

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Σωτηροπούλου Ραφαέλλα - Ελένη

Συντάκτης: Αποστολίδης Απόστολος

**Κοζάνη, Μάιος 2020**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΠΜΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ ΡΑΦΑΕΛΛΑ ΕΛΕΝΗ**

**ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ - (ΑΕΜ 38)**

**ΚΑΣΤΟΡΙΑ, ΜΑΪΟΣ 2020**



## **ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ**

Πιστοποιείται ότι η μεταπτυχιακή εργασία με θέμα:

### **«ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ»**

του μεταπτυχιακού φοιτητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας

**ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗ του ΝΙΚΟΛΑΟΥ**

**Αριθμός Ειδικού Μητρώου: 38**

Παρουσιάστηκε δημόσια και εξετάσθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών στις

\_\_\_ / \_\_\_ / 2020

**Ο επιβλέπων**

Ραφαέλλα - Ελένη  
Σωτηροπούλου

**Οι συνεπιβλέποντες**

Ευθύμιος Τάγαρης

Ιωάννης Μπακούρος

## Ευχαριστίες

Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά για τη βοήθεια που μου προσέφεραν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας:

Την κ. Σωτηροπούλου Ραφαέλλα - Ελένη που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα και με καθοδήγησε κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Νικολαΐδη Ιωάννη επικεφαλής του υποτομέα περιβάλλοντος και χημικού εργαστηρίου του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, για τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής.

*Αυτή την εργασία την αφιερώνω στον  
αγαπημένο μου πατέρα που αποτέλεσε  
και θα συνεχίσει να αποτελεί το  
μεγαλύτερο μου πρότυπο.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καύση άνθρακα αποτελεί μία από τις βασικές αιτίες για την πρόκληση αρνητικών επιπτώσεων τόσο στην υγεία των ανθρώπων όσο και στο περιβάλλον. Γι' αυτό το λόγο, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να πραγματοποιείται με όσο το δυνατόν φιλικότερους περιβαλλοντικά όρους, μέσω της αξιοποίησης προηγμένων συστημάτων αντιρρύπανσης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετώνται οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και ενώσεων από τον ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου, ο οποίος χρησιμοποιεί ως καύσιμο κυρίως τον λιγνίτη, αξιολογείται η επάρκεια των αντιρρυπαντικών τεχνολογιών του ΑΗΣ, οι οποίες στοχεύουν στον περιορισμό των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την καύση άνθρακα και αναλύονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τους εκπεμπόμενους ρύπους.

## **ABSTRACT**

Carbon burning is one of the main causes of negative effects on both human health and the environment. For this reason, electricity generation should be carried out under the most environmentally friendly conditions possible, implementing the use of advanced pollution control technologies.

In the present dissertation, the emissions of air pollutants and compounds from the steam power plant of Saint Dimitrios, who uses, mainly, lignite as fuel, are analysed, the adequacy of the plant's pollution control technologies are assessed and the environmental impacts caused by the plant's emissions are examined. Further pollution control technology systems are suggested when necessary.



## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή .....	17
2. Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας.....	19
2.1 Υφιστάμενο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής .....	19
2.2 Θερμικές Μονάδες» .....	19
2.2.1 Υφιστάμενες Μονάδες .....	19
2.2.2 Νέες Εντάξεις .....	21
2.2.3 Αποσύρσεις Μονάδων .....	22
2.3 Υδροηλεκτρικές Μονάδες.....	23
2.3.1 Υφιστάμενες Μονάδες .....	23
2.3.2 Νέες Εντάξεις .....	25
2.4 ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ .....	25
2.4.1 Υφιστάμενη Κατάσταση .....	25
2.4.2 Προβλεπόμενη εξέλιξη ΑΠΕ .....	27
2.5 Ο λιγνίτης στην ηλεκτροπαραγωγή .....	28
2.5.1 Τα χαρακτηριστικά του .....	28
2.5.2 Η εξόρυξη .....	29
2.5.3 Αποθέματα λιγνίτη.....	29
2.6 Λειτουργία Ατμοηλεκτρικού Σταθμού-Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.....	30
2.6.1 Τρόπος λειτουργίας ενός ατμοηλεκτρικού σταθμού (ΑΗΣ) [2].....	30
2.6.2 Λειτουργία Μονάδας .....	31
2.6.3 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.....	37
2.6.4 Οι πυλώνες στήριξης.....	38
2.6.5 Μονωτήρες .....	38
2.6.6 Αγωγοί.....	39
2.7 Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας Στην Ελλάδα.....	39
2.7.1 Ηπειρωτικό δίκτυο και διεθνείς διασυνδέσεις .....	40
3. Ρύπανση του περιβάλλοντος από Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .....	42

3.1	Ρύπανση του περιβάλλοντος από παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	42
3.2	Εκπεμπόμενες ενώσεις και ρύποι .....	42
3.2.1	Το διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) .....	42
3.2.2	Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) .....	43
3.2.3	Τα οξείδια του αζώτου (NO <sub>x</sub> ).....	43
3.2.4	Το διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> ).....	45
3.2.5	Σωματιδιακοί ρύποι .....	46
3.2.6	Ρύπανση του εδάφους – στερεά απόβλητα.....	46
3.2.7	Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την εκμετάλλευση του λιγνίτη .....	47
4.	Τεχνολογίες αντιμετώπισης της ρύπανσης .....	48
4.1	Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων [7].....	48
4.1.1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO <sub>x</sub> .....	48
4.1.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO <sub>2</sub> .....	54
4.2	Τεχνολογίες απομάκρυνσης σωματιδιακών ρύπων .....	59
4.2.1	Μηχανικοί συλλέκτες.....	60
4.2.3	Βαρυτικοί συλλέκτες.....	60
4.2.4	Εκπλυτές (υγρά φίλτρα).....	61
4.2.5	Ηλεκτροστατικά φίλτρα.....	61
4.2.6	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ηλεκτροστατικών φίλτρων .....	63
4.3	Μέτρα για την μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων .....	63
5.	Νομοθετικό πλαίσιο για την μείωση των ρύπων .....	65
5.1	Περιβαλλοντική πολιτική Ευρωπαϊκής Κοινότητας .....	65
5.2	Θεσμικό πλαίσιο για την ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση .....	65
5.3	Οριακές τιμές ρύπων.....	65
5.4	Οριακές τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση .....	66
5.4.1	Όρια εκτάκτων μέτρων .....	66
5.5	Το πρωτόκολλο του Kyoto.....	66
5.6	Οριακές τιμές εκπομπής αερίων αποβλήτων από την καύση λιγνίτη.....	67
5.7	Η εφαρμογή στην Ελλάδα.....	68
6.	Η περίπτωση της Δυτικής Μακεδονίας, εκπεμπόμενοι ρύποι μονάδων ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου. ....	71
6.1	Περιγραφή περιοχής Μελέτης.....	71

6.1.1 Γενικά Στοιχεία αναφορικά με τον ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ .....	71
6.1.2 Η Δυτική Μακεδονία .....	72
6.2 Συγκριτικά Αποτελέσματα .....	73
6.2.1 Μονάδα III.....	73
6.2.2 Μονάδα IV.....	84
6.2.2 Μονάδα V .....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συμπεράσματα .....	107

## Εικόνες

Εικόνα 1 Υδατικά αποθέματα κατά την περίοδο 2012-2016 [1].....	25
Εικόνα 2 Σενάριο εξέλιξης εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ [1].....	28
Εικόνα 3 Διάγραμμα κύκλου λέβητα [2].....	31
Εικόνα 4 Διάγραμμα συστημάτων παραγωγικής διαδικασίας σταθμού [2] .....	31
Εικόνα 5 Διαδικασία παραλαβής, αποθήκευσης και πρόθραυσης λιγνίτη[2].....	32
Εικόνα 6 Διαδικασία παραγωγής αποσκληρυμένου νερού [2].....	33
Εικόνα 7 Διάγραμμα συλλογής και μεταφοράς τέφρας [2].....	34
Εικόνα 8 Διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την Μονάδα [2] .....	35
Εικόνα 9 Κύκλος λειτουργίας ΑΗΣ[2].....	35
Εικόνα 10 Λειτουργία Στροβίλου ΑΗΣ[2] .....	36
Εικόνα 11 Λειτουργία Στροβίλου ΑΗΣ[2] .....	37
Εικόνα 12 Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας [14] ....	40
Εικόνα 13 Οι διεθνείς διασυνδέσεις του συστήματος [8] .....	41
Εικόνα 14 Ατμοηλεκτρικός σταθμός [9] .....	42
Εικόνα 15 Καυστήρας χαμηλού NOx [12] .....	51
Εικόνα 16 Αέρας πάνω από τη φλόγα του καυστήρα [12].....	51
Εικόνα 17 Καυστήρες εκτός λειτουργίας [12].....	51
Εικόνα 18 Επανάκαυση καυσίμου [12] .....	52
Εικόνα 19 Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή [12] .....	53
Εικόνα 20 Εκλεκτική καταλυτική αναγωγή [12] .....	54
Εικόνα 21 Απλοποιημένο διάγραμμα ροής της διεργασίας υγροποίησης του ασβεστόλιθου [12] .....	57
Εικόνα 22 Διάγραμμα διαχωριστή σόδας-τέφρας [12] .....	58
Εικόνα 23 Ατμοηλεκτρικός σταθμός.....	59
Εικόνα 24 Βαρυτικός συλλέκτης σωματιδιακής ύλης [11] .....	60
Εικόνα 25 Σχεδιάγραμμα γενικής λειτουργίας ηλεκτροστατικού φίλτρου [11] .....	62
Εικόνα 26 Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2014 .....	74
Εικόνα 27 Εκπομπές NOx (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2014 .....	75
Εικόνα 28 Εκπομπές PM (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2014 .....	75
Εικόνα 29: Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2015 .....	76
Εικόνα 30 Εκπομπές NOx (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2015 .....	77
Εικόνα 31 Εκπομπές PM (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2015 .....	77
Εικόνα 32 Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2016 .....	78
Εικόνα 33 Εκπομπές NOx (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2016 .....	79
Εικόνα 34 Εκπομπές PM (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2016 .....	79
Εικόνα 35 Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2017 .....	80
Εικόνα 36 Εκπομπές NOx (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2017 .....	81
Εικόνα 37 Εκπομπές PM (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2017 .....	81
Εικόνα 38 Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2018.....	82
Εικόνα 39 Εκπομπές NOx (mg/Nm <sup>3</sup> <sub>dry</sub> , 6% O <sub>2</sub> ) από τη Μονάδα III για το έτος 2018 .....	83



Εικόνα 76 Σύγκριση εκπομπών PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}$ , 6% $\text{O}_2$ ) της Μονάδας IV για τα έτη 2015-2018.....	104
Εικόνα 77 Σύγκριση εκπομπών $\text{SO}_2$ ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}$ , 6% $\text{O}_2$ ) της Μονάδας V για τα έτη 2015-2018 .....	104
Εικόνα 78 Σύγκριση εκπομπών $\text{NO}_x$ ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}$ , 6% $\text{O}_2$ ) της Μονάδας V για τα έτη 2015-2018.....	105
Εικόνα 79 Σύγκριση εκπομπών PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}$ , 6% $\text{O}_2$ ) της Μονάδας V για τα έτη 2015-2018 .....	105
Εικόνα 80 Λωρίδες ασβεστόλιθου λιγνίτη .....	107

## Πίνακες

Πίνακας 1 Υφιστάμενοι κατάσταση του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής « .....	19
Πίνακας 2 Υφιστάμενοι θερμικοί σταθμοί παραγωγής συνδεδεμένοι στο σύστημα [1].....	20
Πίνακας 3 Μονάδες της ΔΕΗ ΑΕ που αποσύρονται μέχρι το 2027 .....	23
Πίνακας 4 Υφιστάμενοι Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής συνδεδεμένοι στο σύστημα [1] .....	23
Πίνακας 5 Ισχύς σταθμών παραγωγής ανά είδος και ως προς το στάδιο ανάπτυξης [1] .....	25
Πίνακας 6 Παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας από σταθμούς παραγωγής στο διασυνδεδεμένο σύστημα [1] .....	26
Πίνακας 7 Μέσος μηνιαίος συντελεστής φόρτισης ανά τεχνολογία (2012-2016) [1] .....	27
Πίνακας 8 Σενάριο διείσδυσης ΑΠΕ [1] .....	28
Πίνακας 9 Όρια ρύπων βάσει οδηγιών .....	66
Πίνακας 10 Όρια που θεσπίστηκαν για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Κιότο από ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες [19] .....	67
Πίνακας 11 Οριακές τιμές εκπομπής από την καύση λιγνίτη για το έτος 2017 <sup>*,**</sup> [19] .....	68
Πίνακας 12 Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου [15] .....	71
Πίνακας 13 Θερμική ισχύς Μονάδων 3,4 και 5 ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου .....	72





# 1. Εισαγωγή

Στη παρούσα εργασία μελετάται η παραγωγή ενέργειας από λιγνίτη και οι εκπομπές ρύπων όπως το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), το μονοξείδιο του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και τα αιωρούμενα σωματίδια. Η εργασία αναλύει την ενεργειακή κατάσταση της χώρα και εξετάζει την λειτουργία ενός από τους μεγαλύτερους ΑΗΣ του Ελλαδικού χώρου σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ατμοσφαιρικό επίπεδο από την λειτουργία του και τις αντιρρυπαντικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη αποδεκτών ορίων εκπομπών ρύπων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται αναφορά στο υφιστάμενο ενεργειακό σύστημα της χώρας, στην παραγωγή ενέργειας από λιγνίτη, όπως επίσης και στις υφιστάμενες υδροηλεκτρικές Μονάδες, στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) που διαθέτει το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας αλλά και η προβλεπόμενη εξέλιξή τους.

Αναλύεται ο τρόπος διαχείρισης και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας και εξετάζονται οι επιπτώσεις στην ρύπανση που προκαλεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Το έδαφος τα οικοσυστήματα αλλά και η ίδια ζωή των ανθρώπων απειλείται από τους ρύπους αυτούς.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι τεχνολογίες καταστροφής/απομάκρυνσης των ρύπων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθεται η ισχύουσα νομοθεσία τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη όπως επίσης και τα μέτρα που θα πρέπει να λάβει η χώρα μας για την μείωση των επιπτώσεων από τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο έκτο κεφάλαιο εξετάζεται η περίπτωση της Δυτικής Μακεδονίας και συγκεκριμένα οι εκπεμπόμενοι ρύποι των μονάδων 3, 4 και 5 του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου για το χρονικό διάστημα 2014-2018.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της.



## 2. Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας

### 2.1 Υφιστάμενο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής

Στα 17,5 GW ανέρχεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς. Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται το υπάρχων δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικότερα τόσο η υπάρχουσα κατάσταση όσο και οι προβλέψεις που έχουν γίνει για το μέλλον [1].

Πίνακας 1 Υφιστάμενοι κατάσταση του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής

	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	(%)
Θερμικές Μονάδες	8.819,3	52,8
Υδροηλεκτρικές Μονάδες με ταμιευτήρα	3.017,7	18,1
ΑΠΕ και Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ)	4.872,4	29,2
ΣΥΝΟΛΟ	17.528,3	100,0

### 2.2 Θερμικές Μονάδες

#### 2.2.1 Υφιστάμενες Μονάδες

Η πλειονότητα του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής (53% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος) αποτελείται από θερμικές Μονάδες, οι οποίες περιλαμβάνουν λιγνιτικές Μονάδες και Μονάδες φυσικού αερίου [, όπως φαίνεται και στον πίνακα. Η μεγαλύτερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας καλύπτονται από αυτές τις Μονάδες [1].

Στη περιοχή της Μεγαλόπολης στη Πελοπόννησο και στη περιοχή της Πτολεμαΐδας βρίσκονται οι κυριότεροι λιγνιτικοί σταθμοί, ενώ το 30% της κατανάλωσης του συστήματος που προέρχεται από το φυσικό αέριο βρίσκονται κοντά στη περιοχή της πρωτεύουσας [1].

Οι Μονάδες αυτές λειτουργούν πάνω από 20 χρόνια για αυτό το λόγο θεωρούνται παλιές. Πρόσφατα έχουν τεθεί σε λειτουργία νέες Μονάδες συνδυασμένου κύκλου και μια Μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας υψηλής απόδοσης (ΣΗΘΥΑ). Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι υπάρχουσες Μονάδες που είναι συνδεδεμένες με το σύστημα [1].

Πίνακας 2 Υφιστάμενοι θερμικοί σταθμοί παραγωγής συνδεδεμένοι στο σύστημα [1]

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) <sup>1</sup>	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
<b>Λιγνιτικές Μονάδες</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος I	300	274
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος II	300	274
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος III	310	283
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος IV	310	283
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου	Αγ. Δημήτριος V	375	342
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αμυνταίου	Αμύνταιο I	300	273
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αμυνταίου	Αμύνταιο II	300	273
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά I	300	271
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά II	300	271
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά III	306	280
ΔΕΗ	ΑΗΣ Καρδιάς	Καρδιά IV	306	280
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α	Μεγαλόπολη III	300	255
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β	Μεγαλόπολη IV	300	256
ΔΕΗ	ΑΗΣ Μελίτης	Μελίτη I	330	289
<b>Σύνολο ισχύος Λιγνιτικών Μονάδων:</b>			<b>4337</b>	<b>3904</b>
<b>Μονάδες Φυσικού Αερίου Συνδυασμένου Κύκλου (ΜΣΚ)</b>				
ΔΕΗ	ΑΗΣ Αλιβερίου	Αλιβέρι V	426,9	417
ΔΕΗ	ΑΗΣ Κομοτηνής	ΜΣΚ Κομοτηνής	484,6	476,3
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο IV («Μεγάλη ΜΣΚ»)	560	550,2
ΔΕΗ	ΑΗΣ Λαυρίου	Λαύριο V («Νέα ΜΣΚ»)	385,2	377,6

ELPEDISON ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	ΘΗΣ ΕΝΘΕΣ	ΜΣΚ ΕΝΘΕΣ	408,4	400,3
ΗΡΩΝ ΙΙ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ ΙΙ	ΜΣΚ ΗΡΩΝ ΙΙ	432	422,1
ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER	ΘΗΣ Αγ. Θεοδώρων	ΜΣΚ Αγ. Θεοδώρων	436,6	433,5
ELPEDISON ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	ΘΗΣ Θίσβης	ΜΣΚ Θίσβης	421,6	410
PROTERGIA S.A.	ΘΗΣ Αγ. Νικολάου	ΜΣΚ Αγ. Νικολάου	444,5	432,7
<b>Σύνολο ισχύος Μονάδων ΦΑ Συνδυσασμένου Κύκλου:</b>			<b>3999,8</b>	<b>3919,7</b>
<b>Μονάδες Φυσικού Αερίου Ανοικτού Κύκλου</b>				
ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ	3 μονάδες	148,5	147,8
<b>Σύνολο ισχύος Ατμοστροβιλικών Μονάδων ΦΑ:</b>			<b>148,5</b>	<b>147,8</b>

Σύμφωνα με την αντίστοιχη Άδεια Παραγωγής και τις Αποφάσεις της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) περί οριστικής απόσυρσης των μονάδων Πτολεμαΐδας I-IV, Λιπτώλ I-II, Μεγαλόπολης I-II, Αλιβερίου III-IV, Λαυρίου I-III, Αγ. Γεωργίου VIII-IX [1].

