρότορα, κατά την περιστροφή του οποίου παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα, που δίνεται στο δίκτυο. Ο ρότορας περιστρέφεται πάντα με 3.000 στροφές το λεπτό, ώστε η συχνότητα του ρεύματος να ανέρχεται πάντα στη συχνότητα των 50 Hz.

### 6.3.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ – ΑΕΡΑ

#### Ανεμιστήρες Καταθλίψεως Αέρα (F.D.F)

Είναι ανεμιστήρες οι οποίοι αναρροφούν αέρα από το περιβάλλον και τον στέλνουν στην εστία με σκοπό την τέλεια καύση του λιγνίτη . Η αναρρόφηση του αέρα επιτυγχάνεται από δύο αξονικούς ανεμιστήρες με ρυθμιστικά πτερύγια.

#### Ανεμιστήρες αναρρόφησης Καυσαερίων (I.D.F)

Είναι ανεμιστήρες οι οποίοι αναρροφούν τα καυσαέρια από την εστία καύσεως. Η αναρρόφηση των καυσαερίων επιτυγχάνεται από δύο αξονικούς ανεμιστήρες με ρυθμιστικά πτερύγια. Οι I.D.F. εργάζονται σε μεγαλύτερη πίεση από τους F.D.F. με αποτέλεσμα τη δημιουργία υποπίεσης μέσα στην εστία καύσης.

#### Προθερμαντές αέρα (LUVO)

Είναι η συσκευή που χρησιμεύει για την προθέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα, που εισέρχεται στην εστία ώστε να γίνει η τέλεια καύση του καυσίμου, αξιοποιώντας ένα μέρος της θερμότητας των καυσαερίων. Είναι προθερμαντήρες αναγέννησης με περιστρεφόμενη επιφάνεια αποθήκευσης. Το βασικό τους τμήμα είναι ένας οριζόντιος άξονας ο οποίος περιέχει ελάσματα με σκοπό την μεγαλύτερη εναλλαγή θερμότητας. Υπάρχουν δύο αγωγοί, των καυσαερίων, που καταλαμβάνουν τα 2/3 του χώρου του προθερμαντή και ο αγωγός του αέρα για την καύση, που κατέχει το εναπομένον 1/3 του χώρου. Συνεπώς, κατά την περιστροφή του άξονα μεταφέρεται θερμότητα από τα θερμά καυσαέρια στον αέρα καύσης τα οποία, εν τέλει εξέρχονται σε θερμοκρασία περίπου 300 °C.

#### Ηλεκτροστατικά Φίλτρα

Προτού τα καυσαέρια εξέλθουν από τους καπνοδόχους διέρχονται από τα ηλεκτροστατικά φίλτρα όπου γίνεται η κατακράτηση ενός πολύ μεγάλου μέρους της τέφρας. Κάθε Μονάδα διαθέτει δυο φίλτρα. Η λειτουργία τους βασίζεται στην δημιουργία μαγνητικού πεδίου το οποίο «μαγνητίζει» τα σωματίδια της τέφρας και καθ' αυτόν τον τρόπο τη διαχωρίζει από τα καυσαέρια. Κάθε φίλτρο περιλαμβάνει 20 μεταλλικές πλάκες οι οποίες είναι αυτές που μαγνητίζονται και κατακρατούν την τέφρα. Οι πλάκες αυτές ανά τακτά χρονικά διαστήματα τινάζονται μέσω ειδικών σφυριών με σκοπό την αποκόλληση των σωματιδίων από την επιφάνειά τους και την συλλογή της τέφρας σε δεξαμενές, από όπου και οδηγούνται στα ορυχεία για την εναπόθεσή της, με φορτηγά.

### **Καπνοδόχος**

Η καπνοδόχος αποτελείται από δύο ομοαξονικούς σωλήνες, έναν εξωτερικό και έναν εσωτερικό. Ο εξωτερικός τοίχος είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα, ενώ ο εσωτερικός από πυρότουβλα. Το ύψος της καμινάδας είναι περίπου 200 μέτρα, ενώ η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι περίπου 160°C. Αξίζει να σημειωθεί ότι στον σταθμό του Αγίου Δημητρίου υπάρχουν τρεις καπνοδόχοι μια για τις μονάδες I και II, μια για τις μονάδες III και IV και μια για την μονάδα V.

## 6.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία. Κατά κύριο λόγο βασίζεται στην ατμοποίηση του νερού προσδίδοντας του θερμότητα μέσω της καύσης λιγνίτη. Είναι επομένως εμφανής η σημαντικότητα της πορείας του νερού μέχρι την ατμοποίησή του, αλλά και η χρησιμοποίησή του για την παραγωγή. Η διαδικασία βασίζεται σε τρία βασικά κλειστά κυκλώματα:

- Κύκλωμα νερού-ατμού
- Κύκλωμα νερού ψύξης
- Δίκτυο αέρα-καυσαερίων

Αξίζει βέβαια να σημειωθεί ότι σημαντικό είναι επίσης ένα ακόμα κλειστό κύκλωμα, που λαμβάνει χώρα κατά την ατμοπαραγωγή, αυτό της μεταφοράς και επεξεργασίας του λιγνίτη, το οποίο μαζί με τα παραπάνω κυκλώματα θα αναλυθούν ενδελεχώς στη συνέχεια.

### 6.4.1 ΚΥΚΛΩΜΑ ΝΕΡΟΥ - ΑΤΜΟΥ

#### Συμπύκνωμα

Το συμπύκνωμα που λαμβάνεται από το κύριο ψυγείο εισέρχεται στις αντλίες Α' σταδίου με παροχή 650 τόνοι την ώρα και κατευθύνεται στο ψυγείο ατμού λαβυρίνθων. Στο ψυγείο ατμού λαβυρίνθων γίνεται μια πρώτη προθέρμανση του συμπυκνώματος, εκμεταλλευόμενη τις διαφυγές ατμού από τους λαβυρίνθους. Τοιουτοτρόπως αυξάνεται η θερμοκρασία του συμπυκνώματος κατά 2 με 3°C. Στη συνέχεια, το συμπύκνωμα οδηγείται στο χημικό εργαστήριο (polishing), όπου και αποκτά τα απαραίτητα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Έπειτα από το χημικό εργαστήριο, αναρροφάται από τις αντλίες Β' σταδίου, οι οποίες το καταθλίβουν εντός των προθερμαντών, αυξάνοντας την πίεσή του στα 18bar περίπου.

#### Προθέρμανση Συμπυκνώματος

Το συμπύκνωμα μετά τις αντλίες Β' σταδίου οδηγείται στον προθερμαντή P1. Εκεί γίνεται η πρώτη προθέρμανση του νερού, χρησιμοποιώντας απομάστευση ατμού από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης. Σε περίπτωση βλάβης του προθερμαντή υπάρχει σύστημα παράκαμψης (by pass), που οδηγεί το νερό στον επόμενο προθερμαντή. Από τον προθερμαντή P1 το νερό οδηγείται στον προθερμαντή P2, όπου κι εκεί λαμβάνει χώρα μια δεύτερη προθέρμανση του νερού μέσω απομάστευσης ατμού από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης, άρα ανεβαίνει ακόμα περισσότερο η θερμοκρασία του. Σε περίπτωση βλάβης ισχύουν ό,τι και στον προθερμαντή P1. Εν συνεχεία, από τον



προθερμαντή P2 το συμπύκνωμα εισέρχεται διαδοχικά στους προθερμαντές P3 και P4, εντός των οποίων αυξάνεται περαιτέρω η θερμοκρασία του, κάνοντας χρήση του ατμού, που αυτή τη φορά απομαστεύεται από το στρόβιλο μέσης πίεσης. Σε κάθε προθερμαντή η θερμοκρασία του συμπυκνώματος αυξάνεται περίπου 30°C. Εξαιτίας της μεταφοράς θερμότητας από τον αγωγό του απομαστευμένου ατμού από τον στρόβιλο, στον αγωγό του συμπυκνώματος, ένα μέρος του ατμού υγροποιείται και μέσω του συστήματος παράκαμψης (by pass), ο υγροποιημένος αυτό ατμός κατευθύνεται στον αμέσως προηγούμενο προθερμαντή και χρησιμοποιείται ως θερμό μέσο στην εναλλαγή θερμότητας που συντελείται μέσα στον προθερμαντή. Για να γίνει κατανοητό αυτό το γεγονός επισημαίνεται πως το νερό από τον P4 προθερμαντή θα περάσει στον P3 προθερμαντή και εν συνεχεία, τα νερά των δυο αυτών προθερμαντών θα καταλήξουν στον P2 προθερμαντή. Πριν την είσοδο του νερού στον P2 υπάρχει ένα σύστημα προθέρμανσης του τροφοδοτικού νερού, όπου αξιοποιείται η θερμότητα των νερών αυτών. Τέλος, τα νερά του προθερμαντή P1 οδηγούνται στο ψυγείο.

Στη συνέχεια το συμπύκνωμα εξέρχεται από τον P4 σε θερμοκρασία περίπου 15 °C και οδηγείται στον P5 προθερμαντή, ο οποίος είναι προθερμαντής αναμειξέως ή storage από τον οποίο διαφεύγει σε θερμοκρασία 180°C. Μετά το storage το συμπύκνωμα αναρροφάται από τις τροφοδοτικές αντλίες οι οποίες αποτελούν κάποια από τα σπουδαιότερα μηχανήματα του σταθμού, καθώς αυξάνουν την πίεση του συμπυκνώματος περίπου στα 210 bar.

Από την κατάθλιψη των τροφοδοτικών αντλιών, τον τροφοδοτικό νερό οδηγείται στον προθερμαντή P6. Σε περίπτωση βλάβης του προθερμαντή υπάρχει σύστημα by pass, που οδηγεί το νερό στον επόμενο προθερμαντή όπως και στην περίπτωση των προθερμαντών 1,2,3 και 4. Μετά από τον προθερμαντή P6, το τροφοδοτικό νερό κατευθύνεται διαδοχικά στον προθερμαντή P7. Ο P7 προθερμαντής χρησιμοποιεί ως θερμό μέσο απομαστευμένο ατμό από το στρόβιλο της υψηλής πίεσης. Σε κάθε προθερμαντή η θερμοκρασία του νερού συνεχώς αυξάνεται, με αποτέλεσμα το τροφοδοτικό συμπύκνωμα μετά το πέρας των διαδοχικών διαδρομών του εντός των προθερμαντών να εξέρχεται σε θερμοκρασία περίπου 250°C και πίεση 210 bar. Με αυτά τα χαρακτηριστικά οδηγείται στον οικονομητήρα του λέβητα. Όπως και στους προηγούμενους προθερμαντές, ο ατμός που υγροποιείται από την μεταφορά θερμότητας στο εσωτερικό του προθερμαντή συγκεντρώνεται στον αμέσως προηγούμενο και όλο μαζί οδηγούνται στον απαερωτή.

Στον οικονομητήρα το συμπύκνωμα προθερμαίνεται ακόμα περισσότερο και «αγγίζει» των 330°C περίπου. Μετά την έξοδό του από τον οικονομητήρα οδηγείται εντός του αναμίκτη, συσκευή στην οποία έρχονται όλα τα υγρά του διαχωριστή. Μέσα στον διαχωριστή γίνεται φυγοκεντρικός διαχωρισμός του τροφοδοτικού νερού από τον ατμό, με αποτέλεσμα ο ατμός να οδηγείται στους υπερθερμαντές, ούτως ώστε να λάβει χώρα η υπερθέρμανση του, ενώ το νερό κατευθύνεται εκ νέου εντός του αναμίκτη, έως ότου λάβει χώρα η ατμοποίησή του. Από τον αναμίκτη το νερό μέσω φίλτρου εισέρχεται στην αντλία κυκλοφορίας λέβητα (Α.Κ.Λ.). Από την

Α.Κ.Λ. το νερό οδεύει προς τους αυλούς ανόδου, οι οποίοι ξεκινούν από το κάτω μέρος του λέβητα, σχηματίζοντας τα υδροτοιχώματα εντός των οποίων περνάει το νερό και ύστερα εισέρχεται πάλι στον διαχωριστή για την απαλλαγή του ατμού από τα σταγονίδια.

### Παραγωγή Υπερθερμου Ατμού

Στον υπερθερμαντήρα χρησιμοποιείται η θερμότητα των καυσαερίων για την υπερθέρμανση του ατμού. Ο υπερθερμαντήρας αποτελείται από δέσμες αυλών, εσωτερικά των οποίων διέρχεται ο ατμός του λέβητα και εξωτερικά τα καυσαέρια.

Η θερμοκρασία εισαγωγής στον Υ/Θ I είναι 360°C, και όπως έχει ήδη αναφερθεί ο συγκεκριμένος προθερμαντήρας αποτελείται από δύο στάδιο. Έτσι, ο ατμός πρωτίστως εισέρχεται στο ένα σκέλος Ia και μετά διαδοχικά κατευθύνεται στο άλλο σκέλος, το Ib. Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί πως οι θερμοκρασίες σ' αυτούς τους συλλέκτες είναι σχεδόν ανεξέλεγκτες, καθώς δεν υπάρχουν αφυπερθερμαντήρες όπως υπάρχουν στον Υ/Θ II. Οι αφυπερθερμαντήρες είναι συσκευές ψεκασμού νερού προς τον ατμό και λειτουργικός τους σκοπός είναι η ψύξη και κατ' επέκταση ο έλεγχος της θερμοκρασίας του. Από τη έξοδο του Υ/Θ I, αφού γίνει ψεκασμός στην είσοδό του, ο ατμός εισχωρεί στον Υ/Θ II προθερμαντή, ο οποίος ανέρχεται στο ύψος των 42 μέτρων, με θερμοκρασία 408°C. Εν συνεχεία, ο ατμός εγκαταλείπει τον Υ/Θ II προθερμαντή από τα 44 μέτρα ύψος και σε θερμοκρασία περίπου 512°C. Αφού ο ατμός υποβληθεί και πάλι σε ψεκασμό, οδηγείται στον Υ/Θ III, η είσοδος εντός του οποίου γίνεται στα 47 μέτρα και σε θερμοκρασία 498 °C, ενώ στη συνέχεια έπειτα από την υπερθέρμανση που συντελείται, εξέρχεται από αυτόν από τα 49 μέτρα και με τελική θερμοκρασία περίπου 542 °C. Με αυτήν τη θερμοκρασία ο ατμός οδηγείται στον στρόβιλο και με πίεση 171 bar.

Επομένως, αφού λάβει την άνωθεν τελική μορφή ο ατμός, δηλαδή θερμοκρασία 542°C και πίεση 171bar εξέρχεται από το χώρο του λέβητα και οδηγείται στους ατμοφράκτες. Αυτοί είναι μηχανοκίνητες βαλβίδες, οι οποίες ελέγχουν την ποσότητα του ατμού που θα εισέλθει στο στρόβιλο. Στη συνέχεια ο ατμός οδηγείται στον στρόβιλο Υψηλής Πίεσης (Υ.Π.), όπου και συντελείται η πρώτη εκτόνωση του ατμού και λαμβάνει χώρα η πρώτη μετατροπή της θερμικής του ενέργειας σε κινητική και συνεπώς η παραγωγή έργου. Μετά αυτήν την εκτόνωση, ο ατμός ονομάζεται ψυχρός ανATHERμος και έχει τα εξής χαρακτηριστικά: θερμοκρασία 340°C και πίεση 42 bar. Ο ατμός αυτός κατευθύνεται εντός του χώρου του λέβητα και πάλι και οδηγείται στους αναθερμαντές του λέβητα.

### Παραγωγή Αναθέρμου ατμού

Από την έξοδο του στρόβιλου Υψηλής Πίεσης ο ατμός εξέρχεται σε θερμοκρασία 340°C με κατεύθυνση τον αναθερμαντή I, η είσοδος του οποίου ανέρχεται στο ύψος των 62 μέτρων. Αυτός, όπως και ο Υ/Θ I, αποτελείται από δύο σκέλη, τον Α/Θ Ia και τον Α/Θ Ib. Από το συγκεκριμένο αναθερμαντή, εξέρχεται από τα 54 μέτρα και σε θερμοκρασία 444°C. Στη συνέχεια ο ατμός ψεκάζεται και εισέρχεται στον Α/Θ II, όπου η είσοδος του βρίσκεται στα 53 m, και η είσοδος του γίνεται στη θερμοκρασία των 414°C, ενώ στη συνέχεια εξέρχεται από τα 49 m και στη θερμοκρασία των 542°C, η οποία είναι και η θερμοκρασία με την οποία ο ατμός εισέρχεται στο στρόβιλο Μέσης Πίεσης. Στον στρόβιλο Μέσης Πίεσης συντελείται η πρώτη εκτόνωση του θερμού ανάθερμου, ο οποίος στη συνέχεια διέρχεται απευθείας στον στρόβιλο Χαμηλής Πίεσης και αφού έχει προσδώσει όλο του το έργο καταλήγει στο κύριο ψυγείο.