<b>Κατανεμόμενες Μονάδες ΣΗΘΥΑ</b>				
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ	ΘΗΣ Αλουμινίου	3 μονάδες	334 <sup>(3)</sup>	334
<b>Σύνολο ισχύος Κατανεμόμενων Μονάδων ΣΗΘΥΑ:</b>			<b>334</b>	<b>334</b>
<b>Σύνολο ισχύος Θερμοηλεκτρικών Σταθμών:</b>			<b>8819,3</b>	<b>8305,5</b>

1. Αναφέρονται μόνον οι Μονάδες που είναι σε εμπορική λειτουργία και συνδέονται στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, ανεξάρτητα από την καταχώρησή τους στο Μητρώο ΑΔΙ.
2. Δεν αναφέρονται οι Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη των 40 MW.
3. Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων (125, 125 και 84 MW) προκύπτει από τις αντίστοιχες Άδειες Παραγωγής [1]

### 2.2.2 Νέες Εντάξεις

Λόγω της μετάβασης στην απελευθερωμένη ενέργεια υπάρχει αβεβαιότητα στην εξέλιξη του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής διότι η είσοδος των καινούριων μονάδων γίνεται με στόχο τη βιωσιμότητα των επενδύσεων και όχι τη μελλοντική επάρκεια του συστήματος. Επίσης δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί το ακριβές χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα πραγματοποιηθούν οι προγραμματισμένες επενδύσεις λόγω δυσκολιών στην αδειοδότηση ή στη κατασκευή τους. Στην παρούσα ανάλυση λήφθηκαν υπόψη οι υπό κατασκευή Μονάδες που είναι σε προχωρημένο στάδιο κατασκευής [1].

### 2.2.3 Αποσύρσεις Μονάδων

Οι παλιές Μονάδες λόγω της ισχύουσας νομοθεσίας θα αποσυρθούν ή θα τεθούν σε εφεδρεία από τη ΔΕΗ. Η επιχείρηση έχει προτείνει για το σκοπό αυτό ένα εκτεταμένο πρόγραμμα απόσυρσης μονάδων το οποίο έχει εγκριθεί από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Έτσι λόγω της νομοθεσίας η ΔΕΗ έχει ανακοινώσει: την έξοδο των μονάδων 3 και 4 του ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ από το σχέδιο μείωσης των ρύπων και την είσοδο τους, μαζί με τις Μονάδες 1 και 2 του ίδιου σταθμού αλλά και τις Μονάδες 1 και 2 του ΑΗΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ, στο καθεστώς περιορισμένης διάρκειας. Επίσης θα υλοποιήσει τα απαραίτητα έργα περιβαλλοντικής αναβάθμισης στις Μονάδες 1-5 του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου (κάποια από αυτά έχουν ήδη υλοποιηθεί και άλλα βρίσκονται σε εξέλιξη) σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης έχει αποφασιστεί από την επιχείρηση η υλοποίηση των απαραίτητων επενδύσεων στις Μονάδες του Αγίου Δημητρίου για τη συμμόρφωση με τους στόχους του Μεταβατικού Εθνικού Σχεδίου Μείωσης των Εκπομπών (ΜΕΣΜΕ). Απαιτούνται περίπου 5-6 μήνες ούτως ώστε να γίνουν οι απαραίτητες εργασίες στις Μονάδες για την μείωση των εκπομπών ΝΟx. Στην Πέμπτη Μονάδα του Αγίου Δημητρίου έχουν γίνει οι σχετικές εργασίες ενώ οι υπόλοιπες έχουν ήδη ενταχθεί στο πρόγραμμα περιβαλλοντικής αναβάθμισης [2].

Όσο αφορά τη μείωση των εκπομπών θείου για τις Μονάδες 1-4 του Αγίου Δημητρίου δεν έχει γίνει γνωστός ακόμα ο ακριβής προγραμματισμός και ανάλογα αν θα απαιτηθεί υγρή ή ξηρή αποθείωση θα πρέπει να γίνει η ανάλογη διακοπή λειτουργίας της Μονάδας. Για την Πέμπτη Μονάδα του Αγίου Δημητρίου έχει προγραμματιστεί υγρή αποθείωση της οποίας οι εργασίες θα γίνουν το πρώτο εξάμηνο του 2020 και αυτό θα ρίξει την ισχύ της Μονάδας από 342 MW σε 326 MW [2].

Οι Μονάδες του Αμυνταίου και της Καρδιάς έχουν μπει στο καθεστώς περιορισμένης διάρκειας το οποίο συνεπάγεται για το διάστημα 2016-2023 17500 ώρες λειτουργίας ανά καμινάδα. Όταν συμπληρωθούν οι ώρες οι Μονάδες θα κλείσουν οριστικά. Η ΔΕΗ έχει επιλέξει το σενάριο μειωμένης λειτουργίας για τις Μονάδες 3 και 4 του ΑΗΣ Καρδιάς και τις Μονάδες του Αμυνταίου λόγω του ότι αυτές οι Μονάδες εξυπηρετούν τις ανάγκες τηλεθέρμανσης στις πόλεις της Πτολεμαΐδας και του Αμυνταίου. Έτσι, σύμφωνα με αυτό το σενάριο οι Μονάδες αυτές θα λειτουργούν σε πλήρη ισχύ τη χειμερινή περίοδο δηλαδή 15 Οκτωβρίου μέχρι 15 Απριλίου έως ότου εξαντληθούν οι ώρες τους [2].

Τέλος σύμφωνα με την επιχείρηση η 3η Μονάδα της Μεγαλόπολης θα αποσυρθεί τέλος του έτους 2025 αφού θα έχει συμπληρώσει 50 χρόνια λειτουργίας [2].

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι Μονάδες οι οποίες πρόκειται να αποσυρθούν.

Πίνακας 3 Μονάδες της ΔΕΗ ΑΕ που αποσύρονται μέχρι το 2027

Μονάδα	Καύσιμο	Καθαρή Ισχύς (MW)
Αμύνταιο I	Λιγνίτης	273
Αμύνταιο II	Λιγνίτης	273
Καρδιά I	Λιγνίτης	271
Καρδιά II	Λιγνίτης	271
Καρδιά III	Λιγνίτης	280
Καρδιά IV	Λιγνίτης	280
Μεγαλόπολη III	Λιγνίτης	255
ΣΥΝΟΛΟ		1903

## 2.3 Υδροηλεκτρικές Μονάδες

### 2.3.1 Υφιστάμενες Μονάδες

Στη δυτική και βόρεια Ελλάδα βρίσκονται κυρίως οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Ενώ οι υδροηλεκτρικές Μονάδες για το Ελληνικό σύστημα είναι σημαντικές, η συνεισφορά τους η οποία ανέρχεται στο 18% είναι μικρή [1]. Λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας νερού τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την κάλυψη των αναγκών σε περιόδους αιχμής. Στον πίνακα αποτυπώνεται η παραγωγή των υδροηλεκτρικών μονάδων για τα τελευταία δέκα χρόνια όπου ανάλογα με τις συνθήκες κάθε έτους ο συντελεστής με τον οποίο χρησιμοποιούνται κυμαίνεται από 10-20% [3]. Παρουσιάζονται στην εικόνα 1 τα υδατικά αποθέματα κατά τα τελευταία πέντε χρόνια.

Πίνακας 4 Υφιστάμενοι Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής συνδεδεμένοι στο σύστημα [1]

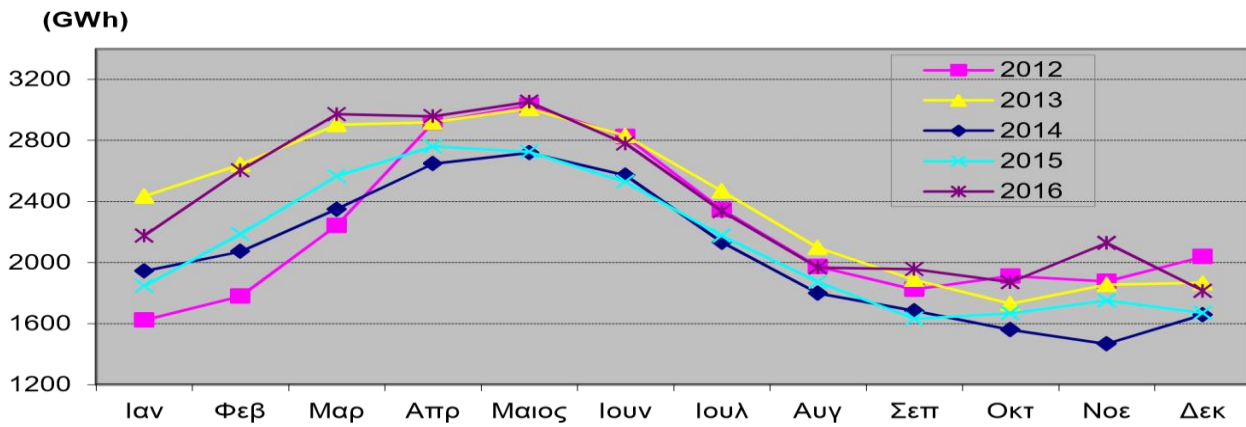
ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) <sup>2</sup>	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
ΔΕΗ	ΥΗΣ Άγρα	Άγρας I	25	25
ΔΕΗ	ΥΗΣ Άγρα	Άγρας II	25	25
ΔΕΗ	ΥΗΣ Ασωμάτων	Ασώματα I	54	54
ΔΕΗ	ΥΗΣ Ασωμάτων	Ασώματα II	54	54
ΔΕΗ	ΥΗΣ Εδεσσαίου	Εδεσσαίος	19	19
ΔΕΗ	ΥΗΣ Θησαυρού	Θησαυρός I (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	128	128
ΔΕΗ	ΥΗΣ Θησαυρού	Θησαυρός II (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	128	128

ΔΕΗ	ΥΗΣ Θησαυρού	Θησαυρός III (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	128	128
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι I	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι II	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι III	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι IV	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά I	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά II	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά III	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά IV	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Λάδωνα	Λάδωνας I	35	35
ΔΕΗ	ΥΗΣ Λάδωνα	Λάδωνας II	35	35
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πηγών Αώου	Πηγές Αώου I	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πηγών Αώου	Πηγές Αώου II	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλαστήρα (Ταυρωπός)	Πλαστήρας I	43,3	43,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλαστήρα (Ταυρωπός)	Πλαστήρας II	43,3	43,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλαστήρα (Ταυρωπός)	Πλαστήρας III	43,3	43,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλατανόβρυσης	Πλατανόβρυση I	58	58
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλατανόβρυσης	Πλατανόβρυση II	58	58
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πολυφύτου	Πολύφυτο I	125	125
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πολυφύτου	Πολύφυτο II	125	125
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πολυφύτου	Πολύφυτο III	125	125
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου I	Πουρνάρι I, Μονάδα I	100	100
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου I	Πουρνάρι I, Μονάδα II	100	100
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου I	Πουρνάρι I, Μονάδα III	100	100
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου II	Πουρνάρι II, Μονάδα I	16	16
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου II	Πουρνάρι II, Μονάδα II	16	16
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου II	Πουρνάρι II, Μονάδα III	1,6	1,6

ΔΕΗ	ΥΗΣ Στράτου	Στράτος I	75	75
ΔΕΗ	ΥΗΣ Στράτου	Στράτος II	75	75
ΔΕΗ	ΥΗΣ Σφηκιάς	Σφηκιά I (Αναστρέψιμη αντλητική Μονάδα)	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Σφηκιάς	Σφηκιά II (Αναστρέψιμη αντλητική Μονάδα)	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Σφηκιάς	Σφηκιά III (Αναστρέψιμη αντλητική Μονάδα)	105	105
<b>Σύνολο ισχύος Υδροηλεκτρικών Μονάδων:</b>			<b>3017,7</b>	<b>3017,7</b>

Αποθέματα ταμειυτήρων κατά την περίοδο 2012 – 2016





Εικόνα 1 Υδατικά αποθέματα κατά την περίοδο 2012-2016 [1]

### 2.3.2 Νέες Εντάξεις

Υπάρχουν πέντε υδροηλεκτρικοί σταθμοί ισχύος 830 MW οι οποίοι έχουν ζητήσει και έχουν λάβει προσφορά σύνδεσης. Στη παρούσα μελέτη συμπεριλαμβάνεται ο υδροηλεκτρικός σταθμός της ΔΕΗ «ΥΗΣ Ιλαρίωνα» ο οποίος βρίσκεται στον Αλιάκμονα και έχει ισχύ 153MW [1].

## 2.4 ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ

### 2.4.1 Υφιστάμενη Κατάσταση

Έχει δοθεί μεγάλος αριθμός αδειών για να γίνουν έργα ΑΠΕ που ανέρχονται στα 30 MW. Αυτές οι άδειες αφορούν κυρίως φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα και λιγότερο άλλους σταθμούς όπως για παράδειγμα φυσικού αερίου ή υδροηλεκτρικούς [1].

Μέχρι το 2016 λειτουργούσαν σταθμοί ΑΠΕ ισχύος 4872 MW από την οποία τα 2444 MW προέρχονται από φωτοβολταϊκά και τα 2047 MW από αιολικά. Επίσης έχουν δοθεί προσφορές σύνδεσης για 127 σταθμούς ανανεώσιμων πηγών όπου οι 119 αφορούν αιολικά πάρκα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα στοιχεία για τους σταθμούς ανανεώσιμων πηγών που είτε λειτουργούν είτε έχουν λάβει προσφορά σύνδεσης [1].

Πίνακας 5 Ισχύς σταθμών παραγωγής ανά είδος και ως προς το στάδιο ανάπτυξης [1]

ΕΙΔΟΣ	ΙΣΧΥΣ (MW)		
	Με μη Δεσμευτικές Προσφορές Σύνδεσης <sup>(1)</sup>	Με Οριστικές Προσφορές Σύνδεσης	Σε λειτουργία
Α/Π	16745	2403	2047

ΜΥΗΣ	220	4	223
ΣΗΘΥΑ	73	0	100
Φ/Β	2065	240	2444
ΣΒΙΟ	65	0	57
Η/Θ	121	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>19289</b>	<b>2647</b>	<b>4871</b>

(1) Για σύνδεση στο Σύστημα (αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ)

(2) Περιλαμβάνονται και οι σταθμοί αρμοδιότητας ΔΕΔΔΗΕ, καθώς και οι Φ/Β σταθμοί του Ειδικού Προγράμματος ΦΕΚ Β 1079/2009. Δεν περιλαμβάνονται οι σταθμοί που δεν παρείχαν ενέργεια το τρέχον έτος.

Ο εθνικός στόχος για το 2020 αναμένεται να καλυφθεί από τις παραπάνω Προσφορές Σύνδεσης.

Ο πίνακας 6 αποτυπώνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα από ανανεώσιμες πηγές για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι ανανεώσιμες πηγές προσφέρουν στη χώρα μας το 17,84% της ηλεκτρικής ενέργειας από 3,87% που ήταν το 2008.

Σε αυτή αν συμπεριλάβουμε την ενέργεια από υδροηλεκτρικούς σταθμούς που το 2016 ανερχόταν στα 4843 GW διαπιστώνεται ότι η συνολική συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 27.29% των ενεργειακών αναγκών της χώρας [1].

Πίνακας 6 Παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας από σταθμούς παραγωγής στο διασυνδεδεμένο σύστημα [1]

ΕΤΟΣ	Α/Π		Φ/Β		ΜΥΗΣ		ΣΒΙΟ		ΣΗΘΥΑ		ΣΥΝΟΛΟ	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
2008	791	1661	11	5	158	325	39	177	63	35	1062	2203
2009	917	1908	46	45	183	657	41	182	141	144	1327	2937
2010	1039	2062	153	132	197	754	41	194	125	115	1555	3256
2011	1363	2596	439	442	205	581	45	199	89	142	2141	3959
2012	1466	3161	1126	1510	213	669	45	197	90	149	2940	5686
2013	1520	3392	2419	3408	220	771	46	210	90	119	4295	7900
2014	1662	3009	2436	3557	220	701	47	207	99	159	4464	7633
2015	1775	3856	2444	3629	224	707	52	222	100	188	4595	8602
2016	2047	4331	2444	3650	223	721	58	253	100	185	4872	9140

Στον Πίνακα 7 δίνεται ο μέσος μηνιαίος συντελεστής φόρτισης (βάση των στοιχείων της τελευταίας πενταετίας) ανά τεχνολογία ΑΠΕ.

Πίνακας 7 Μέσος μηνιαίος συντελεστής φόρτισης ανά τεχνολογία (2012-2016) [1]

	Αιολικά	Μικρά υδροηλεκτρικά	Βιομάζα/ Βιοαέριο	ΣΗΘΥΑ
	(%)			
Ιαν.	28,75	42,83	53,00	26,67
Φεβ.	28,63	51,36	53,39	26,10
Μαρ.	27,00	59,32	52,86	24,85
Απρ.	24,50	58,90	53,27	21,22
Μάϊος	20,45	49,58	51,34	15,39
Ιουν.	21,28	33,74	50,42	12,13
Ιουλ.	22,70	23,16	50,01	9,26
Αυγ.	26,20	18,92	51,03	9,25
Σεπ.	18,97	17,72	50,52	11,38
Οκτ.	24,55	22,19	50,44	19,50
Νοε.	27,19	30,87	50,77	24,40
Δεκ.	26,90	39,49	52,40	28,09

#### 2.4.2 Προβλεπόμενη εξέλιξη ΑΠΕ

Γενικά οι προβλέψεις για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν μεγαλύτερες ή και αντίστοιχες δυσκολίες όπως αυτές για την πρόβλεψη φορτίου. Η αδειοδοτική διαδικασία των έργων αλλά και οι περισσότερες επενδυτικές πρωτοβουλίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ [4].

Υπάρχει μεγάλη χρονική καθυστέρηση μεταξύ του χρόνου υλοποίησης των έργων και του χρόνου χορήγησης των αδειών σύνδεσης.

Υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα όσο αφορά το χώρο και το χρόνο για τους νέους σταθμούς ανανεώσιμων πηγών το οποίο κάνει πιο δύσκολο το σχεδιασμό και το προγραμματισμό για την ανάπτυξη του συστήματος. Ακόμα δεν είναι σίγουρο ποια από όλα αυτά τα έργα που είτε έχουν πάρει άδεια είτε έχουν πάρει προσφορές σύνδεσης θα προχωρήσουν στη τελική υλοποίηση ιδιαίτερα κάτω από αυτές τις δυσμενείς οικονομικά συνθήκες που βιώνουμε [4, 1].