### Συμπύκνωση Ατμού

Μετά την εκτόνωση του ατμού στο στρόβιλο Μέσης Πίεσης και Χαμηλής Πίεσης, ο ατμός οδηγείται στο κύριο ψυγείο, όπου και γίνεται η συμπύκνωσή του. Με τη βοήθεια του ψυκτικού νερού από τον πύργο ψύξης, που διέρχεται μέσα από τους αυλούς του ψυγείου, πραγματοποιείται η συμπύκνωση του ατμού το οποίο στην συνέχεια με υγρή πλέον μορφή οδηγείται στις αντλίες Α σταδίου.

## **6.4.2 ΚΥΚΛΩΜΑ ΝΕΡΟΥ ΨΥΞΗΣ**

Το κύκλωμα νερού ψύξης αποτελεί από ένα κλειστό σύστημα και ανεξάρτητο από τον κύκλο νερού-ατμού. Το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται στο κύριο ψυγείο λαμβάνεται από τη λεκάνη του πύργου ψύξεως. Αυτό το ψυκτικό νερό αναρροφάται μέσω των αντλιών κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού και στέλνεται στο κύριο ψυγείο σε θερμοκρασία 22°C περίπου. Με τη βοήθεια του ψυκτικού υγρού γίνεται η συμπύκνωση του ατμού και αφού επιτελέσει το έργο του, επιστρέφει στον πύργο ψύξεως σε θερμοκρασία περίπου 35°C, το οποίο εν τέλει ψύχεται με την διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω.

### Λειτουργία Πύργου Ψύξης

Ο πύργος ψύξεως παραλαμβάνει και διοχετεύει στην ατμόσφαιρα όλη την ποσότητα θερμότητας που αποβάλλει ο ατμός κατά την συμπύκνωσή του. Έτσι, το ψυκτικό νερό του ψυγείου ανακυκλώνεται συνεχώς. Ο πύργος ψύξεως λειτουργεί σαν μεταλλάκτης νερού-αέρα, από όπου αποβάλλεται στο περιβάλλον η θερμότητα η

οποία έχει μεταφερθεί στο ψυκτικό μέσω της συμπύκνωσης του ατμού στο ψυγείο. Το σύστημα ψύξεως είναι ανοιχτό με ψυκτικό μέσο αποσκληρυμένο νερό που ψύχεται σε πύργο ψύξεως φυσικής κυκλοφορίας.

Στο ανοιχτό σύστημα πύργου ψύξεως, το νερό σε 35°C αντλείται προς την κορυφή του πύργου και από ύψος 18 μέτρων μέσω διάτρητων αυλακίων με τη μορφή σταγονιδίων και έτσι ψύχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα που έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από το νερό. Η παραλαβή θερμότητας από τον αέρα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του και τη δημιουργία ενός ανοδικού ρεύματος αέρα μέσα στον πύργο ψύξεως. Το νερό αφού πλέον έχει ψυχθεί, συγκεντρώνεται στη λεκάνη του πύργου ψύξεως και σε θερμοκρασία πλέον 22°C περίπου μεταφέρεται με αγωγό στο κύριο ψυγείο, για να ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία του κυκλώματος ψύξης.

#### **Αντλίες κυκλοφορίας ψυκτικού νερού**

Είναι υπεύθυνες για την κυκλοφορία του ψυκτικού νερού μέσα στον συμπυκνωτή της μονάδας. Η παροχή του ψυκτικού νερού καθορίζεται από το νερό που απαιτείται για την συμπύκνωση του ατμού που εξέρχεται από τον στρόβιλο.

### **6.4.3 ΔΙΚΤΥΟ ΑΕΡΑ – ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ**

Τα προϊόντα της καύσης είναι η παραγωγή καυσαερίων τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 300°C. Με σκοπό να αξιοποιηθεί η θερμότητα αυτή, τα καυσαέρια εισέρχονται σε ένα δίκτυο για την θέρμανση του αέρα που χρησιμοποιείται για την ορθή περάτωση της καύσεως εντός της εστίας, πριν την απελευθέρωσή τους στην ατμόσφαιρα.

Τα εκ της καύσης προερχόμενα καυσαέρια αναρροφούνται από τους ανεμιστήρες αναρρόφησης καυσαερίων. Από εκεί οδηγούνται στους προθερμαντές αέρα, τα επονομαζόμενα LUVO, και εντός αυτών, προθερμαίνουν τον αέρα ο οποίος αναρροφάται από το περιβάλλον με τους ανεμιστήρες κατάθλιψης αέρα. Αφού λοιπόν ο αέρας θερμανθεί, εισέρχεται στην εστία για να υποβοηθήσει την καύση σε θερμοκρασία περίπου 280°C.

Τα καυσαέρια αφού προθερμάνουν τον αέρα καύσης διέρχονται μέσα από Ηλεκτροστατικά Φίλτρα, τα οποία κατακρατούν την ιπτάμενη τέφρα. Με αυτόν τον τρόπο φιλτράρεται μεγάλο μέρος των καυσαερίων, ώστε να επιτευχθεί το ελάχιστο δυνατό αντίκτυπο στο περιβάλλον της περιοχής.

Τέλος, αφού τα καυσαέρια φιλτραριστούν στα ηλεκτροστατικά φίλτρα οδηγούνται στην καπνοδόχο απ' όπου και απελευθερώνονται τελικά στην ατμόσφαιρα, σε θερμοκρασία περίπου 160°C.

#### **6.4.4 ΔΙΚΤΥΟ ΛΙΓΝΙΤΗ**

##### **Παραλαβή και Διακίνηση**

Ο λιγνίτης φτάνει στο Σταθμό από τα ορυχεία, όπου γίνεται η εξόρυξή του, είτε με φορτηγά οχήματα είτε με ταινιόδρομους, όπου παραλαμβάνεται από αυτόματους μηχανισμούς λήψης και απόθεσης. Καθένα από αυτούς είναι δυναμικότητας 3000 τόνους την ώρα και έχει τη δυνατότητα να αποθέτει ή/και να προωθεί όλη ή μέρος της ποσότητας του λιγνίτη στην Αυλή Λιγνίτη.

Ο λιγνίτης προωθείται με μεταφορικές ταινίες από την αυλή και οδηγείται στη Μονάδα Πρόθραυσης, όπου σπαστήρες τύπου μύλοι με σφυριά, τον θρυμματίζουν σε τεμάχια διαστάσεων κάτω των 40 χιλιοστά. Ο θρυμματισμένος πλέον λιγνίτης οδηγείται με ταινίες εντός των μονάδων παραγωγής και εναποτίθεται στα σιλό των λεβήτων.

##### **Καύση Λιγνίτη**

Από τα σιλό αποθήκευσης, ο λιγνίτης οδηγείται με κλειστούς μεταλλικούς τροφοδότες στους μύλους των λεβήτων. Οι μύλοι κάθε μονάδας είναι οκτώ, έχουν σχεδιαστεί ειδικά για το λιγνίτη της περιοχής και έχουν σκοπό να αλέθουν, να ξηραίνουν το υλικό και συγχρόνως να το προωθούν στην εστία του λέβητα. Η άλεση πραγματοποιείται με τη βοήθεια θερμών καυσαερίων, που αναρροφώνται από τον χώρο της εστίας και μειώνουν την υγρασία του λιγνίτη, που αλέθεται.

Στην εστία του λέβητα ο λιγνίτης καίγεται σε θερμοκρασία περίπου 1000°C και αποδίδει τη θερμότητα καύσης του, η οποία μεταδίδεται στην συνέχεια στους εναλλάκτες νερού-ατμού για την παραγωγή ατμού υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης μέσω των παραγόμενων καυσαερίων.

Τα προϊόντα της καύσης είναι τα καυσαέρια τα οποία εξέρχονται από το πάνω μέρος του λέβητα και η υγρή τέφρα μαζί με ένα με μικρό ποσοστό λιγνίτη, που δεν έχει καεί. Τα στερεά προϊόντα, δηλαδή η στερεά τέφρα και ο άκαυστος λιγνίτης συγκεντρώνονται στο κάτω μέρος του λέβητα, εντός της τεφρολεκάνης. Η υγρή τέφρα παραλαμβάνεται από τις τεφρολεκάνες των λεβήτων με ταινιόδρομους, μεταφέρεται σε σιλό και από εκεί εκφορτώνεται στα σημεία εναπόθεσης στα ορυχεία.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GATECYCLE**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράφηκαν ενδελεχώς τα αποτελούμενα μέρη μιας λιγνιτικής ατμοηλεκτρικής μονάδας και οι βασικοί κύκλοι λειτουργίας αυτής. Αναγκαία πτυχή της παρούσας διπλωματικής εργασίας για την εξαγωγή αποτελεσμάτων είναι η ακριβής προσομοίωση του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, δηλαδή η προσομοίωση όλων των παραπάνω στοιχείων που αναφέρθηκαν βάσει πραγματικών δεδομένων, που λήφθηκαν από τη ΔΕΗ. Η διεξαγωγή της προσομοίωσης επιτεύχθηκε με το Gatecycle 6.00 πρόγραμμα της General Electric.

#### **7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ Gatecycle 6.00**

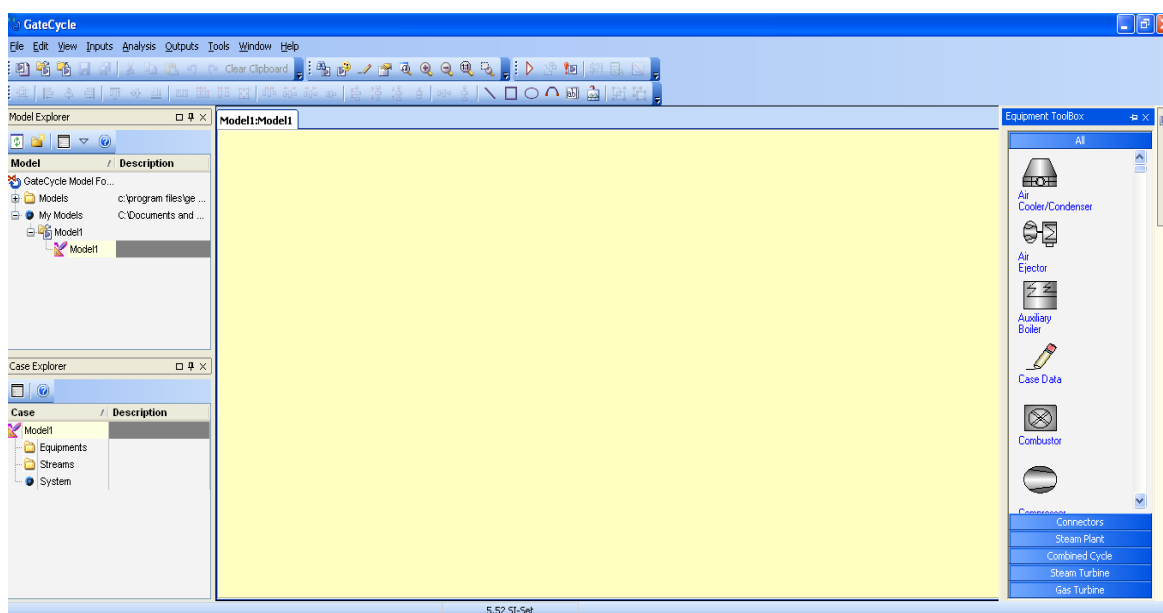
Το GateCycle 6.00 πρόγραμμα, πρόκειται για ένα λογισμικό το οποίο δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να αναλύει και να προσομοιώνει μοντέλα σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το λογισμικό αυτό έχει σχεδιαστεί ειδικά για να βοηθήσει τη σχεδίαση και την ανάλυση σταθμών ηλεκτροπαραγωγής διαφόρων ορυκτών καυσίμων, είτε για περιπτώσεις που πρόκειται για έναν απλό ατμοηλεκτρικό σταθμό παραγωγής, είτε για περιπτώσεις που περιλαμβάνουν μία μονάδα παραγωγής συνδυασμένου κύκλου. Με αυτό το λογισμικό, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να μελετήσει θερμικούς κύκλους και να πειραματιστεί πάνω σε μοντέλα θεωρητικών αλλά και πολύπλοκων υπαρκτών σταθμών παραγωγής, επιτυγχάνοντας ταχείς προσεγγίσεις, λεπτομερείς εκτιμήσεις και αναλυτικό σχεδιασμό των μοντέλων.

Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι ένα καλαίσθητο γραφικό περιβάλλον, το οποίο διαθέτει αναλυτικούς αλγόριθμους πάνω στη θερμοδυναμική, στη μετάδοση θερμότητας, στη μηχανική ρευστών και μαζί με τις προηγμένες δυνατότητες μακρο-εντολών που διαθέτει επιτρέπει τη μοντελοποίηση σχεδόν οποιουδήποτε τύπου συστήματος.

Σε αυτό το σημείο, είναι καλό να αναφερθεί πως το λογισμικό αυτό είναι προϊόν της General Electric και χρησιμοποιείται από εκατοντάδες αρχιτέκτονες και μηχανικούς εργοστασίων ηλεκτροπαραγωγής σε όλο τον κόσμο, λόγω της ικανότητά του να μοντελοποιεί πολύπλοκα και σύγχρονα εργοστάσια με ακρίβεια και ταχύτητα.

## 7.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΡΟΠΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

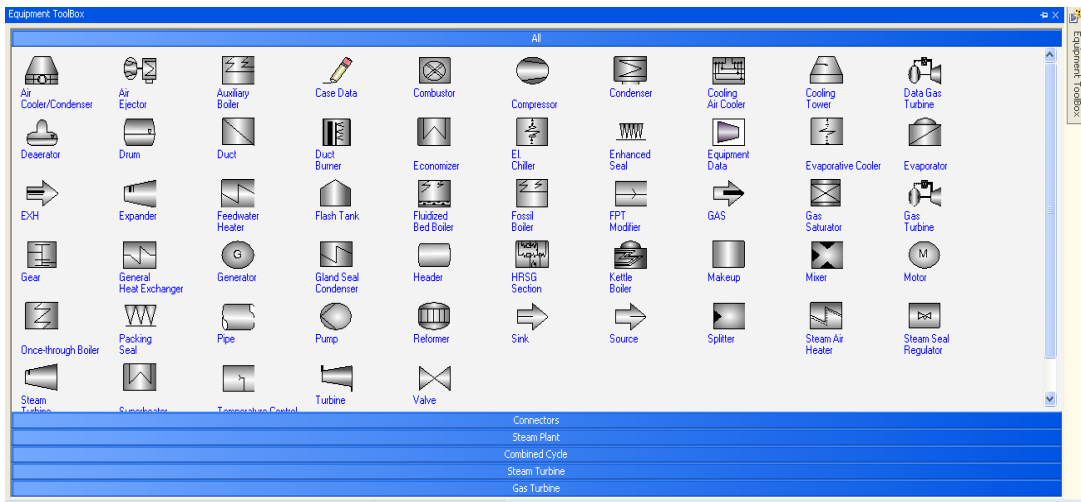
Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης του υπό μελέτη ατμοηλεκτρικού σταθμού, χρησιμοποιήθηκε, λόγω της απλότητας του στην σχεδίαση και τη μοντελοποίηση, το λογισμικό προσομοίωσης GateCycle 6.00. Ένα μοντέλο του Gatecycle ουσιαστικά απεικονίζει διαγραμματικά ένα κύκλο ισχύος, το οποίο σχεδιάζεται από τον χρήστη σε μια επιφάνεια σχεδίασης. Το κάθε τμήμα του σταθμού (στρόβιλοι, συμπυκνωτές, κτλ) αντιστοιχεί σε ένα εικονίδιο στην επιφάνεια σχεδίασης. Στη δεξιά πλευρά της οθόνης υπάρχει μια βιβλιοθήκη εξαρτημάτων από την οποία ο σχεδιαστής επιλέγει το εικονίδιο που αντιστοιχεί στον εξοπλισμό που επιθυμεί να τοποθετήσει στην επιφάνεια σχεδίασης.



ΣΧΗΜΑ 56: ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΤΟΥ GATECYCL (Πηγή: GateCycle™)

Το λογισμικό διαθέτει πληθώρα στοιχείων εξοπλισμού, τα οποία προσομοιώνουν οποιαδήποτε συνιστώσα ενός σταθμού είτε πρόκειται για απλό είτε για συνδυασμένο κύκλο. Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζονται όλα τα στοιχεία που διαθέτει η βιβλιοθήκη του Gatecycle.

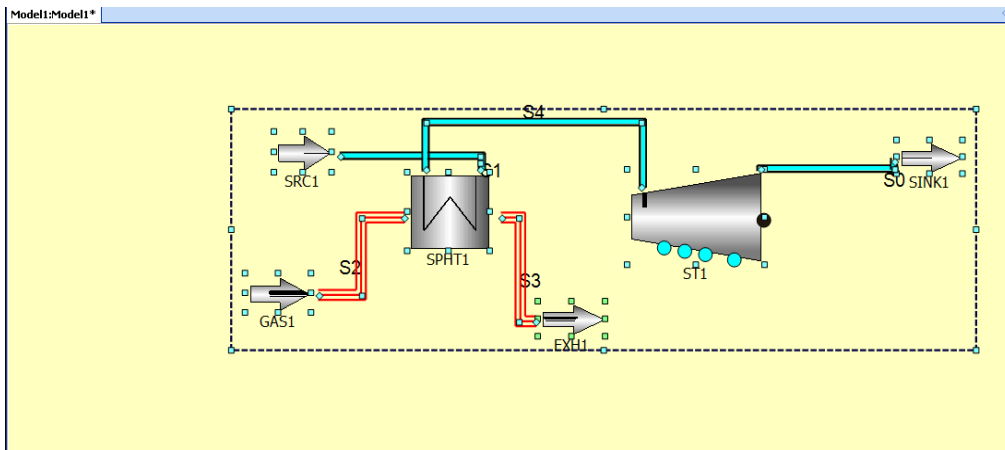




ΣΧΗΜΑ 17: ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (Πηγή : GateCycle™)

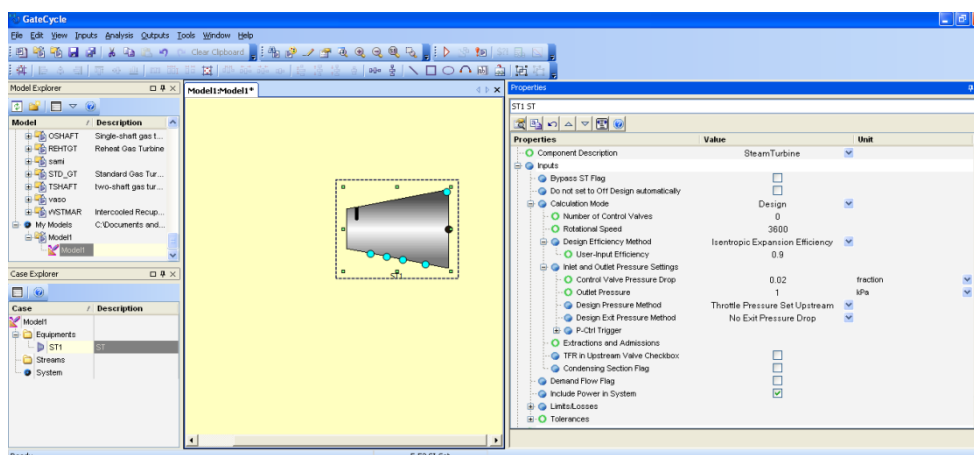
Ο σχεδιασμός γίνεται επιλέγοντας τα επιθυμητά στοιχεία από τη βιβλιοθήκη στοιχείων εξοπλισμού του λογισμικού (equipment toolbox) και κάνοντας τις κατάλληλες συνδέσεις μεταξύ τους. Ο χρήστης επιλέγει και διαχειρίζεται τη σύνδεση των στοιχείων εξοπλισμού που επιθυμεί, αρκεί να μην υπάρχουν συνδέσεις που έρχονται σε αντίθεση με βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το λογισμικό προειδοποιεί τον χρήστη και ουσιαστικά καθ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ύπαρξη λάθος συνδέσεων.

Όταν ο χρήστης τοποθετεί ένα στοιχείο στην επιφάνεια σχεδίασης αυτόματα το εικονίδιο εμφανίζει κάποιες κουκίδες, οι οποίες αποτελούν και τα σημεία σύνδεσής του. Οι κόκκινες κουκίδες αφορούν αέριες μάζες, καυσαέριο ή και καύσιμο, ενώ οι μπλε κουκίδες αναφέρονται στο νερό ή τον ατμό και τέλος οι μαύρες κουκίδες αντιπροσωπεύουν μηχανικές συνδέσεις. Ακολουθώντας, απεικονίζεται μια στοιχειώδης διάταξη στροβίλου με ένα προθερμαντή καυσαερίων ώστε να γίνει ευκολότερα κατανοητός ο τρόπος σύνδεσης των στοιχείων κατά τη σχεδίαση ενός κύκλου.



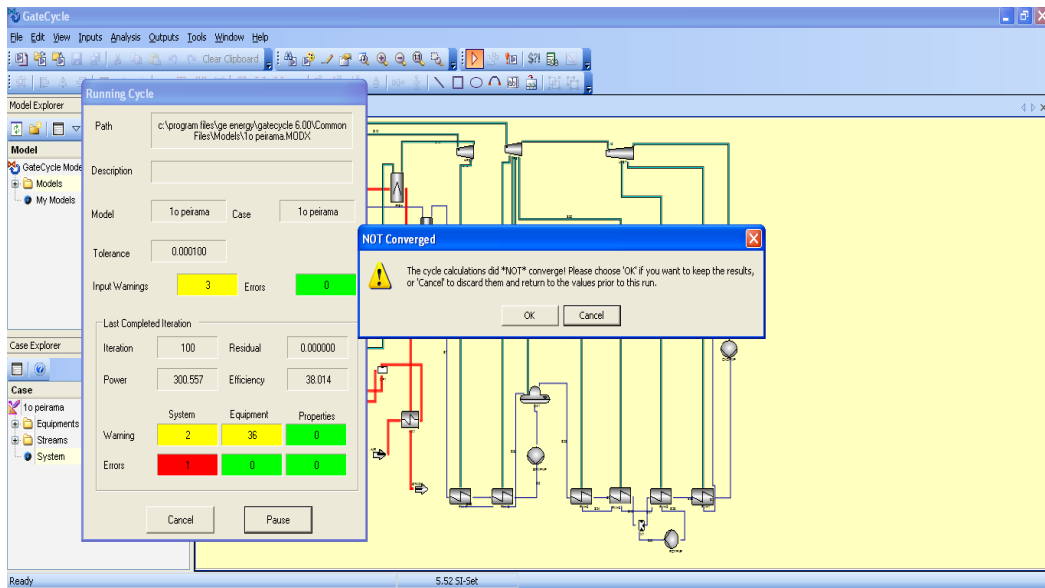
ΣΧΗΜΑ 68: ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ - ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗ (Πηγή: GateCycle™)

Αφού τοποθετηθούν οι επιθυμητές συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης, τότε ο σχεδιαστής καλείται να εισάγει κάποιες απαραίτητες πληροφορίες που περιγράφουν τη λειτουργία του στοιχείου, ώστε να μπορέσει το λογισμικό στη συνέχεια να υπολογίσει τα υπόλοιπα μεγέθη. Η εισαγωγή αυτών των τιμών λειτουργίας γίνεται μέσω ενός παραθύρου (properties window) που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο στοιχείο, το οποίο «ανοίγει» αυτόματα όταν γίνεται διπλό κλικ πάνω στο αντίστοιχο εικονίδιο. Στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται το παράθυρο εισαγωγής των απαραίτητων τιμών για ένα ατμοστρόβιλο.



ΣΧΗΜΑ 79: ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΓΙΑ ΕΝΑΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟ (Πηγή: GateCycle™)

Εφόσον τοποθετηθούν τα επιθυμητά στοιχεία και πραγματοποιηθεί η κατάλληλη σύνδεση μεταξύ τους αλλά και η εισαγωγή των απαραίτητων τιμών, είναι δυνατή η προσομοίωση του σταθμού. Αυτό γίνεται πατώντας το ειδικό κουμπί προσομοίωσης που βρίσκεται στην γραμμή εργαλείων. Πατώντας το εικονίδιο προσομοίωσης, το λογισμικό αυτόματα ελέγχει τις συνδέσεις και τα δεδομένα των στοιχείων εξοπλισμού που έχουν εισαχθεί. Εάν το μοντέλο που σχεδιάστηκε παρουσιάζει σφάλμα είτε στην σύνδεση είτε στην έλλειψη κάποιων απαραίτητων τιμών, η προσομοίωση διακόπτεται εμφανίζοντας τα σφάλματα και τις προειδοποιήσεις του συστήματος. Το παράθυρο κατάστασης σύγκλισης ενός τυχαίου σχεδιαζόμενου μοντέλου εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα.



ΣΧΗΜΑ 208: ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ ΕΝΟΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (Πηγή: GateCycle™)

Αρχικά, το GateCycle αναλύει τις πληροφορίες των συνδεδεμένων στοιχείων για να καθορίσει με ποιά σειρά μετέχουν στους υπολογισμούς τα στοιχεία εξοπλισμού. Έπειτα, το λογισμικό προχωράει στην ανάλυση της λειτουργίας του κάθε στοιχείου εξοπλισμού εξάγοντας τα απαραίτητα αποτελέσματα, τα οποία με την σειρά τους διοχετεύονται στα υπόλοιπα στοιχεία, μεταξύ των οποίων υπάρχει άμεση σύνδεση. Μια επανάληψη για το σύστημα ολοκληρώνεται όταν όλα τα στοιχεία εξοπλισμού έχουν αναλυθεί. Επίσης, σε κάθε επανάληψη ελέγχεται η τήρηση του ισοζυγίου μάζας και ενέργειας του τρέχοντος συστήματος. Τα αποτελέσματα από κάθε στοιχείο εξοπλισμού πρέπει να προσεγγίζουν τα αποτελέσματα της προηγούμενης επανάληψης με κάποια ανοχή που επιλέγεται από το χρήστη.

Για την ευκολότερη προσομοίωση ενός σταθμού συνίσταται να προσθέτονται λίγα στοιχεία κάθε φορά, επιδιώκοντας με το κάθε “τρέξιμο” του λογισμικού την σύγκλιση του. Εάν κατά τη σχεδίαση τοποθετηθούν και εισαχθούν ταυτόχρονα όλα τα απαραίτητα στοιχεία υπάρχει μεγάλος κίνδυνος η προσομοίωση όχι μόνο να μην συγκλίνει, αλλά και να εμφανίσει πολλά σφάλματα, που είναι εξαιρετικά δύσκολο να αναλυθούν και να διορθωθούν. Η διαδικασία με την οποία ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τις απαραίτητες μεταβλητές ώστε να επιτευχθεί σύγκλιση του σχεδιαζόμενου σταθμού είναι αρκετά δύσκολη, καθώς απαιτεί εμπειρία αλλά και αρκετή εξοικείωση με το λογισμικό και τον τρόπο λειτουργίας αυτού. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το λογισμικό, για βοήθεια προς τον χρήστη, δημιουργεί αρχείο σφαλμάτων κάθε φορά που διεξάγεται ένας κύκλος προσομοίωσης, ώστε να είναι δυνατή η εύρεση και επίλυσή τους όμως, τα σφάλματα που εμφανίζονται συνήθως είναι αλυσιδωτά με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η εύρεση της αιτίας, στις περιπτώσεις που δεν επιτυγχάνεται η σύγκλιση.

Στις περιπτώσεις, όμως, που έχει επιτευχθεί η σύγκλιση του σχεδιαζόμενου μοντέλου, το λογισμικό έχει ολοκληρώσει την ανάλυσή του εξάγοντας τα αποτελέσματα. Κάποιες από τις πιο σημαντικές πληροφορίες που παρέχει το Gatecycle είναι η παροχή, η πίεση, η θερμοκρασία και η ενθαλπία κάθε ροής ξεχωριστά για όλα τα στοιχεία εξοπλισμού που εμφανίζονται, καθώς επίσης και άλλα χαρακτηριστικά μεγέθη των στοιχείων. Επίσης, υπολογίζεται ο βαθμός απόδοσης και η ολική ωφέλιμη ισχύς που παράγεται από τον εξεταζόμενο κύκλο. Όλα αυτά τα αποτελέσματα και ακόμα περισσότερα μπορούν να εμφανιστούν με την μορφή πινάκων, μέσω των αρχείων αποτελεσμάτων που δημιουργεί το λογισμικό, για την διευκόλυνση του χρήστη.

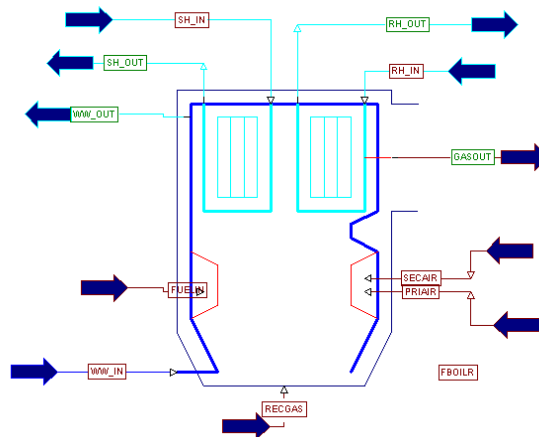
## 7.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΟΥ Gatecycle

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των στοιχείων εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό ακολουθεί μια μικρή ανάλυση του τρόπου λειτουργίας του κάθε εικονιδίου. Επειδή, τα στοιχεία του εξοπλισμού είναι αρκετά, η παρακάτω ανάλυση επικεντρώνεται στα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν στη ακόλουθη προσομοίωση ώστε να γίνει περισσότερο κατανοητή.

Στη συνέχεια, αναφέρονται όλα τα στοιχεία εξοπλισμού τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις, συνοδευόμενα από τις κωδικές ονομασίες τους στο λογισμικό, αναλύοντας παράλληλα τις βασικές μεταβλητές που διέπουν τη λειτουργίας τους.

### 7.3.1 ΛΕΒΗΤΑΣ (FOSSIL BOILER)

Με τη βοήθεια του στοιχείου αυτού είναι δυνατή η σχεδίαση και ανάλυση του λέβητα. Η θερμότητα που απελευθερώνεται από την καύση μεταφέρεται, μέσω των καυσαερίων, στο κορεσμένο νερό με σκοπό την υπερθέρμανσή του. Το συγκεκριμένο εικονίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ρεύματα καυσίμου που αποτελούνται από γαιάνθρακες, πετρέλαιο, αέρια ακόμα και μίγματα καυσίμου. Όμως, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για οποιοδήποτε άλλο στερεό καύσιμο εισάγοντας την στοιχειακή του ανάλυση.



ΣΧΗΜΑ 21: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Το εικονίδιο αυτό διαθέτει έντεκα θύρες εισόδου και εξόδου. Από αυτές απαραίτητες για την λειτουργία του είναι η πρώτη αλλά και η δευτερεύουσα είσοδος

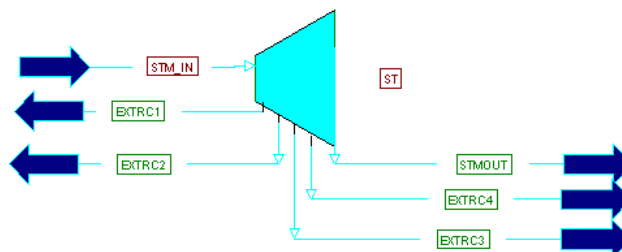
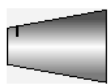
του αέρα καθώς επίσης και η έξοδος των καυσαερίων. Οι υπόλοιπες θύρες είναι προαιρετικές και βοηθούν στην βέλτιστη σχεδίαση ενός σταθμού.

Επομένως, για να οριστεί η επιθυμητή λειτουργία του εικονιδίου θα πρέπει να οριστούν:

1. η παροχή καυσίμου ή η θερμική ισχύ του λέβητα
2. το είδος του καυσίμου με το οποίο γίνεται η καύση καθώς και τη χημική τού σύσταση
3. η περίσσεια αέρα με την οποία λειτουργεί
4. η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων

### 7.3.2 ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ (STEAM TURBINE)

Στον ατμοστρόβιλο εισέρχεται ατμός σε μεγάλη θερμοκρασία και πίεση και εξέρχεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση αποδίδοντας έργο. Είναι πιθανό να υπάρχουν απομαστεύσεις ατμού, κι έτσι να απομακρύνεται μέρος της συνολικής ποσότητας ατμού προτού αυτός εκτονωθεί πλήρως.



ΣΧΗΜΑ 92: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

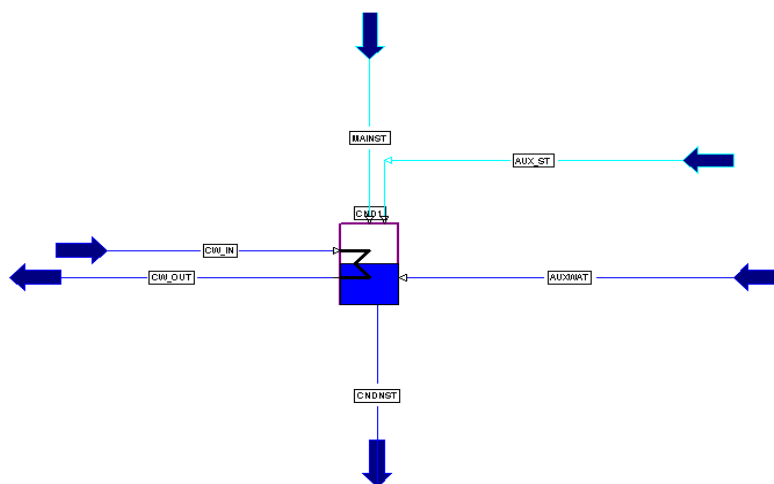
Το εικονίδιο του ατμοστρόβιλου έχει οχτώ θύρες από τις οποίες απαραίτητες για τη σωστή λειτουργία του είναι η είσοδος και η έξοδος του ατμού. Στις υπόλοιπες περιλαμβάνονται οι θύρες των απομαστεύσεων, καθώς επίσης και του μηχανικού άξονα περιστροφής του, οι οποίες είναι προαιρετικές.