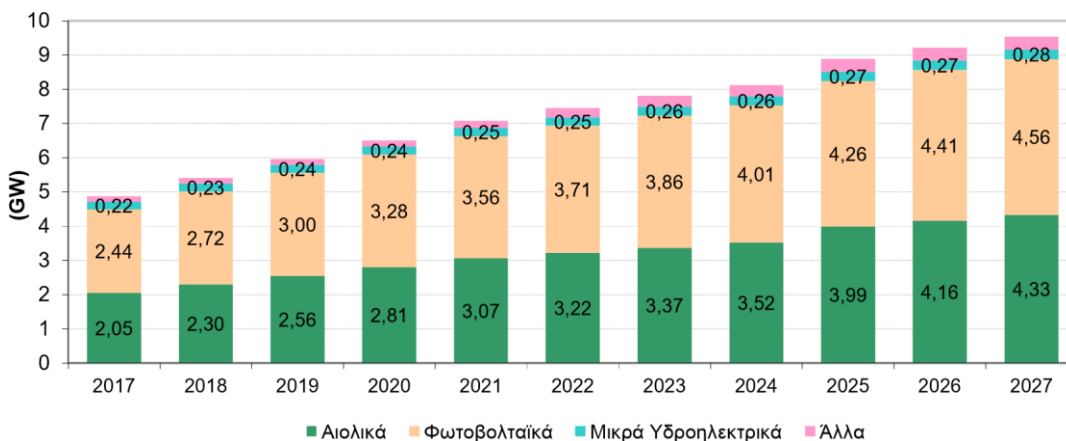
Αν λάβουμε υπόψη τον αριθμό των έργων που πρόκειται να γίνουν και έχουν πάρει αδειοδότηση οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι είναι πολύ κοντά στο να επιτευχθεί ο στόχος να καλύπτουν οι ΑΠΕ και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά το 40% της ηλεκτρικής ζήτησης ως το 2020.

Στον πίνακα 8 περιγράφεται το σενάριο εισχώρησης των ανανεώσιμων πηγών στο οποίο φαίνονται και οι ανανεώσιμες πηγές που υπάρχουν στα νησιά, ενώ στην εικόνα 2 απεικονίζονται οι προβλέψεις που υπάρχουν για τις ΑΠΕ μέχρι και το 2027 [1, 4].

Πίνακας 8 Σενάριο διεύδυσης ΑΠΕ [1]

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	(MW)										
Αιολικά	2047	2300	2555	2810	3065	3220	3370	3520	3990	4160	4330
Φωτοβολταϊκά	2444	2720	3000	3280	3560	3710	3860	4010	4256	4406	4556
Μικρά Υδροηλεκτρικά	223	228	237	242	247	252	257	262	267	272	277
Βιομάζα/Βιοαέριο	58	62	66	70	100	150	200	200	200	200	200
ΣΗΘΥΑ	100	104	108	110	110	125	125	125	125	125	125
Ηλιοθερμικά									50	50	50
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4872</b>	<b>5414</b>	<b>5966</b>	<b>6512</b>	<b>7082</b>	<b>7457</b>	<b>7812</b>	<b>8117</b>	<b>8888</b>	<b>9213</b>	<b>9538</b>

## Σενάριο Διεύδυσης ΑΠΕ



Εικόνα 2 Σενάριο εξέλιξης εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ [1]

## 2.5 Ο λιγνίτης στην ηλεκτροπαραγωγή

### 2.5.1 Τα χαρακτηριστικά του

Ο λιγνίτης είναι γαιάνθρακας με καφέ ή μαύρο χρώμα, το κυριότερο συστατικό του οποίου είναι ο άνθρακας ενώ περιέχει και ποσότητες νερού, αζώτου, υδρογόνου και οξυγόνου [2]. Ο

λιγνίτης θεωρείται το χειρότερης ποιότητας καύσιμο άνθρακα, ενώ η περιεκτικότητα του σε άνθρακα είναι υψηλότερη από της τύρφης και χαμηλότερη από του λιθάνθρακα. Η θερμογόνοση του δύναμη είναι μικρότερη από του ανθρακίτη. Η κύρια χρήση του λιγνίτη πραγματοποιείται στις Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα κοιτάσματα του λιγνίτη που βρίσκονται στη Πτολεμαΐδα είναι ηλικίας περίπου πέντε εκατομμυρίων ετών. Κάποιες περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας όπως για παράδειγμα το Αμύνταιο, η Πτολεμαΐδα, η Κοζάνη και τα Σέρβια ήταν περιοχή με έλη και λίμνες. Λόγω του ότι ο λιγνίτης είναι πολύ δύσκολο να μεταφερθεί χρησιμοποιείται από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία είναι κατασκευασμένα πολύ κοντά στα ορυχεία. Έτσι το προϊόν χρησιμοποιείται από την ίδια τη χώρα για τη κάλυψη των δικών της αναγκών.

Είναι πολύ σημαντικό καύσιμο για τη χώρα μας αφού είναι φθηνό, ενώ προσφέρει ασφάλεια στο ενεργειακό σύστημα της χώρας αφού η Ελλάδα έχει, εδώ και χρόνια στηρίξει, την ενεργειακή της ασφάλεια στο συγκεκριμένο καύσιμο [2].

### *2.5.2 Η εξόρυξη*

Για την εξόρυξη του λιγνίτη είναι απαραίτητοι οι ταινιόδρομοι, οι καδοφόροι εκσκαφείς οι οποίοι βρίσκονται στα ορυχεία ενώ το κοίτασμα εκσκάπτεται κατά στρώσεις. Οι καδοφόροι εκσκαφείς είναι υπεύθυνοι για την εξόρυξη των υπερκείμενων καθώς και στη συνέχεια του λιγνίτη. Έτσι ο λιγνίτης καταλήγει στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ενώ τα ενδιάμεσα υλικά επιστρέφουν στο ορυχείο έτσι ώστε το τοπίο της περιοχής να επηρεαστεί κατά το ελάχιστο. Οι ταινιόδρομοι είναι αυτοί οι οποίοι αναλαμβάνουν τη μεταφορά του λιγνίτη και των άλλων υλικών ακόμα και σε μακρινές αποστάσεις. Τελικά τα διάφορα υλικά αφήνονται στις περιοχές από τις οποίες έχουμε πάρει το λιγνίτη. Εκτός βέβαια και από το βασικό εξοπλισμό απαιτείται και ένας δευτερεύον εξοπλισμός όπως για παράδειγμα τα φορτηγά και άλλα [2, 5].

### *2.5.3 Αποθέματα λιγνίτη*

Τα συνολικά βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στη χώρα ανέρχονται σε περίπου 5 δις. τόνους. Όλη αυτή η ποσότητα λιγνίτη βρίσκεται διάσπαρτη σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας όπως για παράδειγμα στη Πτολεμαΐδα, στη Δράμα, στην Ελασσόνα, στη Μεγαλόπολη. Μέχρι σήμερα έχουμε εξορύξει περίπου το 30% των αποθεμάτων οπότε καταλαβαίνουμε ότι έχουμε αποθέματα για πολλά χρόνια στη χώρα μας. Με τα μέχρι σήμερα δεδομένα τα κοιτάσματα τα οποία μπορούμε να εκμεταλλευτούμε για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 3,2 δις τόνους. Με βάση τους υπολογισμούς που γίνονται

αλλά και τη χρήση του καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τα αποθέματα τα οποία υπάρχουν στη χώρα επαρκούν για περίπου 50 χρόνια. Το αρνητικό των ελληνικών λιγνιτών είναι ότι η ποιότητα του καυσίμου είναι χαμηλή [2].

Στη περιοχή της Φλώρινας, της Πτολεμαΐδας και του Αμυνταίου βρίσκονται τα κοιτάσματα της Δυτικής Μακεδονίας. Η μεγαλύτερη ποσότητα εξορύσσεται στη Δυτική Μακεδονία αγγίζοντας τα 60 εκατομμύρια τόνους το χρόνο. Η Ελλάδα βρίσκεται στη δεύτερη θέση μεταξύ των χωρών της Ευρώπης που εξορύσσουν λιγνίτη ενώ είναι και πέμπτη παγκοσμίως. Η Δυτική Μακεδονία κατέχει τη μερίδα του λέοντος στα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα τα οποία ανέρχονται στα 251 εκατομμύρια τόνους. Επίσης υπάρχει αρκετά μεγάλη ποσότητα κοιτασμάτων και σε άλλες περιοχές όπως για παράδειγμα στην Ελασσόνα και στη Δράμα [5].

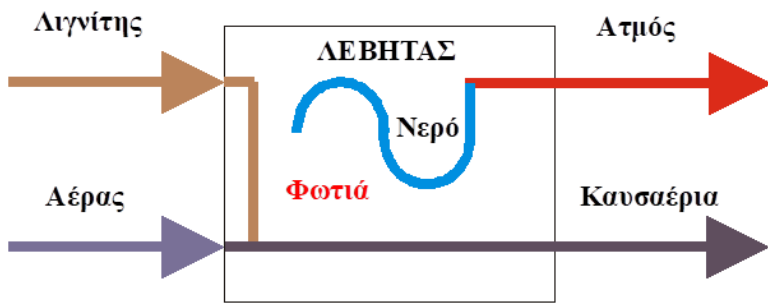
Η υγρασία του λιγνίτη της Δυτικής Μακεδονίας είναι περίπου 60% η τέφρα που περιέχει είναι γύρω στα 35% ενώ η ΚΘΔ ανέρχεται στα 1.300 kcal/kg, ενώ έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Παρόλα τα αρνητικά που έχει ο ελληνικός λιγνίτης η ΔΕΗ χρησιμοποιεί περίπου κατά μέσο όρο 50-60 εκατομμύρια τόνους το χρόνο το οποίο τη καθιστά έναν από τους μεγαλύτερους χρήστες σε ολόκληρο το κόσμο. Η εκμετάλλευση και η αξιολόγηση των λιγνιτών άρχισε το 1956 και θεωρείται επισήμως η χρονιά έναρξης της αξιοποίησης του συγκεκριμένου καυσίμου για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Εκείνη τη χρονιά η ΛΙΠΤΟΛ μαζί με Γερμανική εταιρεία κατασκεύασαν τον πρώτο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο λιγνίτη με ισχύ 10MW. Από τότε έχουν κατασκευαστεί και έχουν ήδη κλείσει πολλοί σταθμοί στη περιοχή, ενώ αναμένεται να κατασκευαστεί ένας ακόμα νέος σταθμός αυτός της Πτολεμαΐδας 5 [1].

## 2.6 Λειτουργία Ατμοηλεκτρικού Σταθμού-Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

### 2.6.1 Τρόπος λειτουργίας ενός ατμοηλεκτρικού σταθμού (ΑΗΣ)

Οι πρώτες ύλες που είναι απαραίτητες για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από έναν σταθμό είναι το νερό και ο λιγνίτης.

Η χημική ενέργεια του λιγνίτη μετατρέπεται σε θερμική κατά την καύση του στο λέβητα και χρησιμοποιείται για την ατμοποίησή του νερού. Η θερμική ενέργεια του ατμού πηγαίνει στο στρόβιλο ο οποίος τη μετατρέπει σε κινητική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια στη γεννήτρια. Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται το διάγραμμα κύκλου του λέβητα [2].



Εικόνα 3 Διάγραμμα κύκλου λέβητα [2]

## 2.6.2 Λειτουργία Μονάδας

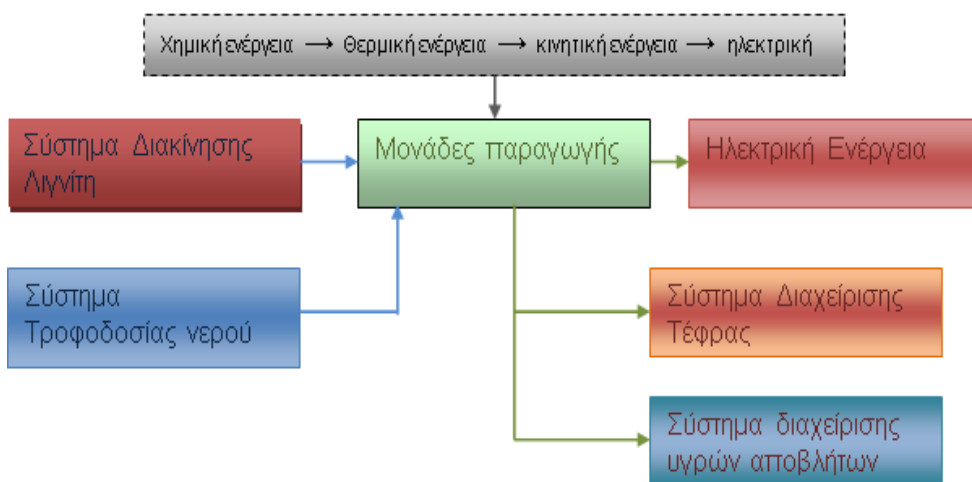
Ένας Λιγνιτικός Σταθμός παραγωγής ενέργειας από τα εξής συστήματα (εικόνα 4 ):

**Το Σύστημα Διακίνησης Λιγνίτη**, μέσω του οποίου τροφοδοτείται ο Λιγνίτης, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό λόγω του ότι ο λιγνίτης είναι η απαραίτητη ύλη για τη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

**Το Σύστημα Τροφοδοσίας και Επεξεργασίας Νερού**, που τροφοδοτεί με νερό συγκεκριμένης ποσότητας και ποιότητας την παραγωγική διαδικασία η οποία αποβάλλει τα υγρά απόβλητα.

**Το Σύστημα Αποκομιδής Τέφρας** το οποίο είναι υπεύθυνο για την απομάκρυνσή τόσο της ιπτάμενης όσο και της υγρής τέφρας.

**Το Σύστημα Μονάδων** στις οποίες η χημική ενέργεια του λιγνίτη μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στον Λέβητα, ακολούθως σε κινητική ενέργεια στον Στρόβιλο και σε ηλεκτρική ενέργεια στην Γεννήτρια [2].



Εικόνα 4 Διάγραμμα συστημάτων παραγωγικής διαδικασίας σταθμού [2]

Το Σύστημα Διακίνησης Λιγνίτη αποτελείται από τα εξής (εικόνα 5):

Την αυλή αποθήκευσης του λιγνίτη και τους ταινιόδρους οι οποίοι παραλαμβάνουν τον λιγνίτη από το ορυχείο του Νοτίου πεδίου.

Την Μονάδα στην οποία θραύεται ο λιγνίτης και τους ταινιόδρους οι οποίοι μεταφέρουν το λιγνίτη στις Μονάδες [2].



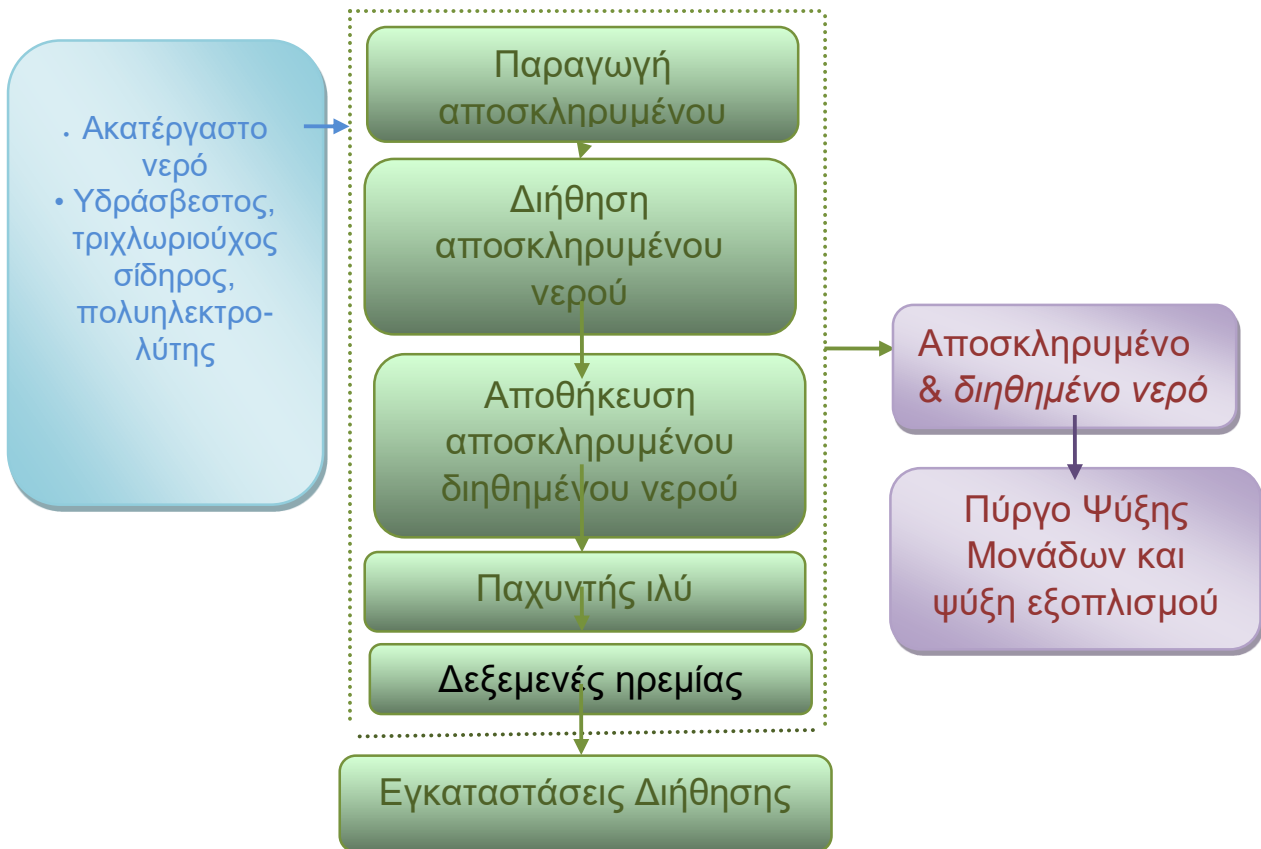
Εικόνα 5 Διαδικασία παραλαβής, αποθήκευσης και πρόθραυσης λιγνίτη[2]

Το Σύστημα Τροφοδοσίας και Επεξεργασίας Νερού αποτελείται από τα εξής κύρια τμήματα:

Υπάρχουν δύο συστήματα αντλιοστασίων που τροφοδοτούν με νερό από τη λίμνη Πολυφύτου Μονάδες οι οποίες αφαιρούν και αποσκληραίνουν το νερό, καθώς και σύστημα εξευγενισμού συμπυκνώματος (Εικόνα 6)

Συγκρότημα Κατεργασίας Αστικών Λυμάτων, δίκτυο συλλογής και εγκαταστάσεις κατεργασίας [2].