Για την σωστή προσομοίωση του ατμοστρόβιλου οι τιμές που πρέπει να εισαχθούν είναι:

1. ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης του στροβίλου ή οι ενθαλπίες των απομαστεύσεων
2. η πίεση της ρυθμιστικής βαλβίδας στην είσοδο
3. η πίεση του ατμού στην έξοδο του στροβίλου

### 7.3.3 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ (CONDENSER)

Ο συμπυκνωτής αναλαμβάνει την συμπύκνωση του ατμού από την έξοδο του ατμοστροβίλου.



ΣΧΗΜΑ 103: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Ο συμπυκνωτής διαθέτει έξι θύρες ροών από τις οποίες απαραίτητες για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης είναι η είσοδος του ατμού και η έξοδος του συμπυκνώματος.

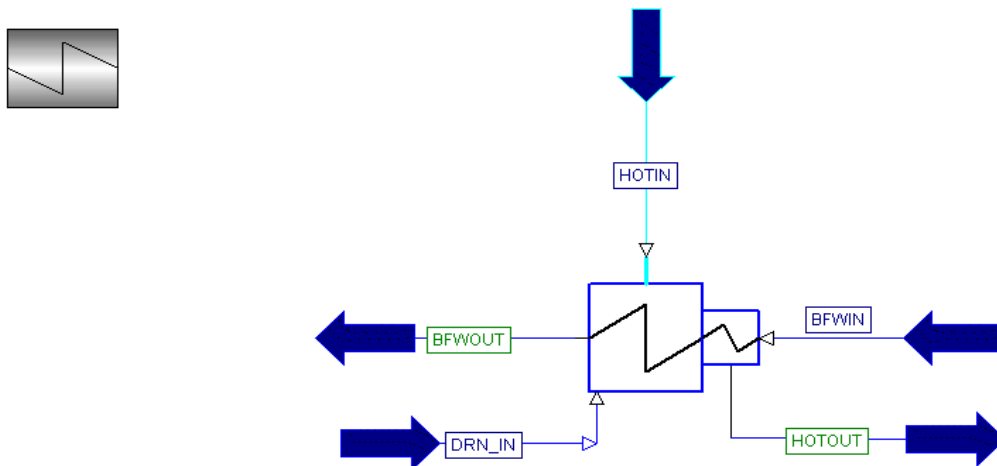
Η πίεση που επικρατεί στον συμπυκνωτή εξαρτάται από την θερμοκρασία του ψυκτικού νερού. Συγκεκριμένα για την λειτουργία του συμπυκνωτή είναι απαραίτητο να καθοριστεί η θερμοκρασιακή ανύψωση του ψυκτικού νερού, ή η παροχή του ψυκτικού νερού (έχοντας ως δεδομένο την θερμοκρασία εισόδου του).

Συνεπώς, απαραίτητα στοιχεία για να καθοριστεί πλήρως ο συμπυκνωτής είναι:

1. η πίεση που επικρατεί στο ψυγείο ή η θερμοκρασιακή διαφορά συμπυκνώματος και εισόδου ψυκτικού.
2. η θερμοκρασιακή ανύψωση του ψυκτικού νερού

### 7.3.4 ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΑΤΜΟ (FEEDWATER HEATER)

Κατά τη λειτουργία του προθερμαντή νερού με ατμό, ο χρησιμοποιούμενος ατμός που εισέρχεται, λαμβάνεται συνήθως από κάποια απομάστευση ενός στροβίλου με συγκεκριμένη πίεση και θερμοκρασία, και αφού επιτελέσει το έργο του, που δεν είναι άλλο από τη θέρμανση του ψυχρού ρεύματος νερού, συμπυκνώνεται. Ο συμπυκνωμένος ατμός είναι δυνατόν εν συνεχεία να υποψυχθεί.



ΣΧΗΜΑ 114: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗ ΜΕ ΑΤΜΟ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

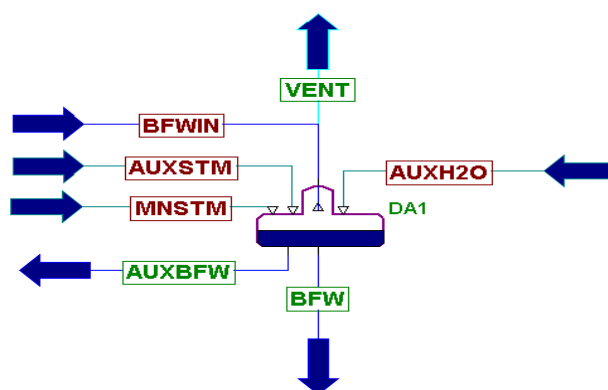
Ο άνωθεν προθερμαντής διαθέτει έξι θύρες σύνδεσης από τις οποίες, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό από τον τρόπο λειτουργίας του, σημαντικές είναι από τη μία η είσοδος και η έξοδος του ψυχρού τροφοδοτικού νερού, κι από την άλλη η είσοδος του ατμού και η έξοδος του νερού που συμπυκνώνεται κατά την εναλλαγή της θερμότητας των δυο ρευμάτων. Η αποδιδόμενη θερμότητα οφείλεται στην ψύξη του υπέρθερμου ατμού μέχρι το σημείο κορεσμού, τη συμπύκνωση του ατμού και, ενδεχομένως, την υπόψυξη του συμπυκνώματος. Για την λειτουργία του πρέπει να οριστεί το αν θα γίνει υπόψυξη του συμπυκνώματος και οι παρακάτω μεταβλητές:

1. η παροχή του ατμού που εισέρχεται και συμπυκνώνεται (διατηρώντας το ισοζύγιο μάζας)
2. η τελική θερμοκρασιακή διαφορά που δηλώνει την διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του θερμαινόμενου ρεύματος από την θερμοκρασία συμπύκνωσης του ατμού στην συγκεκριμένη πίεση
3. η πτώση πίεσης, αν υπάρχει, και για τα δυο ρεύματα
4. στην περίπτωση υπόψυξης, πρέπει να οριστεί και η θερμοκρασία προσέγγισης (drain cooler approach) προκειμένου να εκτιμηθεί μέχρι ποιά θερμοκρασία θα υποψυχθεί το συμπύκνωμα.



### 7.3.5 ΑΠΑΕΡΙΩΤΗΣ (DEAERATOR)

Ο απαεριωτής ή αλλιώς τροφοδοτική δεξαμενή, είναι ένας ανοιχτού τύπου εναλλάκτης θερμότητας, όπου το τροφοδοτικό νερό όχι μόνο θερμαίνεται, αλλά γίνεται και η απαερίωση του, γεγονός που σημαίνει πως γίνεται η αποδέσμευση του οξυγόνου και η απομάκρυνση των διαλυμένων αερίων, που εμπεριέχονται στο νερό και μπορούν να οδηγήσουν σε φαινόμενα διάβρωσης.



ΣΧΗΜΑ 125: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΑΠΑΕΡΙΩΤΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

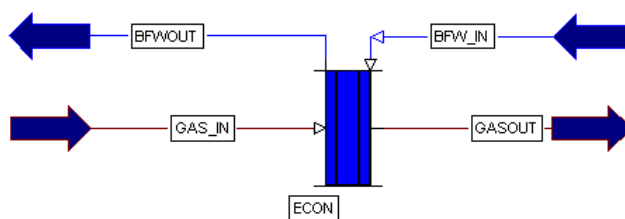
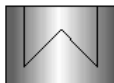
Ο απαεριωτής έχει έξι σημεία εισόδου και εξόδου εκ των οποίων τα βασικά είναι η είσοδος και έξοδος του τροφοδοτικού νερού, όπως και η είσοδος και έξοδος του ατμού για την προθέρμανση. Στον απαεριωτή επιδιώκεται η θέρμανση του νερού ως την κατάσταση κορεσμού. Στο GateCycle σε περίπτωση που ο ατμός δεν επαρκεί για την θέρμανση τότε το νερό υποψύχεται. Στην περίπτωση που ο ατμός είναι παραπάνω από τον απαιτούμενο, τότε, ο σχηματιζόμενος ατμός απορρίπτεται και έτσι μένει στον απαεριωτή μόνο κορεσμένο νερό.

Για την σωστή λειτουργία του θα πρέπει να οριστεί από τον χρήστη ένα από τα ακόλουθα στοιχεία:

1. η πίεση με την οποία λειτουργεί ο απαεριωτής
2. η παροχή ατμού που εισέρχεται (έχοντας ως δεδομένη την πίεση λειτουργίας του)

### 7.3.6 ΟΙΚΟΝΟΜΗΤΗΡΑΣ (ECONOMIZER)

Ο οικονομητήρας, όπως έχει προαναφερθεί, είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας όπου το κορεσμένο τροφοδοτικό νερό θερμαίνεται σε θερμοκρασία μικρότερη αυτής του βρασμού του, μέσω θερμών αέριων ρευμάτων τα οποία συνήθως είναι καυσαέρια.



ΣΧΗΜΑ 136: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΟΙΚΟΝΟΜΗΤΗΡΑ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

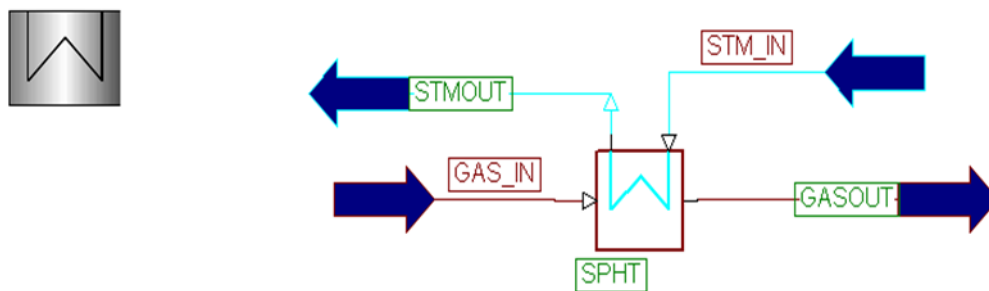
Ο οικονομητήρας διαθέτει τέσσερις θύρες, οι οποίες κατανέμονται στην είσοδο και έξοδο τόσο του τροφοδοτικού νερού, όσο και του θερμού ρεύματος αερίων. Τα σημεία σύνδεσης του στοιχείου αυτού είναι απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία του σχεδιαζόμενου μοντέλου.

Επομένως, για να οριστεί η εναλλαγή θερμότητας πρέπει να οριστεί ένα από τα ακόλουθα:

1. η θερμοκρασία εξόδου του νερού
2. η θερμοκρασία εξόδου του καυσαερίου
3. η θερμοκρασία εξόδου του νερού κάτω από τον κορεσμό στην αντίστοιχη πίεση
4. η θερμοκρασία προσέγγισης που δηλώνει την διαφορά θερμοκρασίας εισόδου του καυσαερίου και εξόδου του νερού
5. η αποδοτικότητα του εναλλάκτη
6. η επιφάνεια του εναλλάκτη

### 7.3.7 ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΤΗΣ (SUPERHEATER)

Ο υπερθερμαντής λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως ο οικονομητήρας που αναλύθηκε παραπάνω. Δηλαδή, πρόκειται για έναν εναλλάκτη θερμότητας με την διαφορά ότι τα θερμά αέρια ρεύματα προσδίδουν θερμότητα στον διερχόμενο ατμό για να υπερθερμανθεί πάνω από την θερμοκρασία κορεσμού.



ΣΧΗΜΑ 147: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΤΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ  
(Πηγή: GateCycle™)

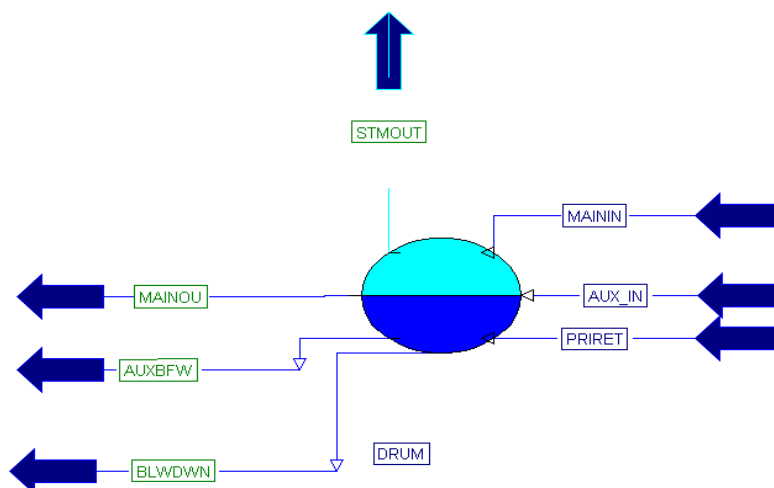
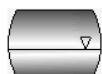
Όπως και στον οικονομητήρα έτσι και εδώ υπάρχουν τέσσερις θύρες ροών, η σύνδεση των οποίων είναι απαραίτητη για την λειτουργία του υπερθερμαντή.

Για την λειτουργία του πρέπει να οριστεί ένα από τα παρακάτω μεγέθη:

1. η θερμοκρασία εξόδου του ατμού
2. η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων
3. η θερμοκρασία προσέγγισης, που δηλώνει την διαφορά θερμοκρασίας εισόδου του καυσαερίου και εξόδου του ατμού
4. η θερμοκρασία υπερθέρμανσης που δηλώνει την θερμοκρασία του ατμού πάνω από την θερμοκρασία κορεσμού, για την συγκεκριμένη πίεση
5. η απόδοση του υπερθερμαντή
6. η επιφάνεια του υπερθερμαντή

### 7.3.8 ΤΥΜΠΑΝΟ (DRUM)

Στο τύμπανο δεν πραγματοποιείται εναλλαγή θερμότητας, απλά αντισταθμίζεται ο παραγόμενος ατμός, ο οποίος συνήθως έρχεται από τον λέβητα, μέσω του τροφοδοτικού νερού διατηρώντας έτσι σταθερό το ισοζύγιο μάζας .



ΣΧΗΜΑ 158: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΥΜΠΑΝΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

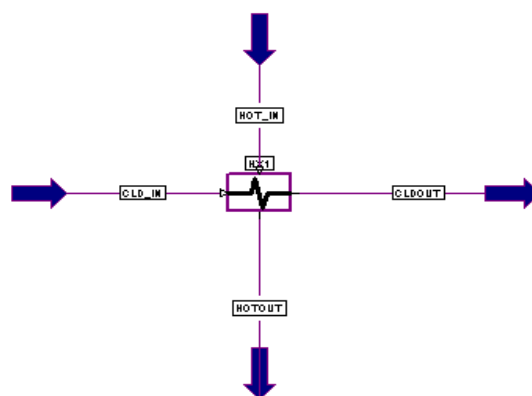
Το τύμπανο διαθέτει συνολικά επτά θύρες εισαγωγής και εξαγωγής ρευστών. Από αυτές απαραίτητες είναι η είσοδος και η έξοδος του τροφοδοτικού νερού, όπως και αυτές που αντιστοιχούν στον ατμό. Οι υπόλοιπες θεωρούνται προαιρετικές. Η είσοδος του τροφοδοτικού θα πρέπει να είναι αποκλειστικά κορεσμένο ή υπόψυκτο νερό, ενώ η επιστροφή να είναι κορεσμένος ατμός.

Για την σωστή λειτουργία του τυμπάνου θα πρέπει να οριστεί ένα από τα παρακάτω στοιχεία:

1. η πίεση λειτουργίας του τυμπάνου
2. η πτώση πίεσης του τροφοδοτικού νερού κατά την είσοδο στο τύμπανο

### 7.3.9 ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (GENERAL HEAT EXCHANGER)

Ο συγκεκριμένος εναλλάκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εναλλαγή θερμότητας μεταξύ οποιονδήποτε ροών, είτε πρόκειται για αέρια-αέρια φάση, είτε πρόκειται για αέρια-ρευστή φάση, είτε πρόκειται για ατμό-νερό κτλ. Ωστόσο, συνήθως χρησιμοποιείται για να προσομοιωθεί ο προθερμαντής αέρα καύσης.



ΣΧΗΜΑ 169: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

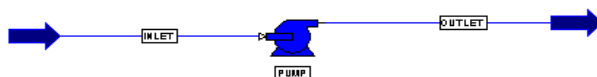
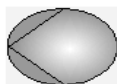
Υπάρχουν τέσσερις βασικές θύρες σύνδεσης, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις εισόδους και τις εξόδους του θερμού και του ψυχρού μέσου, μεταξύ των οποίων γίνεται η μεταφορά θερμότητας.

Για να οριστεί ένας εναλλάκτης θα πρέπει να εισαχθεί ένα από τα παρακάτω δεδομένα:

1. η θερμοκρασία εξόδου του ψυχρού ρεύματος
2. η θερμοκρασία εξόδου του θερμού ρεύματος
3. το Pinch point, που είναι η διαφορά της θερμοκρασίας εξόδου του θερμού ρεύματος από την θερμοκρασία εισόδου του ψυχρού ρεύματος
4. το Pinch point, που είναι η διαφορά της θερμοκρασίας εισόδου του θερμού ρεύματος από την θερμοκρασία εξόδου του ψυχρού ρεύματος
5. η απόδοση του εναλλάκτη
6. η επιφάνεια του εναλλάκτη

### 7.3.10 ΑΝΤΛΙΕΣ (PUMP)

Οι αντλίες είναι ο εξοπλισμός που καθορίζει την πίεση που επικρατεί σε κάθε σημείο του κυκλώματος.

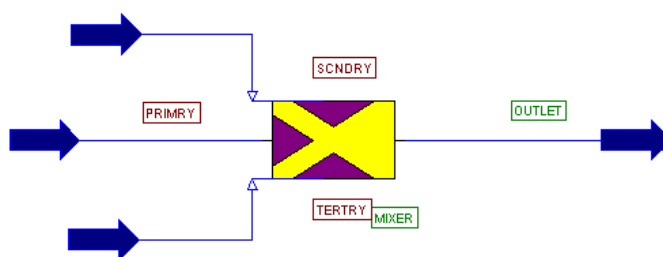


ΣΧΗΜΑ 30: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Η αντλία έχει μία είσοδο και μία έξοδο και για την λειτουργία της μπορεί να οριστεί ένας λόγος πίεσης ή μια σταθερή πίεση εξόδου (ρυθμιζόμενη με βαλβίδα).

### 7.3.11 ΜΙΚΤΗΣ (Mixer)

Ο μίκτης χρησιμοποιείται για να προσομοιωθεί η ανάμιξη δύο ή τριών ρευμάτων μεταξύ τους. Οι υπό-ανάμιξη ροές μπορεί να είναι είτε σε υγρή φάση είτε σε αέρια φάση είτε σε φάση ατμού.

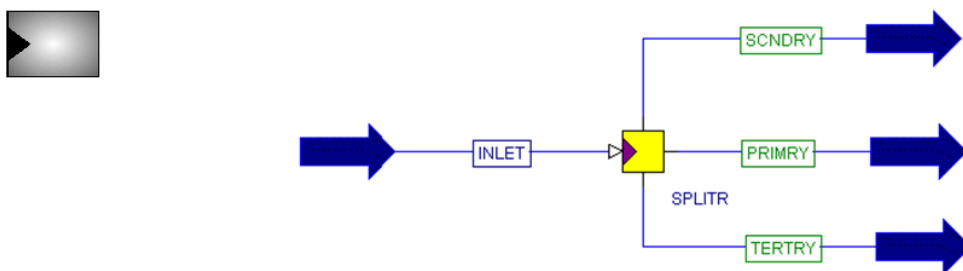


ΣΧΗΜΑ 31: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΙΚΤΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Ο μίκτης έχει μία έξοδο και τρεις εισόδους από τις οποίες οι δύο είναι προαιρετικές. Για τον ορισμό του μίκτη δεν απαιτείται κάποια είσοδος από τον χρήστη πέρα ίσως από κάποιες επιλογές ελέγχου μάζας και πίεσης.

### 7.3.12 ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SPLITTER)

Ο διαχωριστής χρησιμοποιείται ουσιαστικά για να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός ενός ρεύματος σε δύο ή τρία ρεύματα, χωρίς ωστόσο να μεταβάλλονται η πίεση και η θερμοκρασία της ροής παρά μόνο η παροχή αυτής. Επιπρόσθετα, ο διαχωριστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε είδος ροής.



ΣΧΗΜΑ 172: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Όπως είναι φανερό το στοιχείο αυτό διαθέτει μια είσοδο και τρεις εξόδους από τις οποίες οι δυο είναι προαιρετικές. Ο διαχωριστής μπορεί είτε να ελέγξει μόνος του την παροχή των εξερχόμενων ροών, είτε να καθορισθεί από άλλα εξαρτήματα με τα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένος.

### 7.3.13 ΕΙΣΟΔΟΙ - ΕΞΟΔΟΙ

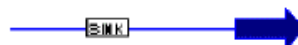
#### Νερού/ατμού (Source-Sink)

Το εικονίδιο source χρησιμοποιείται για την προσθήκη μιας ποσότητας νερού ή ατμού στο σύστημα και οι μόνες τιμές που εισέρχονται στο εικονίδιο είναι η παροχή η πίεση και η θερμοκρασία του ρεύματος.



ΣΧΗΜΑ 183: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Σε αντίθεση το εικονίδιο sink χρησιμοποιείται για την προσομοίωση των ροών που εξέρχονται από το σύστημα και δεν χρειάζονται καμία μεταβλητή εισόδου για να οριστεί η λειτουργία του.

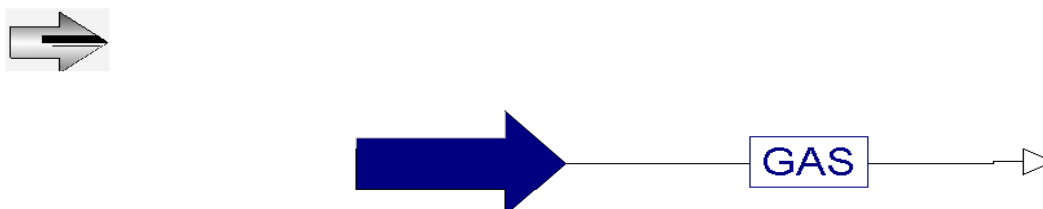


ΣΧΗΜΑ 194: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΞΟΔΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)



### Αέρα-καυσαερίων (Gas source – Exhaust)

Για την εισαγωγή και εξαγωγή αερίων ισχύουν ότι αναλύθηκε παραπάνω για το νερό, αλλά χρησιμοποιούνται διαφορετικά εικονίδια τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.



ΣΧΗΜΑ 205: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)



ΣΧΗΜΑ 216: ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΕΞΟΔΟΥ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ GATECYCLE**

#### **8.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ**

Ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης του υπό μελέτη ΑΗΣ για τις διάφορες εξεταζόμενες περιπτώσεις έγινε με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης GateCycle. Για την πραγματοποίηση αυτής της προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα και σχέδια του σταθμού Αγίου Δημητρίου, ώστε να σχεδιασθεί, με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, το μοντέλο στην επιφάνεια σχεδιασμού του λογισμικού.

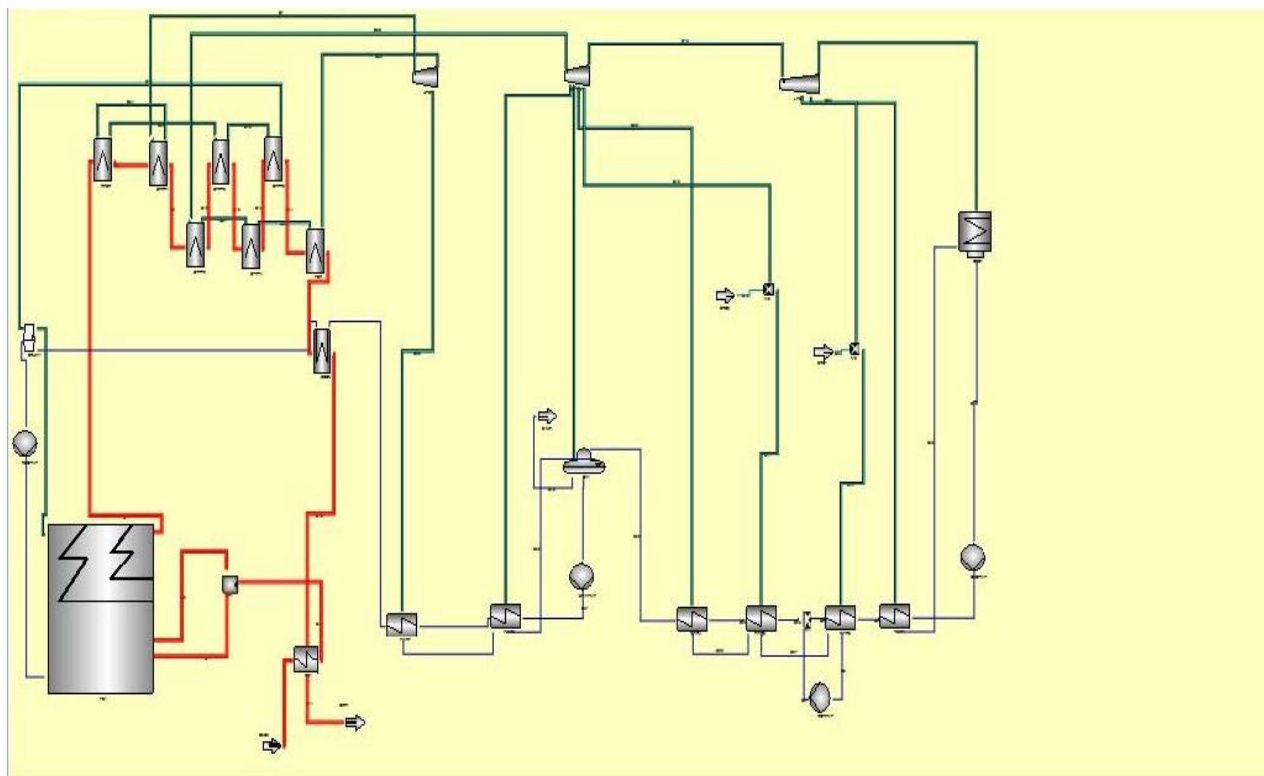
Οι προσομοιώσεις που πραγματοποιούνται αναφέρονται στις μονάδες I,II,III και IV του υπό μελέτη σταθμού. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μονάδες I και II είναι ίδιες μεταξύ τους, δηλαδή έχουν ίδια διάταξη και λειτουργικά χαρακτηριστικά και το ίδιο συμβαίνει και με τις μονάδες III και IV. Συνεπώς, πραγματοποιήθηκαν δύο βασικές προσομοιώσεις, η καθεμιά εκ των οποίων προσομοιώνει στην πραγματικότητα δυο μονάδες.

Αρχικά, οι προσομοιώσεις βασίστηκαν σε διαγράμματα ροής, που λήφθηκαν από αρμόδιους μηχανικούς του ΑΗΣ, τα οποία αποτέλεσαν και το βασικό οδηγό για την σχεδίαση των μοντέλων στο λογισμικό. Με βάση τα δύο βασικά μοντέλα που σχεδιάστηκαν για τις μονάδες, στη συνέχεια, εφαρμόστηκαν τα σενάρια των κλιματικών αλλαγών που μελετήθηκαν ώστε να εξεταστεί η επίδραση αυτής στις μονάδες ατμοπαραγωγής.

Τέλος, στα σενάρια που ακολουθούν, εξετάζεται μόνο η επίδραση που μπορεί να έχει στον βαθμό απόδοσης της μονάδας η μεταβολή της κατάστασης του ατμοσφαιρικού αέρα που εισέρχεται στον λέβητα για την πραγματοποίηση της καύσης.

### 8.1.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ I & II

Πραγματοποιώντας την σχεδίαση των μονάδων I και II στο λογισμικό, με βάση τα δεδομένα του ΑΗΣ, δημιουργήθηκε το βασικό μοντέλο το οποίο απεικονίζεται παρακάτω.



ΣΧΗΜΑ 227: ΣΧΗΜΑΤΙΚΑ ΟΙ ΜΟΝΑΔΕΣ I & II ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Αρχικά, το νερό εξέρχεται από τον συμπυκνωτή σε θερμοκρασία 37°C και πίεση 0,064 bar και εισέρχεται στην αντλία συμπυκνώματος όπου και αυξάνεται η πίεση του νερού στα 17,4 bar. Στην συνέχεια, το νερό περνάει από τους τέσσερις προθερμαντές τροφοδοτικού νερού και προθερμαίνεται από τις απομαστεύσεις των στροβίλων της μέσης και χαμηλής πίεσης φτάνοντας στον απαεριωτή σε θερμοκρασία 157°C και πίεση 15,5 bar. Από τον απαεριωτή εξέρχεται σε θερμοκρασία 178°C και σε πίεση λειτουργίας του απαεριωτή 8 bar και διέρχεται από την τροφοδοτική αντλία, όπου η πίεσή του αυξάνεται στα 210 bar. Αφού, περάσει και από τους δύο τελευταίους προθερμαντές νερού μέσης και υψηλής πίεσης το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται στον οικονομητήρα του λέβητα.

Στον οικονομητήρα το τροφοδοτικό νερό θερμαίνεται από τα καυσαέρια, που παράγονται από τη διεργασία της καύσης, διέρχεται από τους αυλούς ανόδου του λέβητα (οι οποίοι είναι προσομοιωμένοι μέσα στο λέβητα και δεν φαίνονται εικονικά στο σχήμα) στο τύμπανο και από εκεί περνάει τα τέσσερα στάδια υπερθέρμανσης του

ατμού, ώστε να φτάσει ο ατμός στις επιθυμητές τιμές λειτουργίας του στρόβιλου υψηλής πίεσης που είναι πίεση 171,3 bar και θερμοκρασία 542°C.

Εφόσον, ο ατμός εκτονωθεί στον στρόβιλο υψηλής, με θερμοκρασία 336°C και πίεση 39,8 bar διέρχεται αμέσως στα τρία στάδια αναθέρμανσης του, ώστε τελικά να καταλήξει στον στρόβιλο μέσης με θερμοκρασία 542°C. Έπειτα οδηγείται στο στρόβιλο χαμηλής, όπου αφού εκτονωθεί καταλήγει στο συμπυκνωτή με ποιότητα ατμού 90,5%, μετά τον οποίο λαμβάνει χώρα το τέλος του κύκλου νερού-ατμού. Ο οικονομητήρας, οι υπερθερμαντές και οι αναθερμαντές στην πραγματικότητα βρίσκονται εσωτερικά του λέβητα, όμως επιλέχθηκε να τοποθετηθούν εκτός αυτού με σκοπό να προσομοιωθούν καλύτερα οι διαδρομές θέρμανσης του ατμού.

Παράλληλα, ο ατμοσφαιρικός αέρας (κόκκινη διάταξη) εισέρχεται στον προθερμαντή αέρα, όπου μέσω της εναλλαγής θερμότητας με τα καυσαέρια που εξέρχονται από το λέβητα, θερμαίνεται φτάνοντας στον λέβητα σε θερμοκρασία 279,4 °C, ενώ τα καυσαέρια εξέρχονται σε θερμοκρασία 180 °C.

Για να γίνει φανερή η ακρίβεια της προσομοίωσης, στη συνέχεια ακολουθούν πίνακες των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών των ροών των πιο βασικών στοιχείων της προσομοίωσης. Στους πίνακες αυτούς αναγράφονται τόσο οι πραγματικές τιμές όσο και οι τιμές της προσομοίωσης καθώς επίσης και το σχετικό σφάλμα. Επειδή, κάποιες τιμές είναι μη ελεγχόμενες στην μονάδα παραγωγής δεν υπάρχουν στοιχεία για την πραγματική κατάσταση συνεπώς, ήταν αδύνατος ο υπολογισμός του σφάλματος για αυτά τα σημεία. Παράδειγμα αποτελούν οι υπερθερμαντές και αναθερμαντές της μονάδας για τους οποίους δεν διατίθενται οι απαραίτητες τιμές, ώστε να πραγματοποιηθεί η σύγκριση.

### Στρόβιλος Υψηλής Πίεσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του ατμού από το στρόβιλο υψηλής πίεσης, όπως επίσης και η απομάστευση τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	885	885	0,0
Πίεση (bar)	171,3	171,3	0,0
Θερμοκρασία (°C)	542	542	0,0
Έξοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	807,7	801,3	0,008
Πίεση (bar)	39,7	39,8	0,002
Θερμοκρασία (°C)	336	336	0,0
Απομάστευση	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	83,7	83,9	0,002
Πίεση (bar)	40,6	40,6	0,0
Θερμοκρασία (°C)	336	336	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### Στρόβιλος Μέσης Πίεσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου του ατμού από το στρόβιλο μέσης πίεσης, όπως επίσης και οι απομαστεύσεις, τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	807,7	801,3	0,008
Πίεση (bar)	39,7	39,8	0,002
Θερμοκρασία (°C)	542	542	0,0
Απομάστευση 1η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	43,9	39,6	0,1
Πίεση (bar)	18,8	18,8	0,0
Θερμοκρασία (°C)	441	441	0,0
Απομάστευση 3η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	51,2	50,8	0,008
Πίεση (bar)	5,6	5,6	0,0
Θερμοκρασία (°C)	277	277	0,0
Απομάστευση 4η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	27,8	27,3	0,02
Πίεση (bar)	2,16	2,14	0,01
Θερμοκρασία (°C)	245	245,5	0,002

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Για την έξοδο και την 2η απομάστευση δεν υπάρχουν δεδομένα συνεπώς δεν είναι δυνατή η εύρεση του σφάλματος.