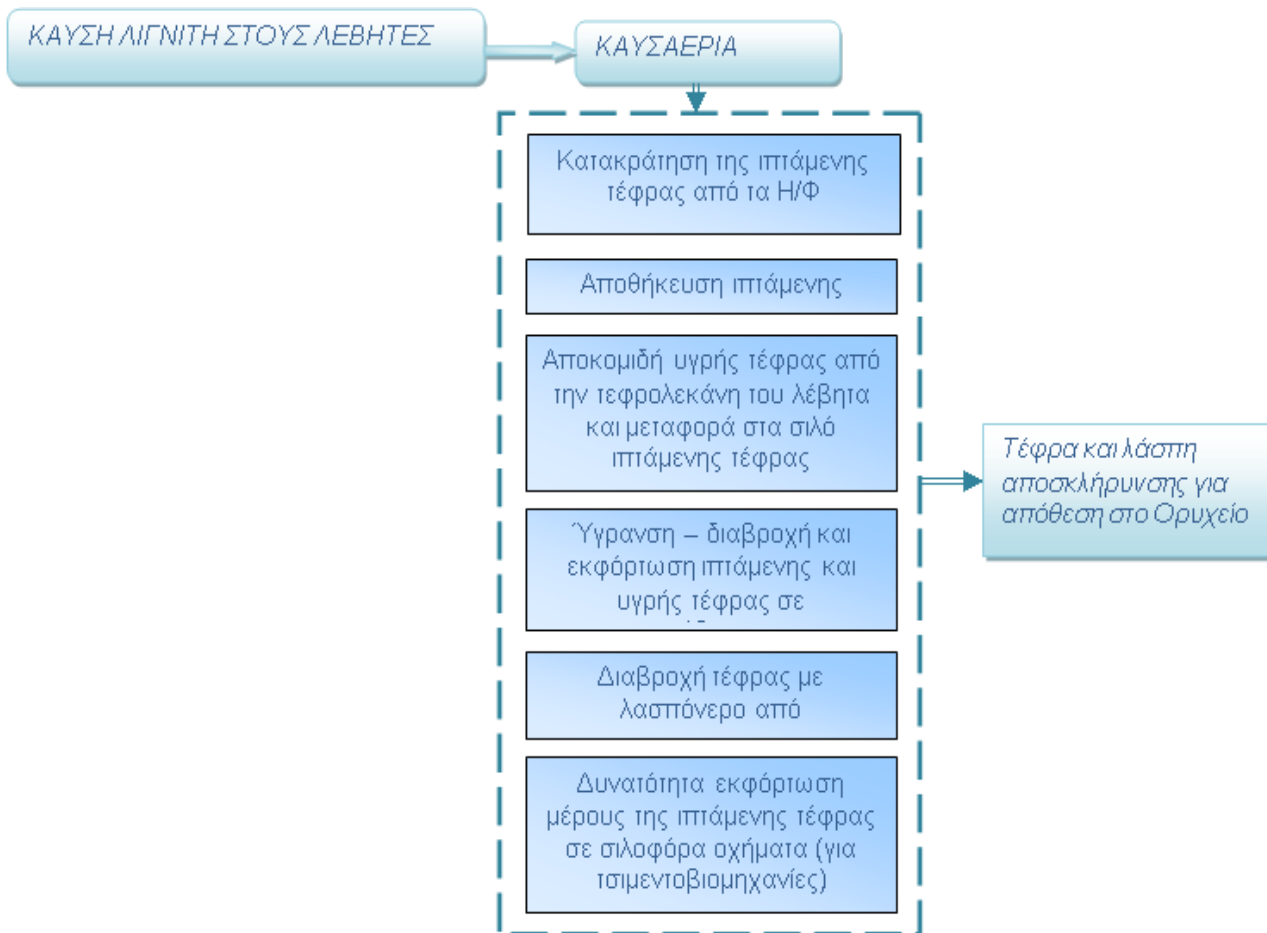




Εικόνα 6 Διαδικασία παραγωγής αποσκληρυμένου νερού [2]

**Το σύστημα το οποίο συλλέγει τη τέφρα** αποτελείται από τα παρακάτω:

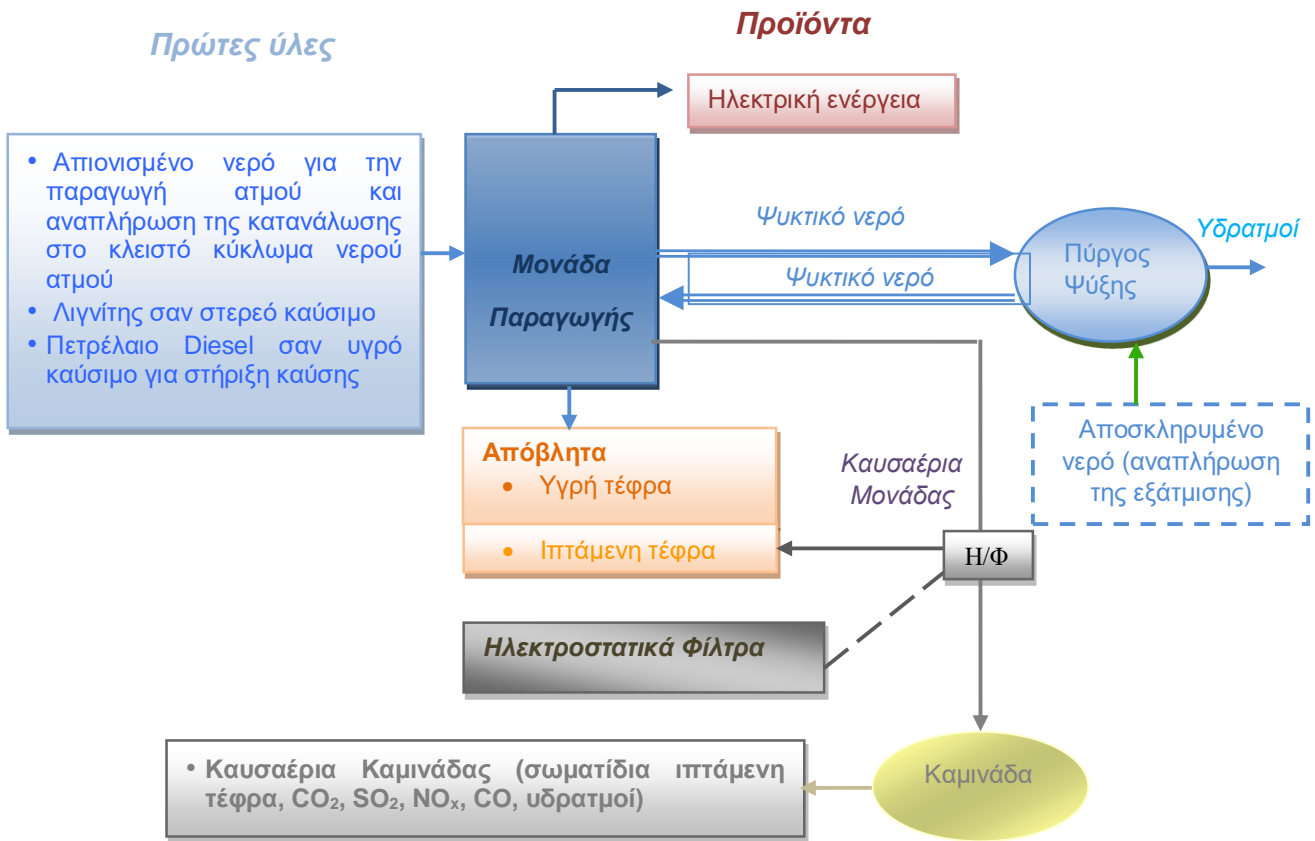
Τα συστήματα συλλογής της υγρής και της ιπτάμενης τέφρας περιλαμβάνουν τα ηλεκτροστατικά φίλτρα (Η/Φ) που κατακρατούν την ιπτάμενη τέφρα, τα σιλό στα οποία γίνεται αποθήκευση της τέφρας, τις διατάξεις ύγρυνσης – διαβροχής και εκφόρτωσης της τέφρας σε ταινιόδρομους, την τεφρολεκάνη που υπάρχει στο κάτω μέρος του λέβητα στην οποία αποθέτει ο λέβητας την υγρή τέφρα από τη καύση (εικόνα 7), ενώ υπάρχουν δύο συστήματα μεταφοράς της τέφρας (ταινιόδρομοι) προς το χώρο απόθεσης του Ορυχείου (το ένα εφεδρικό) [2].



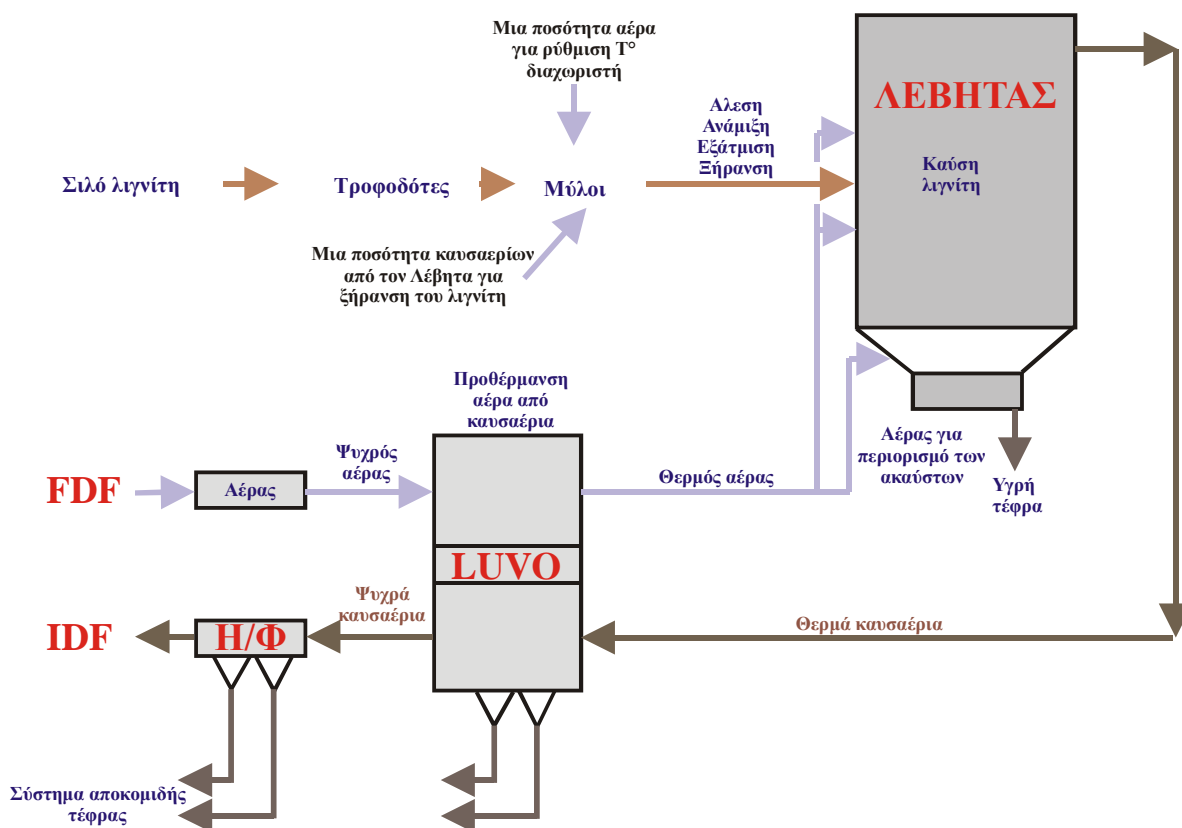
Εικόνα 7 Διάγραμμα συλλογής και μεταφοράς τέφρας [2]

**Το Σύστημα Μονάδων Παραγωγής** αποτελείται από τα παρακάτω (εικόνα 8):

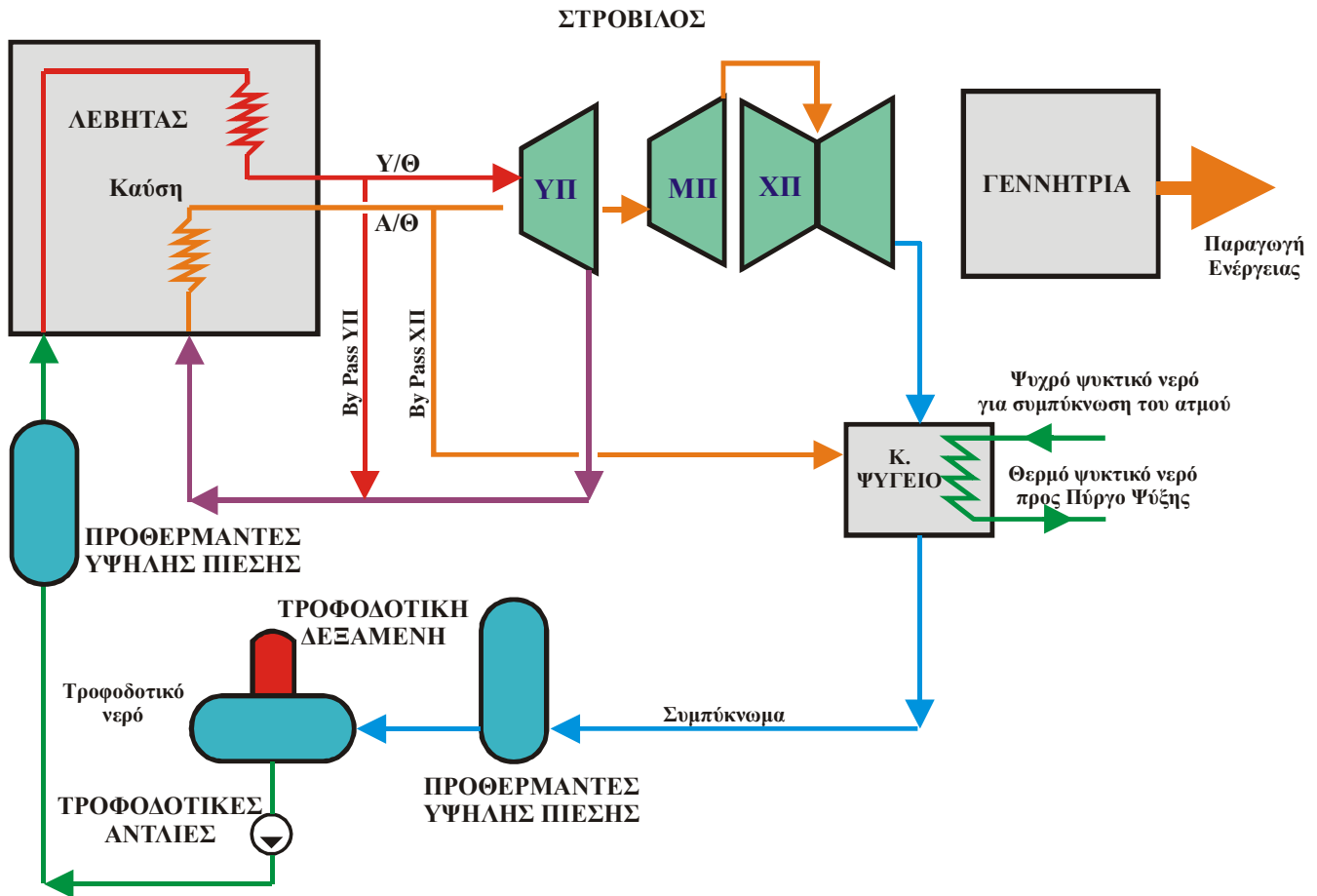
- Υπάρχουν πέντε εγκαταστάσεις που αντιστοιχούν μια σε κάθε Μονάδα:
  - Τον λέβητα ατμοποίησης ο οποίος μετατρέπει το νερό σε ατμό και τον στέλνει στο στρόβιλο και την αντίστοιχη γεννήτρια.
  - Τον συμπυκνωτή (ή κύριο ψυγείο) στο οποίο εισέρχεται ο ατμός του στρόβιλου ο οποίος συμπυκνώνεται με τη βοήθεια ψυκτικού νερού και το συμπύκνωμα, αφού προθερμανθεί από απομαστεύσεις Στρόβιλου και απαερωθεί μέσω των τροφοδοτικών αντλιών επιστρέφει στο Λέβητα.
  - Ο πύργος ψύξης ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη ψύξη του ψυκτικού νερού του κύριου συμπυκνωτή [2].
  - Μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης και εγκαταστάσεις σύνδεσης των μετασχηματιστών με τον υποσταθμό των 400 kV, από όπου ξεκινούν οι γραμμές μεταφοράς.
  - Συστήματα ελέγχου της λειτουργία της Μονάδας
- Τρεις καπνοδόχους, μία κοινή για τις Μονάδες I και II, μία κοινή για τις Μονάδες III και IV, και μία για τη Μονάδα V [2].



Εικόνα 8 Διάγραμμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την Μονάδα [2]



Εικόνα 9 Κύκλος λειτουργίας ΑΗΣ[2]



Εικόνα 10 Λειτουργία Στροβίλου ΑΗΣ[2]

Οι προθερμαντές προθερμαίνουν το νερό που κυκλοφορεί στη Μονάδα. Οι απομαστεύσεις στροβίλου είναι αυτές που δίνουν τον ατμό που χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του νερού. Η διαδρομή που ακολουθεί το νερό είναι η εξής:

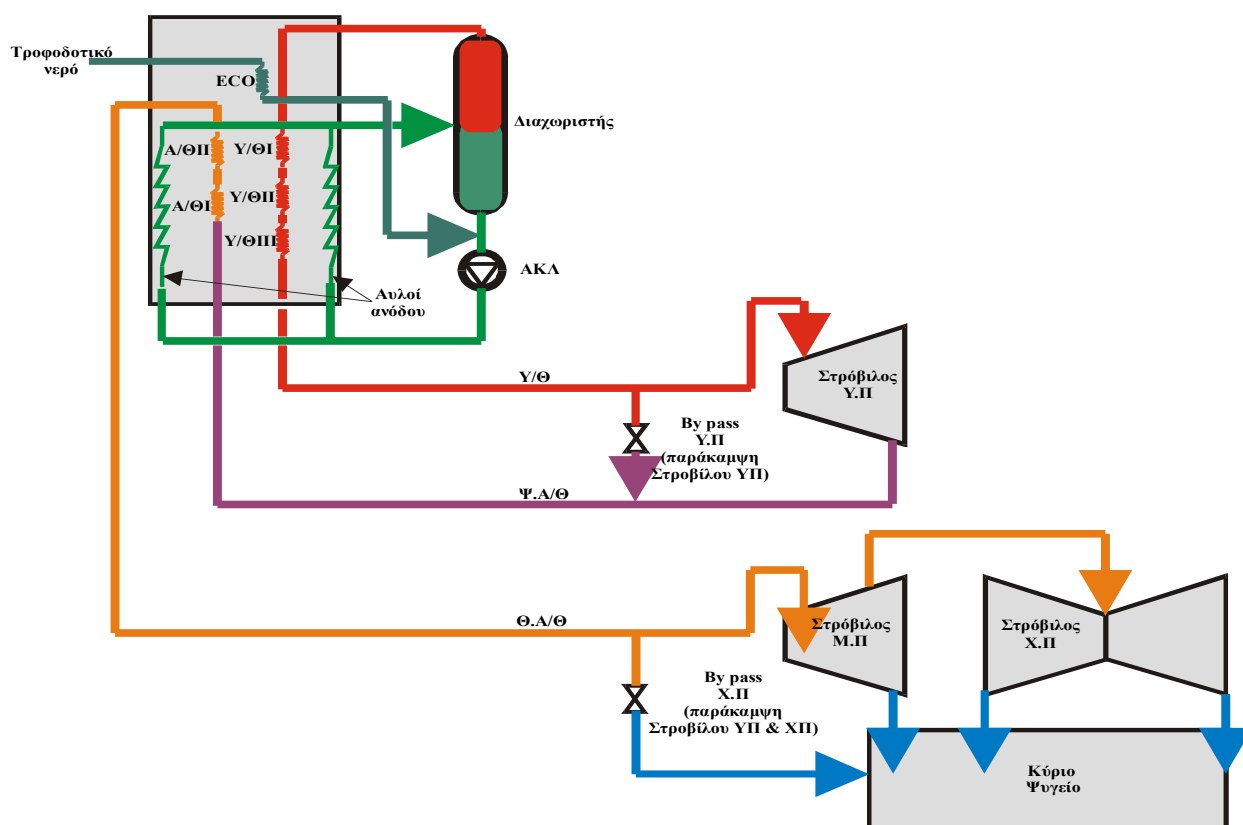
Το κύριο ψυγείο που υπάρχει σε κάθε Μονάδα αντλεί το ατμό από το στρόβιλο μέσω των αντλιών συμπυκνώματος και αφού περάσει από τους προθερμαντές χαμηλής πίεσης πηγαίνει στη δεξαμενή τροφοδοσίας για περισσότερη προθέρμανση. Και έτσι αφού οι τροφοδοτικές αντλίες το μεταφέρουν στους προθερμαντές υψηλής πίεσης το καταθλίβουν.