### Στρόβιλος Χαμηλής Πίεσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εξόδου του ατμού από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης, όπως επίσης και οι απομαστεύσεις, τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Έξοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Πίεση (bar)	0,064	0,064	0,0
Ποιότητα ατμού	0,91	0,905	0,005
Απομάστευση 1 <sup>η</sup>	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	41,7	42,5	0,02
Πίεση (bar)	0,82	0,82	0,0
Θερμοκρασία (°C)	106	106,3	0,003
Απομάστευση 2 <sup>η</sup>	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	19,4	22,3	0,2
Πίεση (bar)	0,193	0,193	0,0
Θερμοκρασία (°C)	59,1	59,3	0,003

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Για τον στρόβιλο χαμηλής πίεσης δεν διαθέτονται στοιχεία για την είσοδο, συνεπώς δεν είναι δυνατή η εύρεση του σφάλματος.

### Συμπυκνωτής

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του νερού από το συμπυκνωτή τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος (στροβίλου)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Πίεση (bar)	0.064	0.064	0,0
Ποιότητα ατμού	0,91	0,905	0,005
Είσοδος (προθερμαντη)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	19,4	22,4	0,15
Πίεση (bar)	0,064	39,8	0,002
Θερμοκρασία (°C)	59,4	59,3	0,002
Έξοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	630	634	0,006
Πίεση (bar)	0,064	0,064	0,0
Θερμοκρασία (°C)	37,1	37	0,003

ΠΙΝΑΚΑΣ6: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗ

### Προθερμαντές τροφοδοτικού νερού

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του τροφοδοτικού νερού από τους προθερμαντές νερού, όπως επίσης και τα δεδομένα ατμού που συμπυκνώνονται κατά την μετάδοση θερμότητας που πραγματοποιείται τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος P1	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	630	634	0,006
Πίεση (bar)	17,8	17,8	0,0
Θερμοκρασία (°C)	39,4	37,1	0,06
Έξοδος P1	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	630	634	0,006
Πίεση (bar)	17,4	17,4	0,0
Θερμοκρασία (°C)	55,8	55,8	0,0
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	19,4	22,4	0,2
Θερμοκρασία (°C)	59,4	59,3	0,002
Είσοδος P2	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	630	634	0,006
Πίεση (bar)	17,4	17,4	0,0
Θερμοκρασία (°C)	55,8	55,8	0,0
Έξοδος P2	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	750,7	754,5	0,005
Πίεση (bar)	16,1	16,1	0,0
Θερμοκρασία (°C)	93,1	93,9	0,009
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	120,7	120,5	0,002
Θερμοκρασία (°C)	95,7	93,8	0,02
Είσοδος P3	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	750,7	754,5	0,005
Πίεση (bar)	16,1	16,1	0,0
Θερμοκρασία (°C)	93,1	93,9	0,009
Έξοδος P3	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	750,7	754,5	0,005
Πίεση (bar)	15,1	15,7	0,04
Θερμοκρασία (°C)	118,8	118,9	0,0008
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	79	78	0,01
Θερμοκρασία (°C)	103,1	103,6	0,002
Είσοδος P4	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	750,7	754,5	0,005
Πίεση (bar)	15,1	15,7	0,04
Θερμοκρασία (°C)	118,8	118,9	0,0008
Έξοδος P4	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα

Παροχή (t/h)	750,7	754,5	0,005
Πίεση (bar)	-	15,5	-
Θερμοκρασία (°C)	156,3	156	0,002
<b>Συμπυκνωμένος ατμός</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Παροχή (t/h)	51,2	50,8	0,008
Θερμοκρασία (°C)	155,8	154	0,012
<b>Είσοδος P6</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Παροχή (t/h)	907,2	885	0,02
Πίεση (bar)	214	210	0,02
Θερμοκρασία (°C)	178,7	178	0,004
<b>Έξοδος P6</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Παροχή (t/h)	907,2	885	0,02
Πίεση (bar)	209	202	0,03
Θερμοκρασία (°C)	206,4	206,7	0,002
<b>Συμπυκνωμένος ατμός</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Παροχή (t/h)	126,8	123,5	0,03
Θερμοκρασία (°C)	188	188	0,0
<b>Είσοδος P7</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Παροχή (t/h)	907,2	885	0,02
Πίεση (bar)	209	202	0,03
Θερμοκρασία (°C)	206,4	206,7	0,002
<b>Έξοδος P7</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Παροχή (t/h)	907,2	885	0,02
Πίεση (bar)	-	193,4	-
Θερμοκρασία (°C)	256	251,2	0,02
<b>Συμπυκνωμένος ατμός</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Παροχή (t/h)	83,7	83,9	0,002
Θερμοκρασία (°C)	216,4	216	0,002

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΩΝ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

### Οικονομητήρας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του κορεσμένου νερού στον οικονομητήρα τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

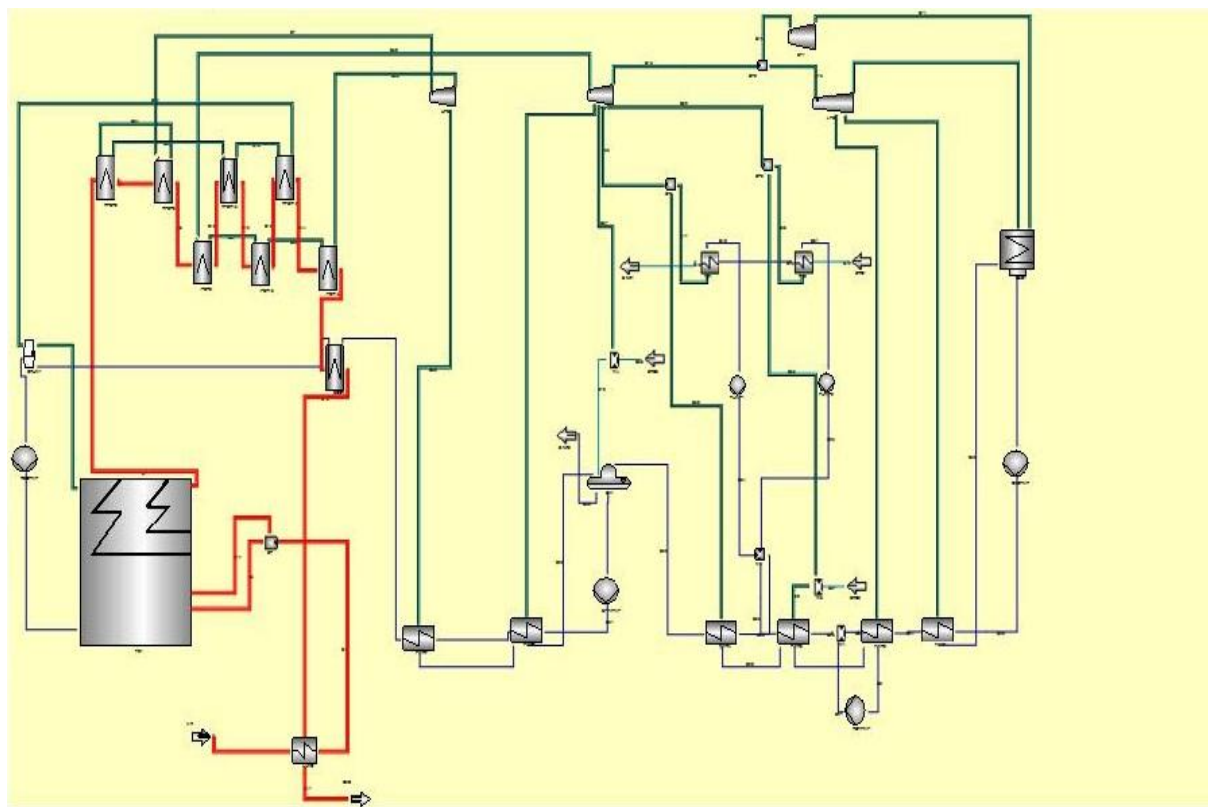
<b>Είσοδος</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Πίεση (bar)	193,9	193,5	0,002
Θερμοκρασία (°C)	256	251,2	0,02
<b>Έξοδος</b>	<b>Πραγματικά</b>	<b>Προσομοίωση</b>	<b>Σφάλμα</b>
Θερμοκρασία (°C)	361	363	0,005

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΗΤΗΡΑ



## 8.1.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ III & IV

Πραγματοποιώντας την σχεδίαση των μονάδων III και IV στο λογισμικό, με βάση τα δεδομένα του ΑΗΣ, δημιουργήθηκε το βασικό μοντέλο το οποίο απεικονίζεται παρακάτω.



ΣΧΗΜΑ 238: ΣΧΗΜΑΤΙΚΑ ΟΙ ΜΟΝΑΔΕΣ III ΚΑΙ IV ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (Πηγή: GateCycle™)

Αρχικά, το νερό εξέρχεται από τον συμπυκνωτή σε θερμοκρασία  $35^{\circ}\text{C}$  και πίεση  $0,057\text{ bar}$  και εισέρχεται στην αντλία συμπυκνώματος, όπου και αυξάνεται η πίεση του νερού στα  $17,4\text{ bar}$ . Στην συνέχεια, το νερό περνάει από τους τέσσερις προθερμαντές τροφοδοτικού νερού και προθερμαίνεται από τις απομαστεύσεις των στρόβιλων της μέσης και χαμηλής πίεσης φτάνοντας στον απαερωτή σε θερμοκρασία  $150,8^{\circ}\text{C}$  και πίεση  $15,5\text{ bar}$ . Από τον απαερωτή εξέρχεται σε θερμοκρασία  $177,7^{\circ}\text{C}$  και σε πίεση λειτουργίας του απαερωτή  $8,6\text{ bar}$  και διέρχεται από την τροφοδοτική αντλία, όπου η πίεσή του αυξάνεται στα  $208,7\text{ bar}$ . Αφού, εισέλθει και στους δύο τελευταίους προθερμαντές νερού μέσης και υψηλής πίεσης, το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται στον οικονομητήρα του λέβητα.

Στον οικονομητήρα το τροφοδοτικό νερό θερμαίνεται από τα καυσαέρια της καύσης, διέρχεται από τους αλούς ανόδου του λέβητα (οι οποίοι είναι προσομοιωμένοι μέσα στο λέβητα και δεν φαίνονται εικονικά στο σχήμα) στο

τύμπανο και από εκεί περνάει τα τέσσερα στάδια υπερθέρμανσης του ατμού, ώστε να φτάσει ο ατμός στα δεδομένα λειτουργίας του στρόβιλου υψηλής πίεσης που είναι πίεση  $170 \text{ kg/cm}^2$  και θερμοκρασία  $540^\circ\text{C}$ .

Εφόσον, ο ατμός εκτονωθεί στον στρόβιλο υψηλής με θερμοκρασία  $336,8^\circ\text{C}$  και πίεση  $41,24 \text{ kg/cm}^2$ , στη συνέχεια διέρχεται από τα τρία στάδια αναθέρμανσης του, ώστε τελικά να καταλήξει στον στρόβιλο μέσης σε θερμοκρασία  $540^\circ\text{C}$ . Από εκεί καταλήγει στο στρόβιλο χαμηλής όπου αφού εκτονωθεί εισέρχεται στο συμπυκνωτή με ποιότητα ατμού  $90,8\%$  όπου τελειώνει και ο κύκλος νερού-ατμού. Ο οικονομητήρας, οι υπερθερμαντές και οι αναθερμαντές στην πραγματικότητα βρίσκονται εσωτερικά του λέβητα, όμως επιλέχθηκε να τοποθετηθούν εκτός αυτού με σκοπό να προσομοιωθούν καλύτερα οι διαδρομές θέρμανσης του ατμού.

Παράλληλα, ο ατμοσφαιρικός αέρας (κόκκινη διάταξη) εισέρχεται στον προθερμαντή αέρα, όπου μέσω της εναλλαγής θερμότητας με τα καυσαέρια που εξέρχονται από το λέβητα, θερμαίνεται φτάνοντας στον λέβητα σε θερμοκρασία  $272^\circ\text{C}$  ενώ τα καυσαέρια εξέρχονται σε θερμοκρασία  $150^\circ\text{C}$ .

Η κύρια διαφορά των μονάδων III και IV από τις I και II, που αναλύθηκαν παραπάνω, είναι το εγκατεστημένο σύστημα της τηλεθέρμανσης. Ουσιαστικά, πρόκειται για ένα σύστημα δύο εναλλακτών, που θερμαίνουν το νερό του συστήματος θέρμανσης της περιοχής μέσω θερμού ατμού που απομαστεύεται από τον στρόβιλο μέσης πίεσης.

Για να γίνει φανερή η ακρίβεια της προσομοίωσης, στην συνέχεια ακολουθούν πίνακες των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών των ροών των πιο βασικών στοιχείων της προσομοίωσης. Στους πίνακες αυτούς αναγράφονται τόσο οι πραγματικές τιμές όσο και οι τιμές της προσομοίωσης, καθώς επίσης και το σχετικό σφάλμα. Επειδή, κάποιες τιμές είναι μη ελεγχόμενες στην μονάδα παραγωγής δεν υπάρχουν στοιχεία για την πραγματική κατάσταση συνεπώς, ήταν αδύνατος ο υπολογισμός του σφάλματος για αυτά τα σημεία. Παράδειγμα αποτελούν οι υπερθερμαντές και αναθερμαντές της μονάδας για τους οποίους δεν διατίθενται οι απαραίτητες τιμές ώστε να πραγματοποιηθεί η σύγκριση.

### Στρόβιλος Υψηλής Πίεσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του ατμού από το στρόβιλο υψηλής πίεσης, όπως επίσης και η απομάστευση τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	905,5	905,2	0,0
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	170	170	0,0
Θερμοκρασία (°C)	540	540	0,0
Έξοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	800	820	0,025
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	41,2	41,2	0,0
Θερμοκρασία (°C)	336,6	336,8	0,001
Απομάστευση	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	89,5	85,2	0,05
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	41,2	41,2	0,0
Θερμοκρασία (°C)	336,6	336,8	0,001

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### Στρόβιλος Μέσης Πίεσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου του ατμού από το στρόβιλο μέσης πίεσης, όπως επίσης και οι απομαστεύσεις τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	800	820	0,025
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	38,9	38,8	0,004
Θερμοκρασία (°C)	540	540	0,0
Απομάστευση 1η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	47	39,3	0,16
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	19,5	18,7	0,04
Θερμοκρασία (°C)	438,5	438	0,001
Απομάστευση 2η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	15,45	15,45	0,0
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	8,61	8,61	0,005
Θερμοκρασία (°C)	342,8	341,1	0,0
Απομάστευση 3η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	112,6	112,8	0,002
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	5,2	5,2	0,0
Θερμοκρασία (°C)	265,1	274,3	0,035
Απομάστευση 4η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	53,4	53,3	0,0
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	1,9	1,9	0,0
Θερμοκρασία (°C)	158,7	158,5	0,001

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### Στρόβιλος Χαμηλής Πίεσης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του ατμού από το στρόβιλο χαμηλής πίεσης, όπως επίσης και οι απομαστεύσεις τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	377,7	377,7	0,0
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	1,82	1,82	0,0
Θερμοκρασία (°C)	158,6	158,5	0,001
Έξοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,064	0,064	0,0
Ποιότητα ατμού	0,91	0,905	0,005
Απομάστευση 1η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	31,7	31,8	0,002
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,8	0,71	0,07
Θερμοκρασία (°C)	95,2	95,3	0,001
Απομάστευση 2η	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	16,9	19,4	0,15
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,174	0,174	0,0
Θερμοκρασία (°C)	-	56,7	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### Συμπυκνωτής

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του νερού από το συμπυκνωτή τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος (στροβίλου)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,057	0,057	0,0
Ποιότητα ατμού	0,91	0,908	0,003
Είσοδος (προθερμαντη)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	16,9	19,4	0,15
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,057	0,057	0,0
Θερμοκρασία (°C)	56,7	56,6	0,002
Έξοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	539,2	567,2	0,05
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,057	0,057	0,0
Θερμοκρασία (°C)	35,1	35	0,003

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗ

### Προθερμαντές τροφοδοτικού νερού

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του τροφοδοτικού νερού από τους προθερμαντές νερού, όπως επίσης και τα δεδομένα ατμού που εισέρχονται και συμπυκνώνονται κατά την μετάδοση θερμότητας που πραγματοποιείται τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος P1	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	539,2	567,2	0,05
Πίεση (bar)	17,8	17,8	0,0
Θερμοκρασία (°C)	35,1	35	0,005
Έξοδος P1	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	539,2	567,2	0,05
Πίεση (bar)	17,4	17,4	0,0
Θερμοκρασία (°C)	53,2	53,2	0,0
Απομαστευμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	16,9	19,6	0,15
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,174	0,174	0,0
Θερμοκρασία (°C)	-	56,7	-
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	16,9	19,6	0,15
Θερμοκρασία (°C)	56,7	56,6	0,002
Είσοδος P2	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	539,2	567,2	0,05
Πίεση (bar)	17,4	17,4	0,0
Θερμοκρασία (°C)	53,2	53,2	0,0
Έξοδος P2	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	643,7	676,4	0,05
Πίεση (bar)	16,1	16,1	0,0
Θερμοκρασία (°C)	86,9	85,7	0,015
Απομαστευμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	31,7	31,7	0,0
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	0,713	0,713	0,0
Θερμοκρασία (°C)	95,2	95,3	0,001
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	104,5	109,2	0,05
Θερμοκρασία (°C)	89,9	84,3	0,06
Είσοδος P3	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	643,9	676,4	0,05
Πίεση (bar)	16,1	16,1	0,0
Θερμοκρασία (°C)	86,9	85,7	0,015
Έξοδος P3	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	643,7	676,4	0,05
Πίεση (bar)	15,1	15,7	0,04

Θερμοκρασία (°C)	112,5	113,7	0,01
Απομαστευμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	22	26,5	0,2
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	1,75	1,85	0,06
Θερμοκρασία (°C)	259	259	0,0
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	72,7	77,4	0,065
Θερμοκρασία (°C)	97,3	96,1	0,01
Είσοδος P4	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	643,7	676,4	0,05
Πίεση (bar)	15,1	15,7	0,04
Θερμοκρασία (°C)	112,5	113,7	0,01
Έξοδος P4	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	744,6	777,2	0,04
Πίεση (bar)	-	15,5	-
Θερμοκρασία (°C)	150,7	150,8	0,001
Απομαστευμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	50,8	50,8	0,0
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	5	5,12	0,025
Θερμοκρασία (°C)	264,7	274,3	0,04
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	50,7	50,8	0,002
Θερμοκρασία (°C)	150,8	150,3	0,003
Είσοδος P6	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	907,2	905,2	0,002
Πίεση (bar)	214	208,7	0,025
Θερμοκρασία (°C)	180	177,7	0,01
Έξοδος P6	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	907,2	905,2	0,002
Πίεση (bar)	209	204,5	0,02
Θερμοκρασία (°C)	205,2	206,5	0,006
Απομαστευμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	47,4	39,3	0,17
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	18,7	18,7	0,0
Θερμοκρασία (°C)	438,6	438	0,001
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	89,5	85,2	0,05
Θερμοκρασία (°C)	215,2	215,5	0,001
Είσοδος P7	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	907,2	905,2	0,002
Πίεση (bar)	209	204,5	0,02
Θερμοκρασία (°C)	205,2	206,5	0,006

Έξοδος P7	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	907,2	905,2	0,002
Πίεση (bar)	-	200,4	-
Θερμοκρασία (°C)	251,5	251	0,002
Απομαστευμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	89,5	85,2	0,05
Πίεση (kg/cm <sup>2</sup> )	41,24	41,24	0,0
Θερμοκρασία (°C)	336,6	336,8	0,001
Συμπυκνωμένος ατμός	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	89,5	85,2	0,05
Θερμοκρασία (°C)	215,2	215,5	0,001

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΩΝ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

### Οικονομητήρας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του κορεσμένου νερού στον οικονομητήρα τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση.

Είσοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Πίεση (bar)	-	200,4	-
Θερμοκρασία (°C)	257	251	0,02
Έξοδος	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Θερμοκρασία (°C)	317	317	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΟΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΗΤΗΡΑ

### Τηλεθέρμανση

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα λειτουργίας των εναλλακτών της τηλεθέρμανσης τόσο για τα πραγματικά δεδομένα, όσο και για την προσομοίωση. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνολικά απομαστευμένος ατμός της τρίτης απομάστευσης του στροβίλου της μέσης πίεσης χωρίζεται, μέσω ενός διαχωριστεί σε δύο ρεύματα από τα οποία το ένα οδηγείται στον δεύτερο εναλλάκτη της τηλεθέρμανσης (HX2) και το υπόλοιπο στον προθερμαντή P4. Το ίδιο συμβαίνει και με την τέταρτη απομάστευση του στροβίλου της μέσης πίεσης τα ρεύματα του οποίου πηγαίνουν στον πρώτο εναλλάκτη (HX1) της τηλεθέρμανσης και στον προθερμαντή P3.

Είσοδος HX1(νερό)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	1155	1155	0,0
Θερμοκρασία (°C)	70	70	0,0
Έξοδος HX1 (νερό)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	1155	1155	0,0
Θερμοκρασία (°C)	88,8	88,7	0,001
Είσοδος HX1 (ατμός)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	38,91	38,91	0,0
Θερμοκρασία (°C)	156,6	158,5	0,01
Έξοδος HX1 (ατμός)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	38,91	38,91	0,0
Θερμοκρασία (°C)	105,4	105	0,004

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΩΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Είσοδος HX2(νερό)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	1155	1155	0,0
Θερμοκρασία (°C)	88,8	88,7	0,001
Έξοδος HX2 (νερό)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	1155	1155	0,0
Θερμοκρασία (°C)	120	115,7	0,04
Είσοδος HX2 (ατμός)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	61,96	61,96	0,0
Θερμοκρασία (°C)	260,9	274,3	0,05
Έξοδος HX2 (ατμός)	Πραγματικά	Προσομοίωση	Σφάλμα
Παροχή (t/h)	61,96	61,96	0,0
Θερμοκρασία (°C)	125	125	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



## 8.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

### 8.2.1 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΟΝ

Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης των μονάδων με τα τρέχοντα κλιματικά δεδομένα αρκεί να οριστεί η θερμοκρασία και η σχετική πίεση του παρόντος στο εικονίδιο εισαγωγής αέρα που εισέρχεται για να πραγματοποιηθεί η καύση. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα σενάρια των κλιματικών αλλαγών πραγματοποιήθηκαν για δύο μήνες, τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο, μήνες με την περισσότερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

#### Μονάδα I & II

Εφόσον τοποθετήθηκαν οι θερμοκρασίες και οι σχετικές υγρασίες που υπολογίστηκαν από την μελέτη που αναλύθηκε παραπάνω για κάθε μήνα, εξήχθηκαν οι βαθμοί απόδοσης που αναγράφονται στον ακόλουθο πίνακα.

Μονάδα I & II	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Βαθμός απόδοσης(%)
Ιανουάριος	1,4	81	40,7
Αύγουστος	21,1	56	41,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΒΑΘΜΟΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ I & II ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΟΝ

#### Μονάδα III & IV

Εφόσον τοποθετήθηκαν οι θερμοκρασίες και οι σχετικές υγρασίες που υπολογίστηκαν από την μελέτη που αναλύθηκε παραπάνω για κάθε μήνα, εξήχθηκαν οι βαθμοί απόδοσης που αναγράφονται στον ακόλουθο πίνακα.

Μονάδα I & II	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Βαθμός απόδοσης(%)
Ιανουάριος	1,4	81	40,4
Αύγουστος	21,1	56	42,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΒΑΘΜΟΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΠΝΑΔΩΝ III & IV ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΟΝ

## 8.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 1ο : ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

Στο παρόν σενάριο μελετήθηκε η μεταβολή του βαθμού απόδοσης όλων των υπό μελέτη μονάδων ατμοπαραγωγής, βάσει των μελλοντικών κλιματολογικών δεδομένων του ατμοσφαιρικού αέρα που υπολογίστηκαν. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, ορίστηκαν ως είσοδοι του ατμοσφαιρικού αέρα η μέση μηνιαία αύξηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω και για τις τέσσερις μονάδες του ΑΗΣ.

### Μονάδα I & II

Μονάδα I & II	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Βαθμός απόδοσης(%)
Ιανουάριος	3	82	40,8
Αύγουστος	23	53	41,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ I & II ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

### Μονάδα III & IV

Μονάδα III & IV	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Βαθμός απόδοσης(%)
Ιανουάριος	3	82	40,5
Αύγουστος	23	53	42,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ III & IV ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

### 8.2.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 2ο : ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

Με σκοπό να κατανοηθεί καλύτερα η μεταβολή του βαθμού απόδοσης των μονάδων πραγματοποιήθηκε και ένα πιο ακραίο σενάριο. Σε αυτό το σενάριο ορίστηκε η μέση μέγιστη ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, οι οποίες θα είναι και οι μεγαλύτερες τιμές που θα εμφανιστούν κατά την περίοδο εξέτασης που πραγματοποιήθηκε και σύμφωνα με τα δεδομένα που διεξήχθησαν. Συνεπώς, για τη συγκεκριμένη περίπτωση ορίστηκαν ως είσοδοι του ατμοσφαιρικού αέρα η μέση μέγιστη ημερήσια αύξηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω και για τις τέσσερις μονάδες του ΑΗΣ.

#### Μονάδα I & II

Μονάδα I & II	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Βαθμός απόδοσης(%)
Ιανουάριος	9	86	41,0
Αύγουστος	30	40	41,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 21: ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ I & II ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

#### Μονάδα III & IV

Μονάδα III & IV	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Βαθμός απόδοσης(%)
Ιανουάριος	9	86	40,6
Αύγουστος	30	40	42,4

ΠΙΝΑΚΑΣ 22: ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ III & IV ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

### 8.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα σενάρια που εφαρμόστηκαν στις μονάδες παραγωγής του υπό μελέτη σταθμού, διαπιστώνεται μια μεταβολή στο βαθμό απόδοσης, ανάλογα με τις μεταβολές του ατμοσφαιρικού αέρα. Στην συνέχεια, παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας των μεταβολών που σημειώθηκαν στους βαθμούς απόδοσης των μονάδων του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου για όλα τα κλιματολογικά σενάρια που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Βαθμός απόδοσης	Παρόν		1 <sup>ο</sup> Σενάριο		2 <sup>ο</sup> Σενάριο	
	Ιαν	Αυγ	Ιαν	Αυγ	Ιαν	Αυγ
<b>Μονάδες I &amp; II</b>	40,7	41,1	+0,1	+0,1	+0,3	+0,2
<b>Μονάδες III &amp; IV</b>	40,4	42,2	+0,1	+0,1	+0,2	+0,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 23: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΑΘΕ ΣΕΝΑΡΙΟ

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων που παρατίθενται στον άνωθεν πίνακα, η μεταβολή των κλιματικών αλλαγών που ενδεχομένως να σημειωθούν στα επόμενα έτη, οδεύουν σε μια μικρή αύξηση του βαθμού απόδοσης των ατμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής.

Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται, για το πρώτο σενάριο με την μέση μηνιαία κλιματολογική μεταβολή, όπου έχουμε μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας, της τάξης περίπου των 2<sup>ο</sup>C και μια μικρή μείωση της σχετικής υγρασίας, τα αποτελέσματα εμφανίζουν μια αύξηση 0,1 μονάδων για όλες τις μονάδες και για τους δυο εξεταζόμενους μήνες. Όμως, σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο όπου ορίστηκαν πιο ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, τα αποτελέσματα εμφανίζουν μια αύξηση 0,2 μονάδων για το καλοκαίρι όλων των μονάδων και για το χειμώνα των μονάδων III & IV, ενώ για το χειμώνα των μονάδων I & II η αύξηση που παρατηρείται αγγίζει τις 0,3 μονάδες.

Συνεπώς, από την εξαγωγή των άνωθεν αποτελεσμάτων μπορεί εύκολα να σημειωθεί πως η αύξηση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα σε συνδυασμό με την μείωση της σχετικής υγρασίας μπορούν να λειτουργήσουν ευεργετικά και να οδεύσουν σε βελτίωση του βαθμού απόδοσης των ατμοηλεκτρικών σταθμών ενέργειας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

Μέσω της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε και προσομοιώθηκε η μελλοντική κλιματική μεταβολή στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Συγκεκριμένα, η μελέτη επικεντρώθηκε στην περιοχή όπου είναι εγκατεστημένος ο ατμοηλεκτρικός σταθμός του Αγίου Δημητρίου, με τελικό στόχο τον υπολογισμό της μεταβολής του βαθμού απόδοσης των μονάδων εξαιτίας της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής.

Αρχικά, για την μελέτη των κλιματικών μεταβολών του μέλλοντος πραγματοποιήθηκε κλιματική προσομοίωση, μέσω του κλιματικού μοντέλου μέσης κλίμακας WRF. Η συγκεκριμένη προσομοίωση έγινε μέσω της μεθόδου του δυναμικού υποβιβασμού κλίμακας έτσι ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν πιο ακριβή εξέταση της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή του ατμοηλεκτρικού σταθμού του Αγίου Δημητρίου. Χαρακτηριστικό των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν είναι πως πράγματι, όσο περισσότερο μικραίνει η περιοχή μελέτης, τόσο καλύτερα γίνονται τα αποτελέσματα των μεταβλητών που εξετάζονται. Συνεπώς, γίνεται εμφανές ότι ο συγκεκριμένος τρόπος προσομοίωσης των κλιματικών μεταβολών μπορεί να δώσει κλιματολογικά στοιχεία για πολύ συγκεκριμένες περιοχές, γεγονός που βοηθάει στη μελέτη της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής για μικρές και συγκεκριμένες περιοχές.

Στην συνέχεια, για να προσομοιωθούν τα υπό μελέτη σενάρια των κλιματικών αλλαγών, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της General Electric GateCycle 6.0. Μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού επιτεύχθηκε μια ακριβής βασική προσομοίωση των μονάδων παραγωγής ενέργειας, γεγονός που το καθιστά ένα πολύ αξιόλογο και εύχρηστο εργαλείο για την προσομοίωση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στις δύο βασικές προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν έπειτα, εφαρμόστηκαν τα κλιματολογικά σενάρια. Για το πρώτο σενάριο με την μέση μηνιαία κλιματολογική μεταβολή, όπου έχουμε μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας της τάξης περίπου των 2°C και μια μικρή μείωση της σχετικής υγρασίας, ο βαθμός απόδοσης αυξάνεται κατά 0,1 μονάδες. Όμως, σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο, όπου ορίστηκαν πιο ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, η αύξηση του βαθμού απόδοσης φτάνει μέχρι και τις 0,3 μονάδες.

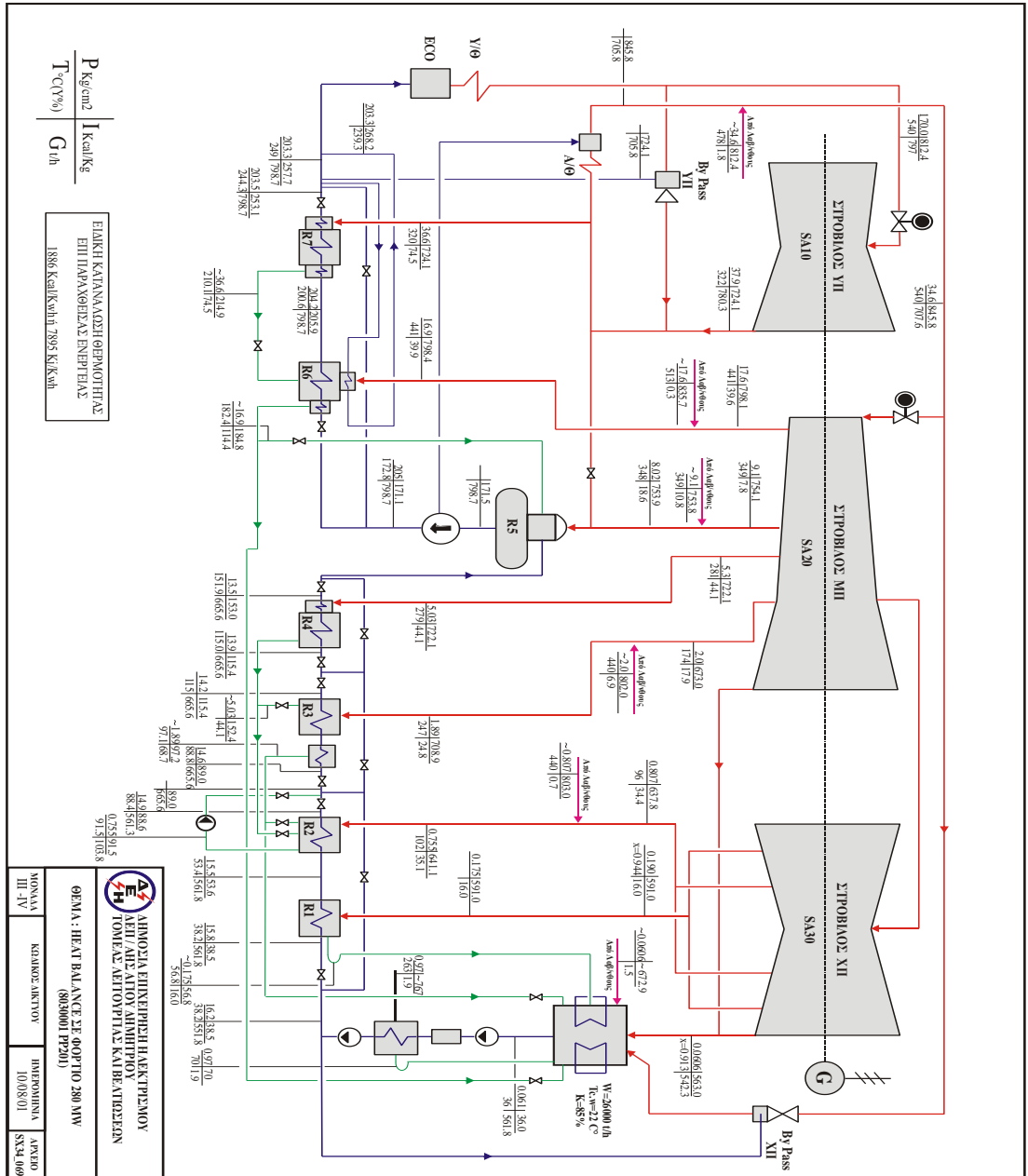
Από όλα τα σενάρια που πραγματοποιήθηκαν γίνεται αντιληπτό ότι η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση της υγρασίας αυξάνει τον βαθμό απόδοσης των μονάδων ατμοπαραγωγής. Συνεπώς, η βελτίωση του τρόπου προθέρμανσης του ατμοσφαιρικού αέρα που εισέρχεται στον θάλαμο καύσης οδηγεί και στη βελτίωση του βαθμού απόδοσης της μονάδας.