Στη συνέχεια μπαίνει στο επίπεδο που βρίσκεται ο οικονομητήρας του λέβητα για περαιτέρω προθέρμανση και μετά οδηγείται στο σημείο της αναρρόφησης της αντλίας κυκλοφορίας του λέβητα ούτως όπου γίνεται ανάμιξη με το νερό που βρίσκεται στο διαχωριστή. Αφού γίνει η θέρμανση και φτάσει σε θερμοκρασία ατμοποίησης οδηγείται στον διαχωριστή.

Εκεί γίνεται ο διαχωρισμός της υγρής και της αέριας φάσης όπου η υγρή οδηγείται στην αντλία κυκλοφορίας του λέβητα και μετά την ανάμειξή του με το νερό που προέρχεται από τον οικονομητήρα επιστρέφει στο λέβητα για αναθέρμανση.

Ο ατμός οδηγείται στον λέβητα όπου υπερθερμαίνεται σε τρία στάδια. Ο υπέρθερμος ατμός κατόπιν οδηγείται στον στρόβιλο Στρόβιλο HP (θερμοκρασία ατμού 540 °C - πίεση 170 bar).

Από τον στρόβιλο υψηλής πίεσης (HP) εξέρχεται ατμός (300 °C - πίεση 36 bar) που οδηγείται στο λέβητα για να θερμανθεί στους 540 °C. Ακολουθούν 2 στάδια αναθέρμανσης (Α/Θ I και Α/Θ II). Από τον Α/Θ II οδηγείται στον στρόβιλο μέσης πίεσης και αφού εκτονωθεί οδηγείται στον στρόβιλο χαμηλής πίεσης (LP). Στο κύριο ψυγείο καταλήγει η έξοδος του στρόβιλου χαμηλής πίεσης με τη πίεση να είναι ιδιαίτερα χαμηλή και μικρότερη της ατμοσφαιρικής, ενώ στο κύριο ψυγείο βρίσκεται με τη μορφή υγρού ατμού ο οποίος συμπυκνώνεται. Το νερό που έχει ψυχθεί και κυκλοφορεί οδηγείται στο πύργο ψύξης όπου εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα (εικόνες 10,11) [2].



Εικόνα 11 Λειτουργία Στρόβιλου ΑΗΣ[2]

### 2.6.3 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

Από τη στιγμή που άρχισε να χρησιμοποιείται ο ηλεκτρισμός έγινε αντιληπτό ότι δεν είναι δυνατή η αποθήκευσή του για χρήση στο μέλλον. Γι' αυτό η μόνη λύση ήταν να καταναλωθεί αμέσως μετά την παραγωγή του. Έτσι, το πρώτο επαγωγικό πηνίο το οποίο κατασκευάστηκε από τον William Stanley μας βοήθησε σε αυτό, το οποίο στη συνέχεια εξελίχθηκε στους σύγχρονους μετασχηματιστές. Απαιτούνται γεννήτριες και γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι μεταφέρεται η ηλεκτρική ενέργεια από τους ΑΗΣ στις πόλεις και τα χωριά για κατανάλωση με πολύ μικρές απώλειες. Σε πολλές περιπτώσεις λόγω κόστους είναι αποδοτικότερο να μειωθεί το ρεύμα μεταφοράς χρησιμοποιώντας μεγάλη τάση. Λόγω του ότι οι καταναλωτές δεν συνδέονται με τόσο υψηλές

τάσεις χρησιμοποιούνται ειδικοί υποσταθμοί για την αυξομείωσή της. Μοναδικά παραδείγματα είναι μόνο μεγάλες βιομηχανίες. Οι γραμμές μεταφοράς περιλαμβάνουν τα εξής στοιχεία (ΡΑΕ) [6, 7]:

- Κολόνες οι οποίες στηρίζουν τους αγωγούς που μεταφέρουν το ηλεκτρικό.
- Υπάρχει ειδική μόνωση που εξασφαλίζει την απομόνωση από τις γραμμές που μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα.
- Τέλος οι αγωγοί οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι είτε από χαλκό είτε από αλουμίνιο.

#### 2.6.4 Οι πυλώνες στήριξης

Για να γίνεται σωστά η λειτουργία των αγωγών θα πρέπει να τεντωθούν και να στηριχτούν αρκετά και με ασφάλεια. Το διάστημα το οποίο αφήνεται μεταξύ των πυλώνων στήριξης είναι το περισσότερο 500 μέτρα και το λιγότερο 150 μέτρα. Αυτό γίνεται για να περάσει η γραμμή από κάποια εμπόδια όπως διασταυρώσεις ποταμών, κοιλάδων ή ακόμα και θάλασσα. Υπάρχουν κάποιοι πυλώνες που φτάνουν και τα 1200 μέτρα ύψος. Θα πρέπει φυσικά οι αγωγοί να γίνουν και πιο ανθεκτικοί για τον λόγο ότι θα δέχονται μεγαλύτερα φορτία σε αυτά τα ύψη. Καμιά φορά έχουμε αύξηση του ύψους των πυλώνων διότι υπάρχει μια καμπύλη των αγωγών και έτσι για μεγαλύτερη ασφάλεια κατασκευάζονται οι πυλώνες ψηλότεροι για να υπάρχει αρκετή απόσταση από το έδαφος. Για να αποκλειστεί η πιθανότητα επαφής μεταξύ των αγωγών λόγω της ταλάντωσής τους θα πρέπει όσο μεγαλώνει το ύψος τους να μεγαλώνει και η οριζόντια απόστασή τους. Οι πυλώνες μπορούν να πάρουν πολλές μορφές. Ανάλογα με τη τάση, την ισχύ και τη διάταξή τους όπως επίσης ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες γίνεται η επιλογή της μορφής των αγωγών. Η αυξημένη ροπή που ασκείται αν ένας αγωγός κοπεί είναι ένα στοιχείο το οποίο λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Ο πυλώνας μπορεί να υποστηρίξει από έναν μέχρι και τέσσερις αγωγούς. Οι πυλώνες δέχονται ροπές ανατροπής και κατακόρυφες δυνάμεις, γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται σωστή θεμελίωση [7].

#### 2.6.5 Μονωτήρες

Με τη βοήθεια μονωτήρων στήριξης ή των μονωτήρων ανάρτησης γίνεται η τοποθέτηση των γραμμών υψηλής ή μέσης τάσης. Οι μονωτήρες από πορσελάνη είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι μονωτήρες. Οι μονωτήρες στήριξης από εποξειδικές ρητίνες χρησιμοποιούνται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους. Για την ελάττωση του ηλεκτροστατικού πεδίου στο άκρο του μονωτήρα υπάρχει ένας δάκτυλος στα άκρα των μονωτήρων εναέριων γραμμών υψηλής τάσης. Για τη προστασία του μονωτήρα από καταστροφές υπάρχουν κεράτια απαγωγής τόξου. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες της κάθε περιοχής επηρεάζουν το μήκος και τη μορφή τους. Ο τρόπος κατασκευής τους είναι τέτοιος ούτως ώστε όταν βρέχει η κάτω τους μεριά μένει ξερή και έτσι δεν χάνονται τα μονωτικά τους χαρακτηριστικά. Από τη ρύπανση εξαρτώνται ο μονωτικές ικανότητές τους. Έτσι η κάτω επιφάνεια έχει πτυχές για τη διατήρησή των ξηρών ζωνών και η επάνω επιφάνεια είναι λεία για να μην αφήνει τη σκόνη να διαπερνά. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται η λειτουργία του μονωτήρα για πάρα πολλά χρόνια χωρίς συντήρηση. Θα απαιτηθεί συντήρηση ή αλλαγή των δίσκων σε περιπτώσεις που οι περιοχές έχουν χιονοθύελλες ή επικαθήσεις [7].

## 2.6.6 Αγωγοί

Οι μη μονωμένοι αγωγοί αποτελούν τις εναέριες γραμμές της μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι απώλειες κορώνα είναι οι απώλειες της κάθε γραμμής οι οποίες μπορεί να προέρχονται από διάφορες μηχανικές καταπονήσεις, ωστόσο οι αγωγοί κατασκευάζονται με τέτοιο υλικό ούτως ώστε να αποφεύγονται αυτές οι καταπονήσεις και κατά επέκταση αυτές οι απώλειες. Μειώνονται οι απώλειες κορώνα αν μεγαλώσουμε τη διάμετρο και τοποθετήσουμε παράλληλα και διπλά δίπλα περισσότερους από δύο αγωγούς. Η τοποθέτηση παράλληλων αγωγών ανά φάση έχει το πλεονέκτημα ότι είναι πιο εύκολοι στη συναρμολόγηση και ότι είναι πιο εύκαμπτοι σε σχέση με τον αγωγό ο οποίος έχει μεγαλύτερη διάμετρος που μεταφέρει όλο το ρεύμα. Τα πολύκλινα συρματόσχοινα χρησιμοποιούνται σαν αγωγοί διότι υπάρχει μεγαλύτερη ευκαμψία [7]. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι:

- Χαλκός
- Μπρούτζος
- Αλουμίνιο ηλεκτροτεχνίας
- Σύνθετοι αγωγοί αλουμινίου χάλυβα. Χρησιμοποιούνται εναέριες γραμμές μεταφοράς οι οποίες αποτελούνται από έναν πυρήνα χάλυβα και εξωτερικά από έναν αγωγό από αλουμίνιο για τάση πάνω από 60 kV. Το αλουμίνιο υπάρχει για την διέλευση του ρεύματος ενώ ο χάλυβας υπάρχει για να δώσει μεγαλύτερη μηχανική αντοχή στον αγωγό. Αμελητέο είναι το ρεύμα που διαρρέει τον πυρήνα χάλυβα [7].

## 2.7 Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας Στην Ελλάδα

Το δίκτυο μεταφοράς έχει ως συνέχεια το δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Οι γραμμές διανομής αρχίζουν αμέσως μετά τους υποσταθμούς οι οποίοι υποβιβάζουν τη τάση του ρεύματος. Στη συνέχεια υπάρχουν και άλλοι υποσταθμοί μείωσης της τάσης όπου εκεί η τάση μειώνεται σε χαμηλά επίπεδα και με τη βοήθεια εναέριων γραμμών και πάλι καταλήγει στα σπίτια μας αλλά και στις μικρές βιομηχανίες.

Στο δίκτυο διανομής περιλαμβάνεται:

- Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τους υποσταθμούς μεταφοράς σε αυτούς της διανομής μέσω του δικτύου μέσης τάσης 20kV.
- Τη διανομή χαμηλής τάσης όπου μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα στους καταναλωτές. Το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης ανέρχεται στα 220V. Στην εικόνα 12 παρουσιάζεται ενδεικτικά το δίκτυο διανομής στην Ελλάδα [6, 7].





Εικόνα 12 Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας [14]

### 2.7.1 Ηπειρωτικό δίκτυο και διεθνείς διασυνδέσεις

Η μεταφορά ηλεκτρικής ισχύος στην Ελλάδα γίνεται με γραμμές 66, 150 και 400 kV. Εκτός από τις περιπτώσεις όπου η διέλευση τους είναι αδύνατη, οπότε χρησιμοποιούνται υποβρύχια καλώδια, οι γραμμές μεταφοράς είναι κυρίως τα εναέρια καλώδια. Το 2004 περιλαμβάνονταν περίπου 517 αυτομετασχηματιστές και μετασχηματιστές με ισχύ 40353 MVA.

Το 2005 υπήρχαν 203598 χιλιόμετρα γραμμών από το δίκτυο διανομής. Από αυτά τα 185400 km είναι εναέρια, τα 17140 km είναι υπόγεια και τα 1058 km υποβρύχια.

Υπάρχει σύνδεση του συστήματος διανομής με γειτονικές χώρες. Αυτές οι διασυνδέσεις φαίνονται παρακάτω [8].





Εικόνα 13 Οι διεθνείς διασυνδέσεις του συστήματος [8]

Αναλυτικά υπάρχει μια σύνδεση με το σύστημα της Βόρειας Μακεδονίας μέσω (εικόνα 13):

- Μιας γραμμής 400 kV απλού κυκλώματος μεταξύ της Θεσσαλονίκης και του Duubrono.
- Μιας γραμμής 400 kV απλού κυκλώματος μεταξύ της Μελίτης και τα Bitola.

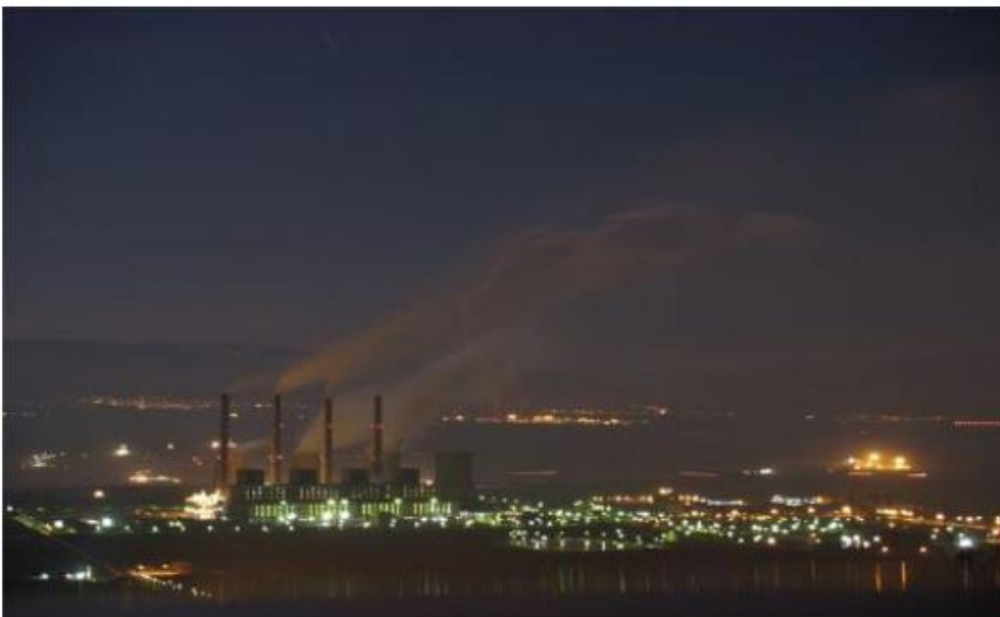
Με το Αλβανικό σύστημα συνδέεται μέσω (εικόνα 13):

- Μιας γραμμής 400 kV απλού κυκλώματος με δίδυμο αγωγό μεταξύ της Καρδίας και του Elbasan.
- Μιας γραμμής 150 kV ελαφρού τύπου μεταξύ του Μούρτου και της Bistrica με δυνατότητα μεταφοράς ισχύος 100 MW [8].

### 3. Ρύπανση του περιβάλλοντος από Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

#### 3.1 Ρύπανση του περιβάλλοντος από παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Το μεγαλύτερο ποσοστό αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα καλύπτεται από τους θερμικούς σταθμούς (εικόνα 14). Είναι πολύ σημαντική η λειτουργία των σταθμών διότι παράγεται φθηνή ηλεκτρική ενέργεια, προσφέρουν πολλές θέσεις εργασίας και συμβάλλουν στην ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση της χώρας. Οι εκπεμπόμενοι ρύποι όμως οι οποίοι επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα και την υγεία του ανθρώπου αποτελούν ένα σημαντικό μειονέκτημα των θερμικών σταθμών [9, 29-32].



Εικόνα 14 Ατμοηλεκτρικός σταθμός [9]

#### 3.2 Εκπεμπόμενες ενώσεις και ρύποι

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά οι κυριότερες εκπεμπόμενες ενώσεις και ρύποι από θερμικούς σταθμούς.

##### 3.2.1 Το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ )

Το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) είναι αέριο με εξαιρετική σημασία για την προβιοτική σύνθεση των οργανικών ενώσεων, υπεύθυνο για το ήπιο ατμοσφαιρικό κλίμα και την

ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη Γη. Παρόλο που το διοξείδιο του άνθρακα δεν είναι τοξική ένωση έχει έμμεσες επιδράσεις στην ανθρώπινη ζωή. Τα αποτελέσματα της εκπομπής του CO<sub>2</sub> φαίνονται μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα. Προέρχεται κυρίως από ανθρώπινες δραστηριότητες αλλά και από φυσικές πηγές. Στη περίπτωση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων ανήκει η καύση των γαιανθράκων για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από τις πολλές διεργασίες καύσης που πραγματοποιούνται υπάρχει αύξηση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αυτή η αύξηση οδηγεί σε αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας με σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρωπότητα. Πέραν αυτού, από τη καύση στερεών καυσίμων δημιουργείται η λεγόμενη ατμοσφαιρική ομίχλη η οποία προκαλείται από τη καύση του άνθρακα και εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στην γήινη ατμόσφαιρα και έτσι προκαλείται ψύξη του πλανήτη. Σήμερα η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρακολουθείται στενά σε ολόκληρο το κόσμο. Για τον περιορισμό των εκπομπών του, γίνονται συζητήσεις, με σκοπό τη λήψη σοβαρών μέτρων [10, 11, 29-32]

### 3.2.2 Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι δύσκολα διαλυτό στο νερό, είναι αναφλέξιμο ενώ είναι άχρωμο και άοσμο. Επίσης αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους και περισσότερο παραγόμενους ρύπους. Από την ατελή καύση των καυσίμων παράγονται μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα. Αυτό που επηρεάζεται περισσότερο από το μονοξείδιο του άνθρακα είναι το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου [10, 11, 29-32].