Με βάση τη συγκεκριμένη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, θα μπορούσαν να γίνουν και άλλες ιδιαίτερα χρήσιμες μελέτες. Μια πρόταση για μελλοντική μελέτη είναι η προσομοίωση του πύργου ψύξης. Με αυτή τη μελέτη θα μπορούσε να εξεταστεί η επίδραση των κλιματικών αλλαγών στην διαδικασία ψύξης του ψυκτικού νερού και πώς αυτό επιδρά στην πίεση που δημιουργείται στο συμπυκνωτή και κατ' επέκταση στο βαθμό απόδοσης του σταθμού.

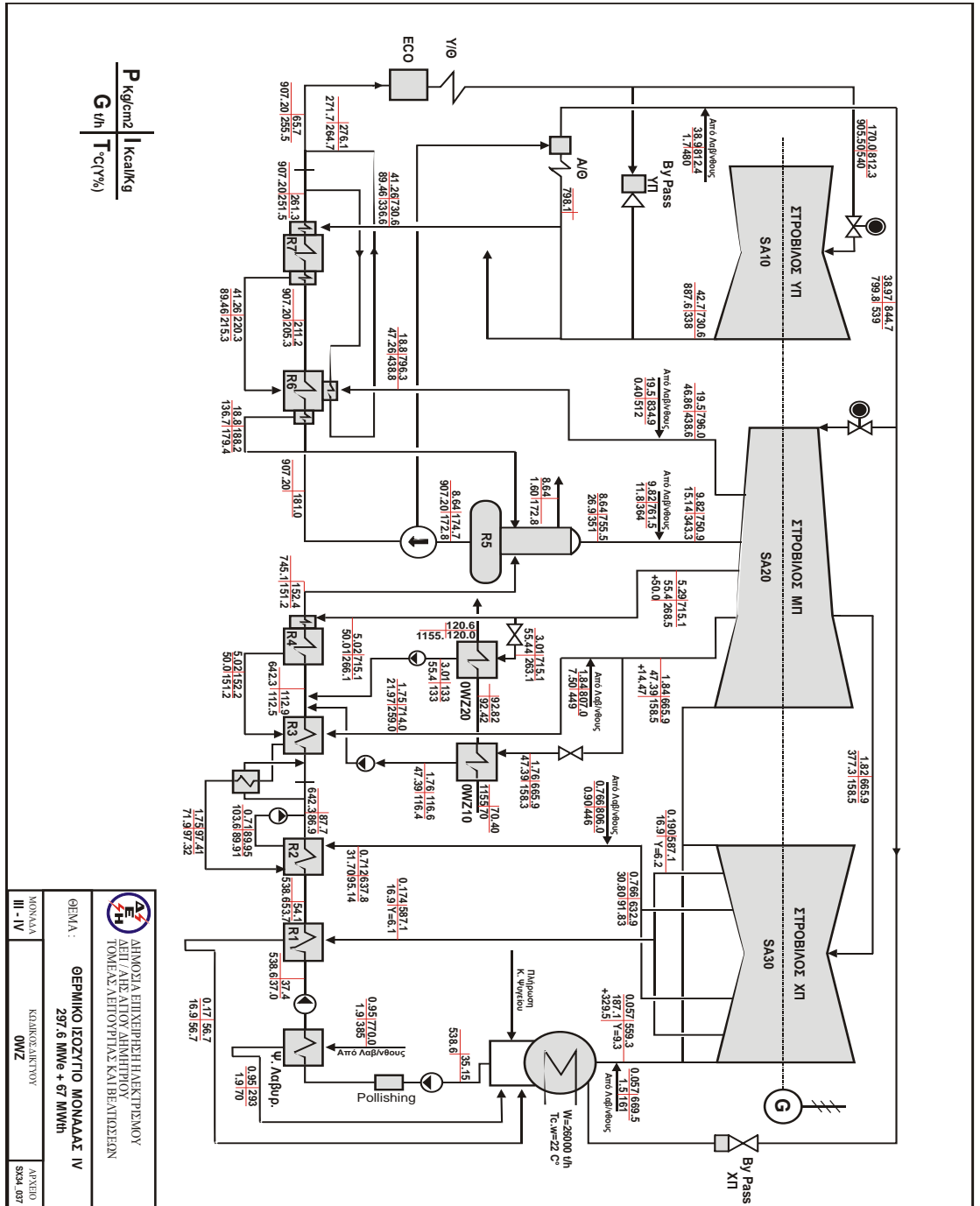
Επιπλέον, θα μπορούσε να μελετηθούν τα παραπάνω σενάρια με χρήση αεροστρόβιλων, συγκρίνοντας στη συνέχεια τους βαθμούς απόδοσης με αυτούς που υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη.


# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΟΝΑΔΩΝ I & II



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΟΝΑΔΩΝ III & IV



 ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΑΔΕΥ / ΑΔΕ ΑΠΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΟΥ ΤΟΜΕΑΣ ΝΕΠΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ	ΘΕΜΑ: <b>ΘΕΡΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΟΝΑΔΑΣ IV</b> 297.6 MW <sub>e</sub> + 67 MW <sub>th</sub>
ΜΟΝΑΔΑ III - IV	ΚΟΜΠΟΣΤΑΚΤΟΥ ΟΜΩΣ
ΑΡΙΘΜΟ ΣΧ. 504-037	



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΘΜΟΥ

### Contractual (Design) Data for Unit III and IV of Ag. Dimitrios Power Plant

Turbine MCR (310MWel) with Basic Fuel (not Boiler MCR, which is 950t/h of main steam)

Parameter	Value	Unit			
1	Main Steam Downstream Superheater	885.0 - 542.0 - 171.3	t/h - oC - bar		
2	Hot Reheated Steam Downstream Reheater	807.7 - 542.0 - 39.7	t/h - oC - bar	Fuel Lower Heating Value	kJ/kg 5440
3	Feedwater Upstream ECO	831.0 - 256.0 - 193.9	t/h - oC - bar	Fuel Consumption	t/h 523,2
4	Flue Gas Temperature at LUVO Inlet - Outlet	308.0 - 153.0	oC - oC	Fuel burnt	t/h 516,2
5	Flue Gas Flow at LUVO Inlet - Outlet	2,039.8 - 2,098.1	t/h - t/h	Consumed Fuel Thermal Power	kW 790613,33
6	Combustion Air Temperature at LUVO Inlet - Outlet	45.0 - 279.0	oC - oC		
7	Combustion Air Flow Downstream LUVO	1,459.9	t/h	Flue gas flow downstream LUVO	t/h 2098,1
8	Oxygen Content at Furnace (Upstream LUVO)	4.48	% vol	µg	kg/kg 4,06451
9	Oxygen Content Downstream	5.55	% vol		
10	Dust Content at Flue Gas Upstream ESP	404351,70	mg/Nm <sup>3</sup>	Flue Gas Exit Temperature	153
11	Dust Content at Flue Gas Downstream ESP	100	mg/Nm <sup>3</sup>	Flue Gas Specific Heat	kJ/kg K 1,12507
12	Basic Fuel Consumption	523,2	t/h		
13	Basic Fuel Lower Heating Value	5440	kJ/kg	Flue Gas Loss	% 11,180
14	Basic Fuel Moisture Content	57,20	% w.t.	Radiation Loss	% 0,47
15	Basic Fuel Ash Content	13,00	% w.t.	Unburnt Loss	% 1,35
16	Basic Fuel Carbon Content	18,20	% w.t.		
17	Basic Fuel Hydrogen Content	1,50	% w.t.	Combustion Efficiency	% 98,65
18	Basic Fuel Sulfur Content	0,35	% w.t.	Boiler Efficiency	% 87,000
19	Basic Fuel Nitrous Content	0,40	% w.t.		
20	Basic Fuel Oxygen Content	8,80	% w.t.	Steam Turbine Usefull Heat	kW 680622,22
21	Basic Fuel Carbon Dioxide Content	0,55	% w.t.	Boiler Usefull Heat	kW 687833,60
22	Condensate Upstream LPH 1	630.0 - 39.4 - 17.8	t/h - oC - bar		
23	Condensate Upstream LPH 2 (Downstream LPH 1)	630.0 - 55.8 - 17.4	t/h - oC - bar	Gross Electric Power	kW 310000
24	Condensate Upstream LPH 3 (Downstream LPH 2)	750.7 - 93.1 - 16.1	t/h - oC - bar		
25	Condensate Upstream LPH 4 (Downstream LPH 3)	750.7 - 118.8 - 15.1	t/h - oC - bar	Piping Thermal Loss	% 1,0484
26	Condensate Downstream LPH 4 (Upstream Deaerator)	750.7 - 156.3 - ?	t/h - oC - bar		
27	Feedwater Upstream HPH 6 (Downstream Deaerator)	907.2 - 178.7 - 214	t/h - oC - bar	Steam Turbine GHR	kJ/kWh 7904
28	Feedwater Upstream HPH 7 (Downstream HPH 6)	907.2 - 206.4 - 209.0	t/h - oC - bar	Steam Turbine Degradation	% -
29	Feedwater Downstream HPH 7	907.2 - 256.0 - ?	t/h - oC - bar		
30	High Pressure Steam Turbine Throttle	166.70 - 540	bar - oC	Power Plant Gross Efficiency	% 0,392100648
31	Intermediate Pressure Steam Turbine Throttle	38.30 - 540	bar - oC		
32	Extracted Steam to LPH 1	19.40 - 59.10 - 0.193	t/h - oC - bar		
33	Extracted Steam to LPH 2 (the drains flow to the condensate downstream LPH2)	41.70 - 106.00 - 0.820	t/h - oC - bar		
34	Extracted Steam to LPH 3 (the drains flow to LPH 2)	27.80 - 245.00 - 2.16	t/h - oC - bar		
35	Extracted Steam to LPH 4 (the drains flow to LPH 3)	51.20 - 277.00 - 5.60	t/h - oC - bar		
36	Extracted Steam to HPH 6 (the drains flow to Deaerator)	45.90 - 441.0 - 18.80	t/h - oC - bar		
37	Extracted Steam to HPH 7 (the drains flow to HPH 6)	89.00 - 336.00 - 40.60	t/h - oC - bar		
38	Drains at the Exit of LPH1	19.4 - 59.4	t/h - oC		
39	Drains at the Exit of LPH2 (subcooling)	120.7 - 95.7	t/h - oC		
40	Drains at the Exit of LPH3 (subcooling)	79.0 - 103.1	t/h - oC		
41	Drains at the Exit of LPH4 (subcooling)	51.2 - 155.8	t/h - oC		
42	Drains at the Exit of HPH6 (subcooling)	134.9 - 188.0	t/h - oC		
43	Drains at the Exit of HPH7 (subcooling)	89.0 - 216.4	t/h - oC		
44	Condenser Vacuum (85% clean)	64,9	mbar		
45	Steam Quality at Condenser Inlet	91,04	%		
46	Condensate Leaving Condenser Temperature	37,1	oC		
47	Steam Generator Efficiency	87,0	%		
48	Steam Turbine Gross Specific Heat	7904	kJ/kWh		

Seven (7) steam extractions, 4 for LP preheating, 1 for deaerating and 2 for HP preheating

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΓΓΡΑΦΗ

1. Planton, Serge (France; editor) (2013), "Annex III. Glossary: IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change
2. United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations, 1992
3. Bradley (1999), Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary
4. Alverson, Keith D., Bradley, Raymond, Pedersen, Thomas F. (Eds.) (2003), Paleoclimate, Global Change and the Future
5. Fischer, E. M., S. Seneviratne, I. Luthi and D.C. Schar (2007), "Contribution of land-atmosphere coupling to recent European summer heat waves
6. WWF HELLAS (2009), Το αύριο της Ελλάδας. Επιπτώσεις της κλιματική αλλαγής στην Ελλάδα κατά το άμεσο μέλλον
7. European Environment Agency, F. Giorgi, E. Coppola, F. Solmon, L. Mariotti, M. B. Sylla, X. Bi, N. Elguindi, G. T. Diro, V. Nair, G. Giuliani, U. U. Turuncoglu, S. Cozzini, I. Güttler, T. A. O'Brien, A. B. Tawfik, A. Shalaby, A. S. Zakey, A. L. Steiner, F. Stordal, L. C. Sloan, C. Brankovic (2012), Climate change, impacts and vulnerability in Europe
8. Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Regional Climate Model Experiments, L. O. Mearns, F. Giorgi, P. Whetton, D. Pabon, M. Hulme, M. Lal
9. IPCC, 2000, Emissions Scenarios, A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change by the Working Group III, Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart, Cambridge University Press, UK. pp570
10. IPCC, 2007, Climate Change 2007, The Physical Science Basis by the Working Group I, Contribution to Fourth Assessment Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
11. IPCC, 2007, Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability by the Working Group II, Contribution to Fourth Assessment Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
12. IPCC, 2013, Climate Change 2013, The Physical Science Basis, by the Working Group I.
13. M. Meinshausen, S. J. Smith, K. Calvin, J. S. Daniel, M. L. T. Kainuma, J-F. Lamarque, K. Matsumoto, S. A. Montzka, S. C. B. Raper, K. Riahi, A. Thomson & G. J. M. Velders, D.P. P. van Vuuren, The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300

14. Skamarock W.C, J.B Klemp, J. Dudhia, D.O.Gill, D.M.Barker, M.GDuda, X.Y.Huang, W.Wang, J.G.Powers: A Description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Technical Note, 2008
15. User's Guide for the Advanced Research WRF (ARW) Modeling System Version 3.5
16. M. R. Haylock, N. Hofstra , A. M. G. Klein Tank, E. J. Klok, P. D. Jones, M. New: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006
17. United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations, 1992, Αρ, 1, παρ. 3
18. US EPA. Glossary of climate change terms, 2010
19. WWF HELLAS: Το αύριο της Ελλάδας: επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά το άμεσο μέλλον, 2009
20. Ν. Παπαγεωργίου, Ατμοπαραγωγοί Ι Γενικές Αρχές, Εκδόσεις Συμείων, Αθήνα, Έκδοση 2<sup>η</sup>, ISBN -960-7888-618
21. Spenser, R.C. Cotton, K.C. and Cannon, C.N., 1974, A method for predicting the performance of stem turbine generators 16500KW and larger, ASME paper 62 WA 209
22. Rodney r. Gay, Carl A. Palmer, Michael R. Erbes, Power plant performance monitoring, R-Squared Publishing, ISBN-097-5587-609
23. Γεωργάκη Βαλσάμη, Τελική τεχνική έκθεση για το πρόγραμμα πρακτική άσκησης
24. Τόκα Βασιλική, Τελική τεχνική έκθεση για το πρόγραμμα πρακτική άσκησης

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

1. <http://www2.mmm.ucar.edu/>
2. <https://judithcurry.com/>
3. <http://pubs.giss.nasa.gov/>
4. <https://www.dei.gr/>
5. <http://www.rae.gr/>
6. [GATE CYCLE™ Help Menu](#)