### 3.2.3 Τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)

Τα οξείδια του αζώτου που συνήθως ονομάζονται NO<sub>x</sub> είναι:

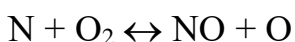
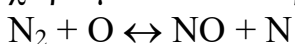


Η κύρια ανθρώπινη δραστηριότητα από την οποία παράγονται οξείδια του αζώτου είναι η καύση καυσίμων, ειδικά σε μηχανοκίνητα οχήματα. Τα οξείδια του αζώτου σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα με την καύση των καυσίμων σε υψηλές θερμοκρασίες. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της καύσης, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των σχηματιζόμενων οξειδίων του αζώτου. Προσπάθεια μείωσης των θερμοκρασιών καύσης, οδηγεί σαφώς σε μείωση των παραγόμενων οξειδίων του αζώτου, αλλά μειώνει αισθητά το βαθμό απόδοσης της «μηχανής» καύσης αυξάνοντας έτσι την ενεργειακή κατανάλωση [1]. Το μεγαλύτερο ποσοστό βρίσκεται υπό τη μορφή οξειδίου του αζώτου, και λιγότερο από το 10 τοις εκατό με τη μορφή διοξειδίου του αζώτου. Όταν απελευθερωθεί, το οξείδιο του αζώτου συνδυάζεται με το οξυγόνο («οξειδώνεται») και σχηματίζεται διοξείδιο του αζώτου. Τα οξείδια του αζώτου μπορεί να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για αρκετές ημέρες, και στο διάστημα αυτό, μέσω

χημικών διεργασιών μπορεί να παραχθούν νιτρικό οξύ και διάφορα σωματίδια, όπως νιτρικά και νιτρώδη [12, 29-32].

Τα δύο οξειδία που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύπανση του περιβάλλοντος είναι το NO και το NO<sub>2</sub> [29-32]. Το NO είναι άχρωμο αέριο που μετατρέπεται σε NO<sub>2</sub> και είναι ενεργό αέριο στις φωτοχημικές αντιδράσεις. Το NO<sub>2</sub> είναι κοκκινοκαφέ αέριο που μπορεί να δώσει χρώμα στα καυσαέρια της καμινάδας. Μετατρέπεται σε HNO<sub>3</sub> και μαζί με το SO<sub>2</sub> συνεισφέρει στην όξινη βροχή. Τα δυο αυτά οξειδία είναι κύρια προϊόντα διεργασιών καύσης και υπάρχουν 3 κύριοι μηχανισμοί σχηματισμού τους:

τα **θερμικά-NOx** προκύπτουν από την αντίδραση υψηλής θερμοκρασίας μεταξύ του N<sub>2</sub> και του O<sub>2</sub> στον αέρα καύσης και από την οξείδωση του αζώτου σε συγκεκριμένα καύσιμα όπως το κάρβουνο και το πετρέλαιο. Η οξείδωση του N<sub>2</sub> από το O<sub>2</sub> στον αέρα καύσης λαμβάνει χώρα μέσω 2 αντιδράσεων γνωστών ως μηχανισμό Zeldovich:



Οι παραπάνω αντιδράσεις συμπληρώνονται από την αντίδραση:



Ο ο ρυθμός σχηματισμού τους είναι ευαίσθητος στη θερμοκρασία [12].

°C	N <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> → 2 NO Kp1	N <sub>2</sub> + 2O <sub>2</sub> → NO <sub>2</sub> Kp2
25	1,0 x 10 <sup>-30</sup>	1,4 x 10 <sup>6</sup>
510	7,5 x 10 <sup>-9</sup>	1,2 x 10 <sup>-1</sup>
1.120	1,1 x 10 <sup>-5</sup>	1,1 x 10 <sup>-2</sup>
1.600	3,5 x 10 <sup>-3</sup>	2,6 x 10 <sup>-3</sup>

- Σε θερμοκρασία φλόγας 1.500°C, η συγκέντρωση των NOx είναι 6 – 10 ppm και ο λόγος NO/NO<sub>2</sub> 500 έως 1000:1.
- Σε λέβητες που δεν παίρνονται μέτρα περιορισμού των NOx, η συγκέντρωση είναι 100-200 ppm για φυσικό αέριο, 200-400 ppm για πετρέλαιο και 300-1.200 ppm για κάρβουνο [12].
- Στις εκπομπές των καυσαερίων ο λόγος NO/NO<sub>2</sub> είναι 10 έως 20:1.

τα **καύσιμα NOx** (fuel NOX) σχηματίζονται από την καύση καυσίμων που περιέχουν οργανικό άζωτο (γαιάνθρακας και καύσιμα πετρελαίου με υψηλά σημεία βρασμού). Εξαρτώνται από τις τοπικές συνθήκες καύσης (συγκέντρωση O<sub>2</sub>, ανάμιξη) και της περιεκτικότητας του καυσίμου σε άζωτο. Δεν μετατρέπεται όλο το οργανικό άζωτο σε NOx. Το ποσοστό μετατροπής κυμαίνεται μεταξύ 10-60%, ανάλογα με τον λόγο αέρα/καυσίμου. Έτσι, τα μέτρα περιορισμού της θερμοκρασίας της φλόγας και της περιεκτικότητας του αέρα στη φλόγα δεν είναι αποτελεσματικά σε καύσιμα με υψηλό ποσοστό αζώτου [12, 29, 30].

τα **ακαριαία NOx** (prompt NOx) σχηματίζονται από ακαριαίες αντιδράσεις N<sub>2</sub> και O<sub>2</sub> παρουσία ειδών ενεργού άνθρακα [29, 30]. Δεν παρατηρούνται σε φλόγες με H<sub>2</sub>. Σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, σε συνθήκες με περίσσεια καυσίμου και μικρούς χρόνους παραμονής.

Τα οξειδία του αζώτου παίζουν σημαντικό ρόλο στις χημικές αντιδράσεις που δημιουργούν τη φωτοχημική αιθαλομίχλη, που περιέχει  $O_3$ ,  $NO_2$ , πυροξυακετυλονιτρικές (PAN) πυροξυβενζονιτρικές (PBN) ενώσεις και άλλες οξειδωτικές ουσίες, αντιδρώντας με πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC). Επιπρόσθετα, τα οξειδία του αζώτου συμβάλουν στην εμφάνιση πολλών αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Προκαλούν σημαντικές αλλοιώσεις στη σύσταση ορισμένων ειδών βλάστησης, υδροβιότοπων και χερσαίων εκτάσεων. Δημιουργούν όξινη βροχή. Προκαλούν την όξυνση και τον ευτροφισμό γλυκών υδάτων. Μειώνουν την ορατότητα. Αυξάνουν τα επίπεδα τοξινών σε διάφορα είδη ψαριών και άλλων υδρόβιων ζώων. Για τον άνθρωπο, έκθεση μικρής σχετικά χρονικής διάρκειας (λιγότερο από 3 ώρες) πιθανόν να οδηγήσει σε αναπνευστικές δυσλειτουργίες. Παρατεταμένη έκθεση σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί ευαισθησία του αναπνευστικού συστήματος και μόνιμες αλλοιώσεις των πνευμόνων [12].

### 3.2.4 Το διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ )

Οι Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι κύριες υπεύθυνες για τη παραγωγή αυτού του ρύπου στην ατμόσφαιρα [29, 30]. Στο πετρέλαιο και στον άνθρακα συναντάμε το θείο σε πολύ μικρές ποσότητες περίπου 0-6% κατά βάρος.

Είναι γνωστή η διαβρωτική ικανότητα του θεικού οξέος στα υλικά και στις ανθρώπινες κατασκευές. Επίσης, έχει τοξικές ιδιότητες που εξαρτώνται άμεσα από το μέγεθος των σωματιδίων. Ακόμα εμφανίζει σημαντική δραστηριότητα. Το θείο με τη μορφή των διαφόρων ενώσεων του, εκπέμπεται από φυσικές πηγές, όπως λόγω χάρη ηφαιστεια, θερμές και άλλες πηγές. Σε 24ωρη βάση, η μέση τιμή συγκέντρωσης του  $SO_2$  στις περισσότερες μεγάλες πόλεις του κόσμου κυμαίνεται στα επίπεδα δέκατων ppm. Αν και αυτές οι τιμές συγκεντρώσεων φαντάζουν χαμηλές, η ευαισθησία του ανθρώπινου οργανισμού στο  $SO_2$  είναι πολύ μεγάλη. Το όριο αντίληψης ύπαρξης του  $SO_2$  είναι περίπου 0,3 ppm και γίνεται μια πολύ δυσάρεστη εμπειρία στα επίπεδα του 1 ppm. Σε αυτή τη χαμηλή συγκέντρωση σημειώνονται μεταβολές στην συχνότητα της αναπνοής και των σφυγμών. Ένα επίπεδο 5 ppm  $SO_2$  προκαλεί σημαντικές αναπνευστικές διαταραχές. Επίσης, τα φυτά παρουσιάζουν ευαισθησία στο διοξείδιο του θείου που όμως ποικίλει. Μερικά δέντρα κιτρινίζουν ύστερα από ολιγόωρη έκθεση στο διοξείδιο του θείου [9].

Στη περίπτωση που το διοξείδιο του θείου μετατραπεί σε θειικό οξύ μπορεί να δημιουργήσει αρκετά προβλήματα ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις. Έτσι αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρξει αύξηση των θανάτων αλλά και αύξηση των νοσούντων από αναπνευστικά προβλήματα κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα. Επίσης καλώδια, υφάσματα, ασβεστόλιθος, οικοδομικές πέτρες, τσιμέντο και μπογιά, καταστρέφονται σταδιακά από την έκθεση τους σε όξινες κατακρημνίσεις [9].

### *3.2.5 Σωματιδιακοί ρύποι*

Ως σωματιδιακοί ρύποι χαρακτηρίζονται τα εναιωρήματα υγρού ή στερεού σε αέριο μέσο με τυπική διάμετρο από 0.01μm μέχρι 10μm [29]. Περιλαμβάνουν ευρύ φάσμα ουσιών, από θαλάσσιο αλάτι και γύρη έως καρκινογόνες για τον άνθρωπο ουσίες, όπως βενζο(a)πυρένιο και μαύρο άνθρακα. Κατατάσσονται σε PM10 (αδρά σωματίδια) και PM2,5 (λεπτά σωματίδια), ανάλογα με το μέγεθός τους. Τα σωματίδια αποτελούν τον πιο σύνθετο ρυπαντή. Παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, την χημική τους σύσταση και το σχήμα τους. Μερικά από αυτά τα σωματίδια λειτουργούν ως πυρήνες στους οποίους συμπυκνώνονται ατμοί. Συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις με αέρια της ατμόσφαιρας, ενώ τείνουν να σχηματίσουν συσσωματώματα όταν υπάρχει σύγκρουση μεταξύ σωματιδίων εξαιτίας ισχυρών ελκτικών δυνάμεων και με αυτό το τρόπο δημιουργούνται μεγαλύτερα σωματίδια. Προέρχονται κυρίως από βιομηχανίες όπως είναι η χαλυβουργία, η τσιμεντοβιομηχανία αλλά και από την ηλεκτροπαραγωγή, κυρίως από λιγνιτικούς σταθμούς. Τα μεγαλύτερου μεγέθους σωματίδια τείνουν να κατακρημνίζονται στο έδαφος [11, 12, 31].

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι εισέρχονται στον οργανισμό μας κυρίως μέσω της αναπνοής αλλά και δευτερογενώς με την επαφή με το δέρμα. Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, μέσου του αναπνευστικού, εξαρτώνται από την περιοχή εναπόθεσης του αναπνευστικού, από την συγκέντρωση, από το μέγεθος και από την χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων.

### *3.2.6 Ρύπανση του εδάφους – στερεά απόβλητα*

Η ρύπανση που προκαλείται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να έχει επιπτώσεις, στο έδαφος, στον υποκείμενο υδροφόρο ορίζοντα, στις λίμνες και τα ποτάμια μέσω διεργασιών ξηρής και υγρής εναπόθεσης των παραγόμενων ρύπων κοντά στην ρυπογόνο δραστηριότητα, αλλά και σε αρκετά μεγάλη απόσταση από αυτή. Επιπρόσθετα, οι εργασίες εξόρυξης καυσίμου επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον της περιοχής εξόρυξης με το βάθος και τον τύπο του καυσίμου να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Επίσης είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το μετάλλευμα συνοδεύεται και από άλλα υλικά τα οποία τοποθετούνται στη γύρω περιοχή. Παρόλο που με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν μειωθεί τα μέταλλα τα οποία τοποθετούνται στη περιοχή οι τεράστιες ποσότητες άνθρακα που απαιτούνται για τη παραγωγή της ενέργειας κάνουν ακόμα δυσμενέστερες τις περιβαλλοντικές συνθήκες για τις συγκεκριμένες περιοχές. Για παράδειγμα μπορούμε να δούμε ότι στη Αγγλία για κάθε 50 εκατ. τόνους άνθρακα χρησιμοποιούνται 2000 στρέμματα για αυτά τα υλικά. Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα στερεά απόβλητα ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ιπτάμενη και η υγρή τέφρα αλλά και η λάσπη [10, 11].

Η τέφρα μεταφέρεται από τους σταθμούς παραγωγής πίσω στα ορυχεία είτε με ταινιόδρομους είτε με φορτηγά οχήματα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην οδοποιία και σαν υλικό αμμοβολής.

### *3.2.7 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την εκμετάλλευση του λιγνίτη*

Επιβαρύνεται ιδιαίτερα η υγεία του ανθρώπου με τη λειτουργία των λιγνιτικών κέντρων στην Ελλάδα σύμφωνα με τους επιστήμονες [10]. Αυτή η επιβάρυνση οφείλεται στις διαδικασίες εξόρυξης του λιγνίτη αλλά και στη καύση του από τους ΑΗΣ. Σύμφωνα με μελέτη [15], για κάθε τετραβάτωρα που παράγεται από καύση λιγνίτη προκαλούνται έως και 32,6 πρόωροι θάνατοι. Στη χώρα μας η ΔΕΗ σχεδιάζει σταδιακά να αποσύρει κάποιες λιγνιτικές Μονάδες ενώ κάποιες έχουν αποσυρθεί ήδη όπως για παράδειγμα η ο ΑΗΣ Πτολεμαΐδας 1-4 ο ΑΗΣ Καρδίας 1, 2 ενώ πρόκειται να ακολουθήσουν και άλλες. Τα όρια των εκπομπών σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι τα εξής:

- $SO_2 \leq 150 \text{ mg/Nm}^3$
- $NO_x \leq 200 \text{ mg/Nm}^3$
- Σωματίδια  $\leq 10 \text{ mg/Nm}^3$

## 4. Τεχνολογίες αντιμετώπισης της ρύπανσης

Ανάλογα με τους εκπεμπόμενους ρύπους από μια δραστηριότητα υιοθετούνται ποικιλία τεχνολογιών αντιρρύπανσης, προκειμένου τα επίπεδα εκπομπών να μην υπερβαίνουν τα οριζόμενα από τη νομοθεσία για τη διασφάλιση της ανθρώπινης υγείας και τις προστασίες του περιβάλλοντος [7].

### 4.1 Βασικές διεργασίες και τεχνικές για την απομάκρυνση ρύπων

#### 4.1.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO<sub>x</sub>

Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> ποικίλλουν και εξαρτώνται από το είδος του καυσίμου και τον τύπο τροφοδότησης της φωτιάς. Η κατανόηση των βασικών αρχών σχηματισμού των NO<sub>x</sub> είναι απαραίτητη για τον έλεγχο των εκπομπών τους [7, 12].

##### 4.1.1.1 Τεχνολογίες ελέγχου των NO<sub>x</sub>

1. Έλεγχος της καύσης
2. Επεξεργασία του καυσαερίου

Τεχνικές ελέγχου της καύσης:

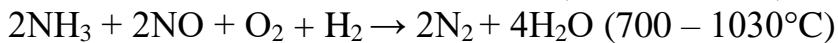
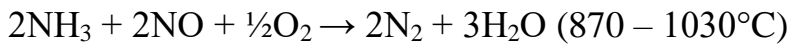
1. Χαμηλός λόγος αέρα (Low excess air)
2. Αέρας πάνω από την φλόγα (Over fire air)
3. Ανακυκλοφορία των καυσαερίων (flue gas recirculation)
4. Μείωση της προθέρμανσης του αέρα (reduce air preheat)
5. Μείωση του ρυθμού παροχής αέρα και καυσίμου (reduce firing rate)
6. Έγχυση νερού/ατμού (water/steam Injection)
7. Κράτηση καυστήρων (burners out of service, BOOS)
8. Επανάκαυση (reburn)
9. Καυστήρες χαμηλού NO<sub>x</sub> (Low NO<sub>x</sub> Burners)
10. Καυστήρες πολύ χαμηλού NO<sub>x</sub> (Ultra NO<sub>x</sub> Burners) [12]

##### 4.1.1.2 Τεχνικές επεξεργασίας των καυσαερίων

Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή

Στην εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή χρησιμοποιείται αμμωνία και ουρία και έτσι γίνεται η αναγωγή του μονοξειδίου του αζώτου σε άζωτο και νερό [30].

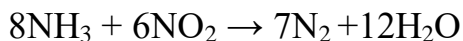
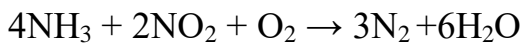
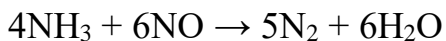
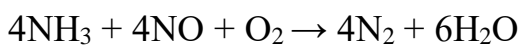




Απαιτείται χρόνος αλλά και σωστή θερμοκρασία για να γίνει η αντίδραση. Προκειμένου να γίνει μετατροπή της αμμωνίας σε NO απαιτούνται θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 1030°C. Η μέθοδος αυτή προκαλεί μείωση των οξειδίων του αζώτου από 30% μέχρι και 50%, ενώ είναι φθηνή μέθοδος οπότε γενικότερα προτιμάται σε σχέση με άλλες μεθόδους [12, 15].

#### 4.1.1.3 Εκλεκτική Καταλυτική Αναγωγή (SCR)

Για να βοηθήσουμε την αντίδραση αναγωγής των οξειδίων του αζώτου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια κλίνη καταλύτη και αμμωνίας [31, 32]. Οι αντιδράσεις που δύναται να λάβουν χώρα είναι οι εξής:



- Περιλαμβάνεται μια εγκατάσταση αποθήκευσης της αμμωνίας η οποία μπορεί να είναι είτε άνυδρη είτε σε διάλυμα.
- Απαιτείται η ύπαρξη εκκαπνισμού από τους καταλύτες ούτως ώστε να καθαρίζεται καλά η τέφρα.
- Μέχρι τους 590 βαθμούς Κελσίου χρησιμοποιούνται ζεόλιθοι.
- Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι χρησιμοποιούνται καταλύτες για την αποφυγή της μετατροπής του διοξειδίου του θείου σε τριοξείδιο [2, 12].

#### 4.1.1.4 Καταλυτική απορρόφηση

##### Τεχνολογία SCONOX

Το CO και το NO οξειδώνονται προς CO<sub>2</sub> και NO<sub>2</sub> και κατόπιν το NO<sub>2</sub> απορροφάται από ανθρακικό κάλιο πάνω σε καταλύτη:



Μόλις το ανθρακικό κάλιο καταναλωθεί, αναγεννιέται από H<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> απουσία O<sub>2</sub>:



Χρησιμοποιούμε αυτή τη μέθοδο για θερμοκρασίες μεταξύ 150-370°C [13, 15]

#### 4.1.1.5 Λειτουργία σε χαμηλή περίσσεια αέρα

Όταν γίνεται λειτουργία με χαμηλή περίσσεια αέρα βελτιώνεται η ποσότητα του αέρα καύσης και επιτυγχάνεται αναλογία με την ποσότητα του. Με τον όρο βελτιστοποίηση της ποσότητας αέρα εννοούμε τη παροχή τόσου αέρα ούτως ώστε να πετυχαίνουμε τη χαμηλότερη δυνατή περίσσεια αέρα και κατά συνέπεια μειώνονται οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου.

Για να διασφαλιστεί η πλήρης καύση σε όλα τα συστήματα καύσης χρησιμοποιείται η κατάλληλη περίσσεια αέρα.

Έτσι μπορεί να υπάρξει μείωση των NO<sub>x</sub> εφόσον μειώσουμε τη περίσσεια αέρα όσο πιο χαμηλά μπορούμε και έτσι η περιεκτικότητα του στις περιοχές με υψηλή θερμοκρασία να μειωθεί στο ελάχιστο [12, 15].

#### 4.1.1.6 Μη στοιχειομετρική καύση

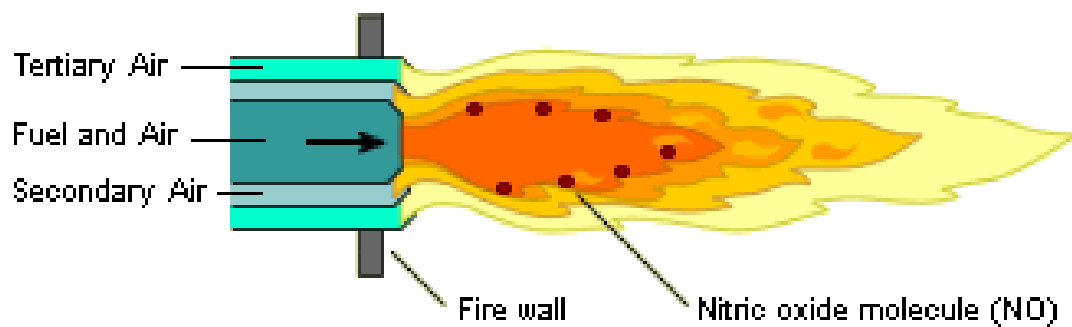
Σχετίζεται με την ανάμιξη του καυσίμου με αέρα με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνονται οι αιχμές στις θερμοκρασίες του καυσαερίου και του οξυγόνου.

Συνήθως ένα μέρος της φλόγας καύσης λειτουργεί σε χαμηλότερα επίπεδα αέρα ώστε να ένα μέρος της οξείδωσης του καυσίμου να συμβεί σε συνθήκες όπου δεν ευνοείται ο σχηματισμός NO<sub>x</sub>.

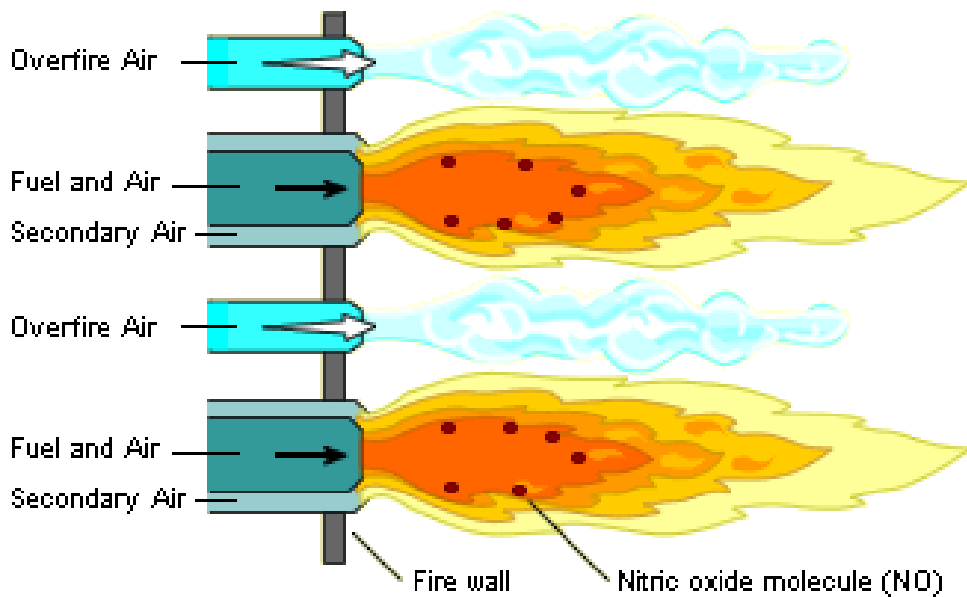
Η καύση τελειώνει στο υπόλοιπο μέρος της φλόγας ή του θαλάμου καύσης παρέχοντας εκεί το αναγκαίο υπολειπόμενο οξυγόνο για την καύση.

Οι τρεις τρόποι που χρησιμοποιούνται για κάτι τέτοιο είναι:

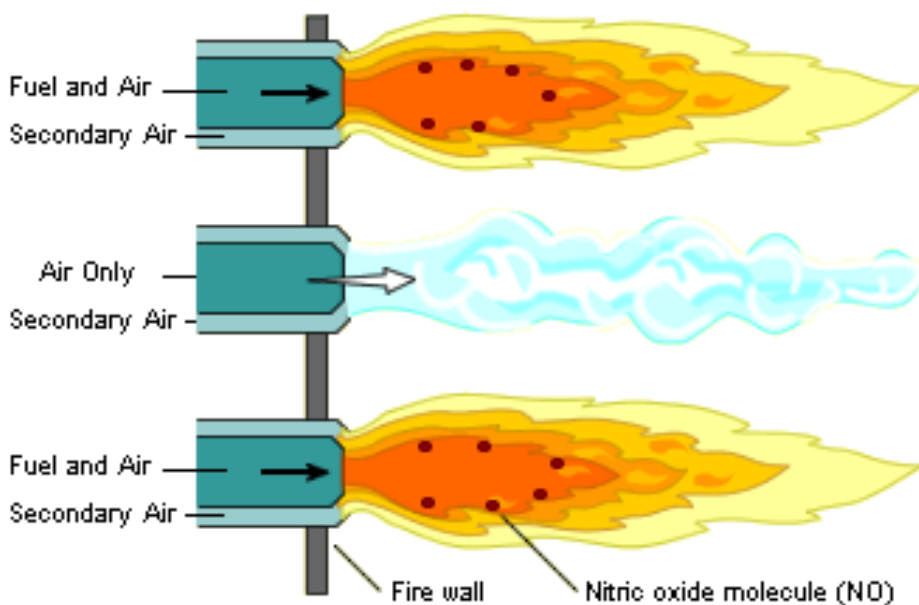
1. Καυστήρες χαμηλού NO<sub>x</sub> (Low NO<sub>x</sub> burners - εικόνα 15)
2. Αέρας καύσης πάνω από την φλόγα (Over fire air, OFA)  
Ο αέρας overfire αναφέρεται σε λειτουργία των χαμηλότερων στο θάλαμο καύσης καυστήρων με πλούσιο καύσιμο και τοποθετώντας ακροβασία αέρα πάνω από τους καυστήρες για να τελειώσει η καύση (εικόνα 16).
3. Καυστήρες εκτός λειτουργίας (Burners out of service, BOOS)  
Η μέθοδος BOOS εκτελείται εναλλάσσοντας καυστήρες πλούσιος σε καύσιμο, μετά πλούσιες σε αέρα ή μόνο αέρα διαδοχικά (εικόνα 17) [12, 13].



Εικόνα 15 Καυστήρας χαμηλού NOx [12]



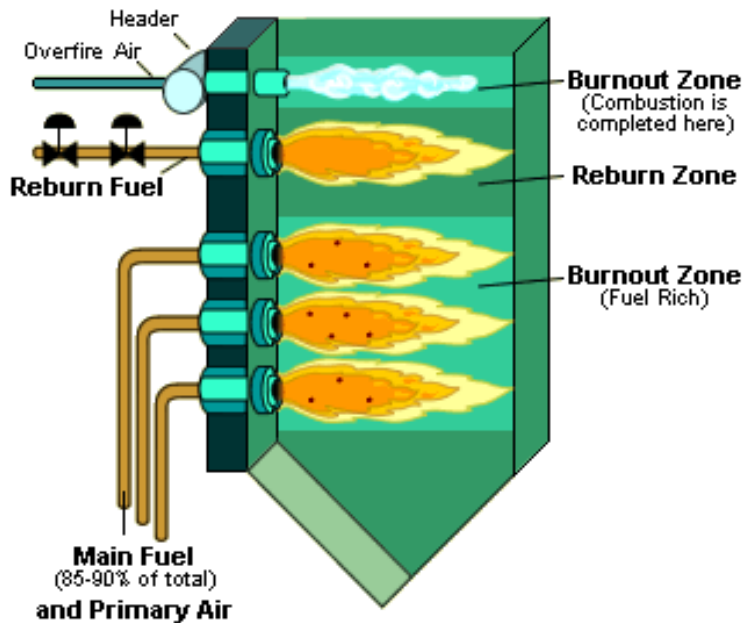
Εικόνα 16 Αέρας πάνω από τη φλόγα του καυστήρα [12]



Εικόνα 17 Καυστήρες εκτός λειτουργίας [12]

#### 4.1.1.7 Επανάκαυση καυσίμου (Fuel reburning)

Σε χαμηλά επίπεδα περίσσειας αέρα λειτουργούν οι βασικοί καυστήρες. Ένα σημαντικό ποσοστό του καυσίμου εισέρχεται από μια σειρά καυστήρων και έτσι ο θάλαμος καύσης γίνεται πλούσιος σε καύσιμο. Γίνεται πλήρης οξείδωση των μερικώς οξειδωμένων ενώσεων στο ανώτερο σημείο του θαλάμου καύσης από μια σειρά ακροφυσίων που δίνουν τον αέρα που απαιτείται για να επιτευχθεί η πλήρης καύση (εικόνα18) [13].

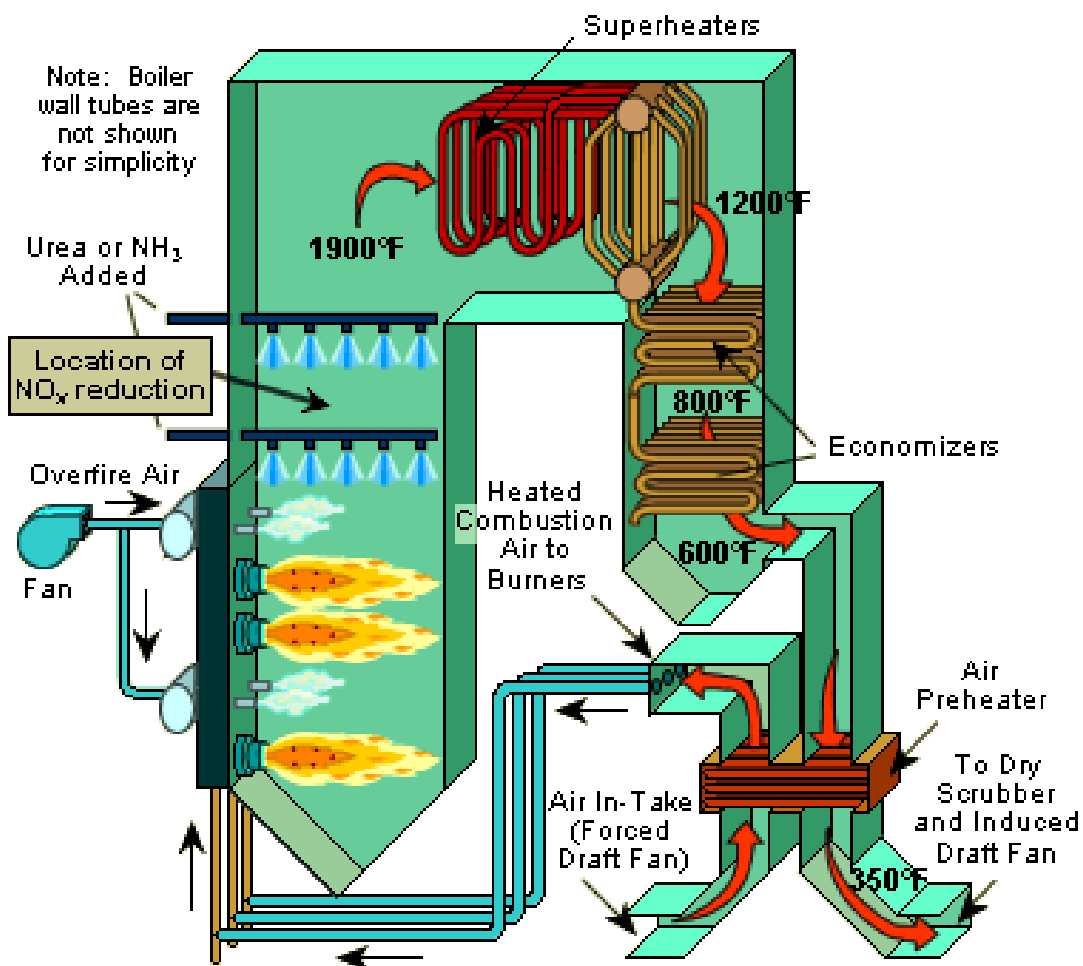


Εικόνα 18 Επανάκαυση καυσίμου [12]

#### 4.1.1.8 Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή (Selective non catalytic reduction, SNCR)

Στη εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή, αμμωνία ή ουρία εισάγεται σε μια θερμή περιοχή του λέβητα, όπου λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις αναγωγής (εικόνα 19).

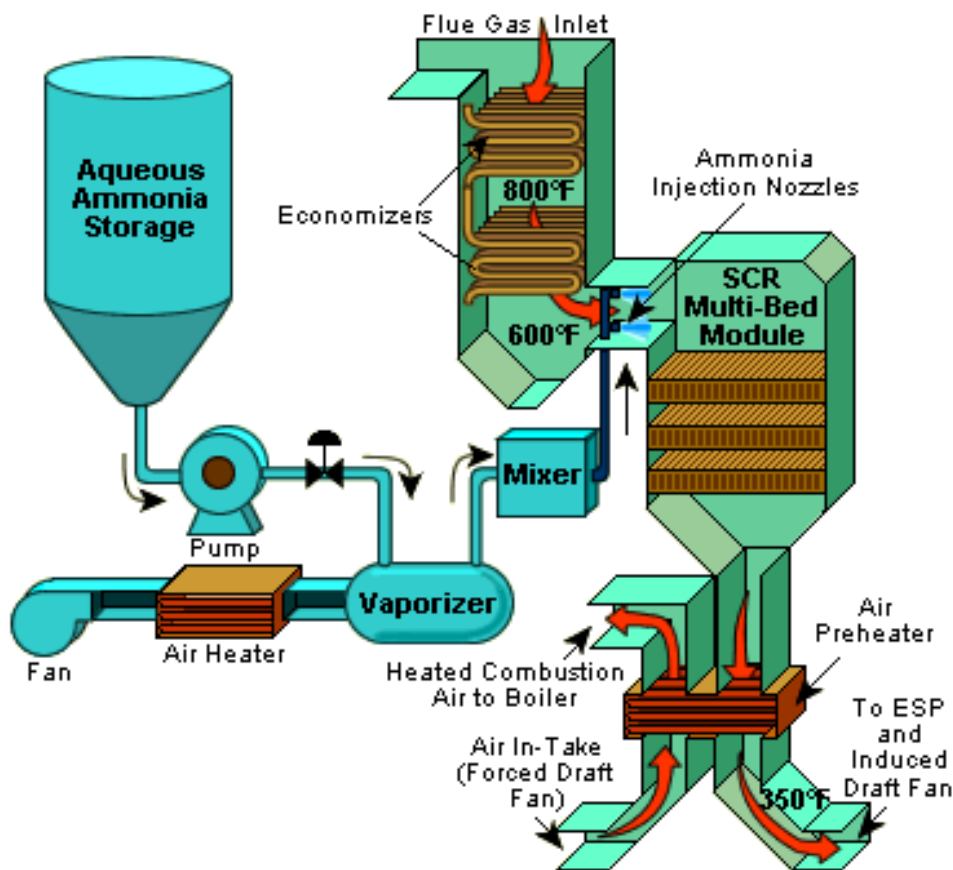
Αυτές οι αντιδράσεις, μειώνουν τις εκπομπές των NO<sub>x</sub> κατά 20-60%.



Εικόνα 19 Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή [12]

#### 4.1.1.9 Εκλεκτική Καταλυτική Αναγωγή (Selective Catalytic Reduction)

Στην μη καταλυτική αναγωγή, κλίνες που περιέχουν αμμωνία ή ουρία ανάγουν τα NO<sub>x</sub> προς μοριακό άζωτο και νερό. Οι καταλύτες που χρησιμοποιούνται είναι βανάδιο και βολφράμιο που επικάθονται σε κυψελοειδές υπόστρωμα. Η απόδοση της SCR είναι 75 έως 90% (εικόνα 20) [7, 15].



Εικόνα 20 Εκλεκτική καταλυτική αναγωγή [12]

#### 4.1.1.10 Διαβάθμιση λειτουργίας καυστήρων

Σε αυτή τη περίπτωση διακόπτεται η λειτουργία κάποιων καυστήρων και έτσι δε παρέχουν καύσιμο. Έτσι έχουμε είσοδο του καυσίμου από τους κάτω ή τους μεσαίους καυστήρες. Οι καυστήρες ταυτόχρονα παίρνουν αέρα και έτσι έχουμε μειωμένη παραγωγή NO<sub>x</sub> [15].

#### 4.1.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO<sub>2</sub>

Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου απασχόλησαν για πρώτη φορά την ανθρωπότητα στα μέσα του 1920, λόγω των μεγάλων εκπομπών θείου από τα πρώτα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.

Το 1929 ένας γεωργός ζήτησε αποζημίωση στην Βουλή των λόρδων από ηλεκτροπαραγωγό εταιρία για ζημία στη γη. Ο τύπος έφερε το θέμα στην επιφάνεια και έγινε προσπάθεια να απαγορευτεί η ανέγερση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κοντά στο Λονδίνο.

Πριν το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο υπήρχαν μόνο τρεις εγκαταστάσεις αποθείωση καπναερίων στην Αγγλία. Μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις αποθείωσης εμφανίστηκαν στην Ιαπωνία και ΗΠΑ σχετικά αργά, στις αρχές της δεκαετίας του 1970 [2, 12].

Το θείο κατά την καύση μετατρέπεται κατά μεγάλο ποσοστό σε διοξείδιο του θείου. Εάν το καυσαέριο έχει πάρα πολύ οξυγόνο, τότε μπορεί το θείο να οξειδωθεί προς τριοξείδιο του θείου. Ο σχηματισμός τριοξειδίου του θείου ευνοείται στους 800°C.

Στην αποθείωση μπορεί να γίνει και αξιοποίηση της καταλυτικής δράσης ορισμένων μετάλλων που βρίσκονται στην τέφρα του κάρβουνου. Αυτό είναι γνωστό ότι συμβαίνει με το βανάδιο σε Μονάδες που χρησιμοποιούν βαρύ έλαιο (μαζούτ).

Συνήθως το 1% του τριοξειδίου του θείου θα μετατραπεί σε θειικό οξύ. Το θειικό οξύ δημιουργεί μια ομίχλη μπλε χρώματος.

Σε περίπτωση που το κάρβουνο έχει πυριτική τέφρα, όλο σχεδόν το θείο μετατρέπεται σε διοξείδιο του θείου. Το σημείο δρόσου του τριοξειδίου του θείου είναι πολύ σημαντική παράμετρος στο καθορισμό της ελάχιστης θερμοκρασίας των καυσαερίων στην έξοδο από την καμινάδα [15].

Στην περίπτωση που η τέφρα του κάρβουνου είναι ασβεστούχα, όπως συμβαίνει με τον λιγνίτη Πτολεμαΐδας, μεγάλα ποσά θείου δεσμεύονται στην τέφρα και τα καυσαέρια μπορεί να έχουν ελάχιστο διοξείδιο του θείου (εντός ορίων). Συνήθως το ποσοστό φυσικής αποθείωσης λόγω του ασβεστίου που περιέχει ο λιγνίτης φθάνει το 85%, αλλά υπάρχουν περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν το ελεύθερο ασβέστιο (CaO, free lime) είναι πολύ υψηλό, που η αποθείωση είναι πλήρης. Διεθνώς, οι εκπομπές θείου από σταθμούς παραγωγής με καύσιμο άνθρακα θεωρούνται η μεγαλύτερη πηγή του θείου στην ατμόσφαιρα [13].

Το θείο στο κάρβουνο βρίσκεται υπό μορφή:

πυριτών (FeS<sub>2</sub>),  
θειικών ενώσεων,  
οργανικές ενώσεις όπως μερκαπτάνες.

Οι άνθρακες υψηλού θείου περιέχουν ολικό θείο 2-5% ενώ οι άνθρακες χαμηλού θείου κάτω από 2%. Το θείο μπορεί να απομακρυνθεί από το κάρβουνο σε αρχικό στάδιο σε εργοστάσια καθαρισμού (washing plants) σε ποσοστό 30-50% αλλά είναι πολυέξοδη επεξεργασία.

Άλλες πηγές θείου είναι εργοστάσια παραγωγής θείου και θειικού οξέος, διωλιστήρια, μεταλλουργία, καύση αποβλήτων κλπ [2, 15].

#### 4.1.2.1 Απομάκρυνση του SO<sub>2</sub>

Η απομάκρυνση του θείου σε ένα σταθμό παραγωγής από τα καυσαέρια λέγεται αποθείωση καπναερίων (Flue Gas Desulfurisation - FGD). Σε Μονάδες μεγάλης ισχύος έχουν επικρατήσει οι στήλες απορρόφησης με υγρή μέθοδο (διάλυμα ασβεστόλιθου με νερό)

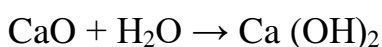
μολονότι είναι δαπανηρή επένδυση αλλά το αντιδραστήριο είναι σχετικά φθηνό. Σε μικρότερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ακριβότερα αντιδραστήρια αλλά σε εγκαταστάσεις χαμηλότερου κόστους [12].

#### Αντιδράσεις με βάση το ασβέστιο

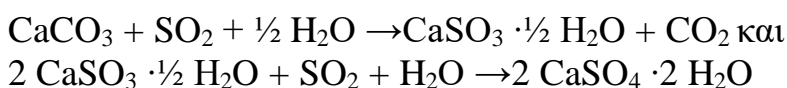
Ο ασβεστόλιθος είναι φθηνό υλικό που θρυμματίζεται και μπορεί να εισαχθεί στο λέβητα σε υγρή μορφή σαν υδατικό διάλυμα ή σαν σκόνη. Το οξείδιο του ασβεστίου είναι ακριβότερο διότι υπάρχει ενεργειακό κόστος για την διάσπαση του ασβεστόλιθου.



Εναλλακτικά, το οξείδιο του ασβεστίου εάν υγρανθεί δίδει υδράσβεστο:



Το διοξείδιο του θείου σε στήλη απορρόφησης δεσμεύεται από το θείο με τις αντιδράσεις που ακολουθούν προς θειώδες ή θεικό ασβέστιο:



Η υδράσβεστος σε υγρή μορφή ή σε ξηρή (Lime spray drying) επίσης δίδει τα ίδια προϊόντα:

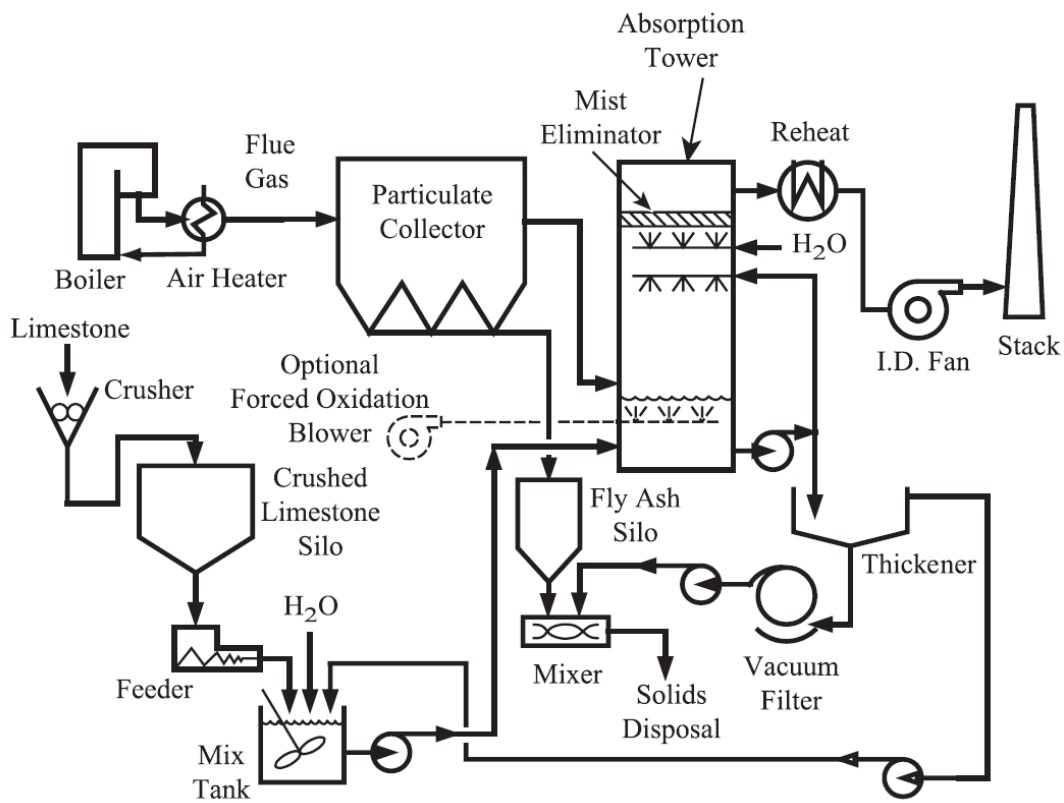


#### 4.1.2.2 Προϊόντα αποθείωσης με βάση το ασβέστιο

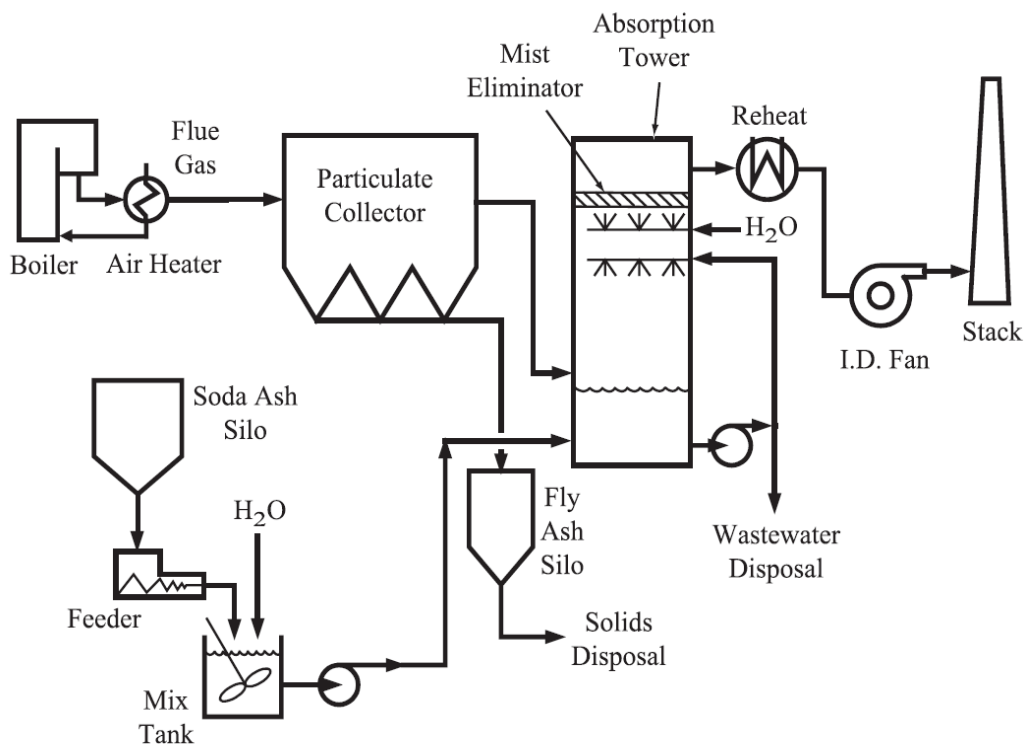
- Το θειώδες ασβέστιο ( $\text{CaSO}_3$ ) παράγεται σε στήλη απορρόφησης από ασβεστόλιθο σε διάλυμα νερού (Inhibited wet lime process) και σχηματίζει βελόνες που δύσκολα αφυγραίνονται, ενώ δεν έχει εμπορική αξία. Πρέπει να σταθεροποιηθεί με τέφρα εάν αποτεθεί σε ορυχείο ώστε να γίνει σταθερό το έδαφος (εικόνα 21).
- Το θεικό ασβέστιο που προέρχεται από την εξαναγκασμένη οξείδωση, έχει επιθυμητά χαρακτηριστικά. Σχηματίζει συμπαγείς κρυστάλλους που πιο εύκολα αφυγραίνονται, και ως γύψος είναι χρήσιμος για παραγωγή γυψοσανίδας (wallboard).



- Το ξηρό προϊόν αποθείωσης από ξηρή μέθοδο περιέχει κυρίως θειώδες ασβέστιο σε ποσοστό 75% και εάν αποθεθεί είναι πιθανό να δημιουργηθούν υγρά διηθήσεων με υψηλό pH από αντιδραστήρια που δεν αντέδρασαν [15].



Εικόνα 21 Απλοποιημένο διάγραμμα ροής της διεργασίας υγροποίησης του ασβεστόλιθου [12]



Εικόνα 22 Διάγραμμα διαχωριστή σόδας-τέφρας [12]

Οι στήλες απορρόφησης (scrubbers) έχουν εφαρμοστεί σε Μονάδες με κάρβουνο ή πετρέλαιο ισχύος από 5 έως 1500 MW. Οι στήλες ξηρής απορρόφησης (dry scrubbers) και οι στήλες με έγχυση (spray scrubbers) εφαρμόζονται σε Μονάδες κάτω των 300 MW.

Το 85% των μονάδων στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν υγρή αποθείωση, το 12% συστήματα ξηρού ψεκασμού (dry spray) και 3% συστήματα ξηρής έγχυσης (dry injection - εικόνα 22).

Η υψηλότερη απόδοση επιτυγχάνεται με υγρή αποθείωση.

Το συνολικό κόστος (επένδυση, λειτουργίας και συντήρησης ανά τόνο SO<sub>2</sub> που απομακρύνεται έχει ως εξής:

Για υγρή απορρόφηση > 400 MW το κόστος είναι \$200 έως \$400/τόννο SO<sub>2</sub>

Για υγρή απορρόφηση < 400 MW το κόστος είναι \$500 έως \$5.000/τόννο SO<sub>2</sub>

Για ξηρή απορρόφηση > 200 MW το κόστος είναι \$150 έως \$300/τόννο SO<sub>2</sub>

Για ξηρή απορρόφηση < 200 MW το κόστος είναι \$500 έως \$4.000/τόννο SO<sub>2</sub> [2, 12]



Εικόνα 23 Ατμοηλεκτρικός σταθμός

## 4.2 Τεχνολογίες απομάκρυνσης σωματιδιακών ρύπων

Παρουσιάζεται μεγάλη ποικιλία στο ειδικό βάρος, στη πυκνότητα, στη χημική σύσταση και στην ηλεκτρική συνοχή της σωματιδιακής ύλης. Η ποσότητα και η ποιότητα του επεξεργασμένου αερίου περιπλέκει ακόμα περισσότερο την επιλογή του εξοπλισμού. Θα πρέπει να γνωρίζει κάποιος καλά τους τέσσερις τύπους του εξοπλισμού που υπάρχουν για να κάνει τη σωστή επιλογή. Οι τύποι που χρησιμοποιούνται σε έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό (εικόνα 23) είναι [10]:

- Μηχανικοί συλλέκτες
- Υγρά φίλτρα ή εκπλυτές.
- Σακόφιλτρα
- Ηλεκτροστατικά φίλτρα (ESPs)

Η σωστή διεργασία αποτελεί μια δύσκολη επιλογή. Υπάρχουν πολλές τεχνικές εταιρίες που δίνουν μια γρήγορη και οικονομική λύση για τη λύση αυτών των προβλημάτων. Πιο κάτω θα

δούμε τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των τριών αυτών συστημάτων ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

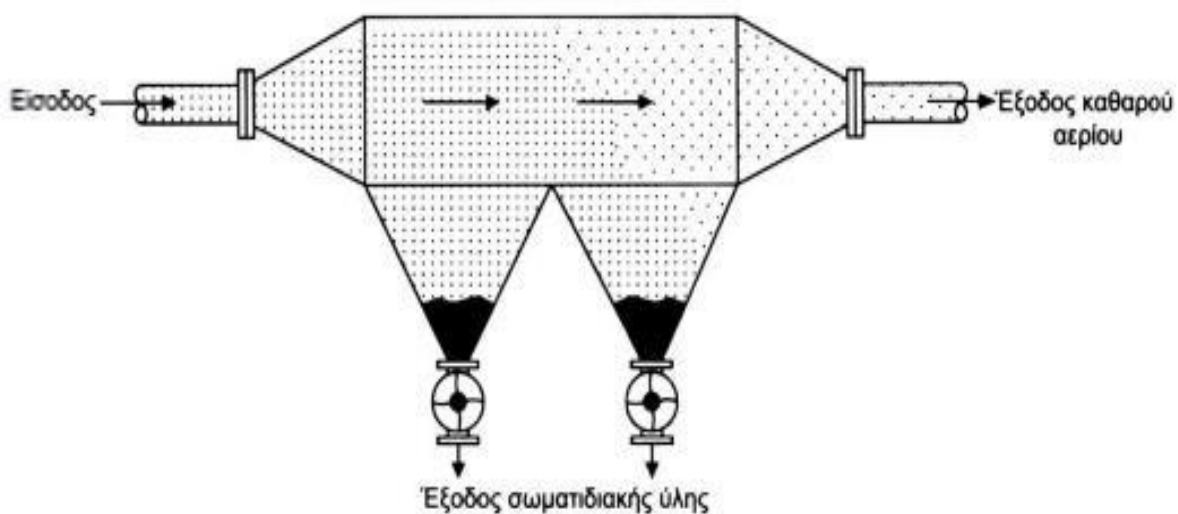
#### 4.2.1 Μηχανικοί συλλέκτες

Το ειδικό βάρος του αερίου είναι δυο φορές μικρότερο από αυτό της σωματιδιακής ύλης στο οποίο εμπεριέχεται. Με αυτό το τρόπο μπορούμε να διαχωρίσουμε το ελαφρύ αέριο από τη βαριά σωματιδιακή ύλη [11]. Μερικοί βασικοί τύποι μηχανικών συλλεκτών είναι:

1. Οι βαρυτικοί συλλέκτες
2. Οι συλλέκτες εκτροπής με ανακυκλοφορία
3. Οι κυκλώνες υψηλής απόδοσης

#### 4.2.3 Βαρυτικοί συλλέκτες

Αυτός ο συλλέκτης (εικόνα 24) βοηθάει στο να μειώσει τη ταχύτητα του αερίου και έτσι θα κατακαθίσει η βαρύτερη σωματιδιακή ύλη, λόγω της βαρύτητας, μέσα σε χοάνες από όπου απομακρύνεται σιγά σιγά. Από 20-200 μέτρα ανά λεπτό είναι περίπου οι ταχύτητες της καθίζησης. Αν η σωματιδιακή ύλη είναι είτε μέτρια είτε λεπτή και αν απαιτηθεί κατακράτηση τότε η χρήση του συστήματος κρίνεται μειονεκτική [11].



Εικόνα 24 Βαρυτικός συλλέκτης σωματιδιακής ύλης [11]

#### 4.2.4 Εκπλυτές (υγρά φίλτρα)

Εδώ χρησιμοποιείται ένα υγρό, ως επί το πλείστον νερό, για να απομακρυνθεί η σωματιδιακή ύλη. Υπό μορφή ψεκασμού το υγρό μπαίνει στον ειδικό θάλαμο.

Αρχικά το αέριο περνάει μέσα από τη δύναμη που προκαλείται από τη δύναμη των ψεκαστήρων και έτσι επιβραδύνεται στο στόμιο εισόδου. Μετέπειτα περνάει μέσα από το τομέα απομάκρυνσης της ομίχλης και τελικά το επιταχύνει το στόμιο εξόδου ούτως ώστε να αποκτήσει ξανά τη ταχύτητα εισόδου [17].

Από τους παρακάτω μηχανισμούς προκαλείται η συλλογή των σωματιδίων από τα σταγονίδια του υγρού:

- Πρόσκρουση των μεγαλύτερων σωματιδίων σκόνης στις σταγόνες
- Σύλληψη λόγω διάχυσης των λεπτών σωματιδίων
- Ηλεκτροστατικές δυνάμεις

Έτσι το σωματίδιο πλέον δεσμευμένο γίνεται μεγαλύτερο και βαρύτερο λόγω των παραπάνω μηχανισμών.

Απελευθερώνεται η σκόνη από τις σταγόνες οι οποίες κάθονται στο πυθμένα η οποία σκόνη έχει μεγαλύτερο ειδικό βάρος. Συνδυάζονται οι δυνάμεις αδράνειας και βαρύτητας ούτως ώστε τα σταγονίδια να προσκρούονται στην επιφάνεια του υγρού και έτσι να απομακρυνθεί η ομίχλη που ξεφεύγει από το θάλαμο ψεκασμού.

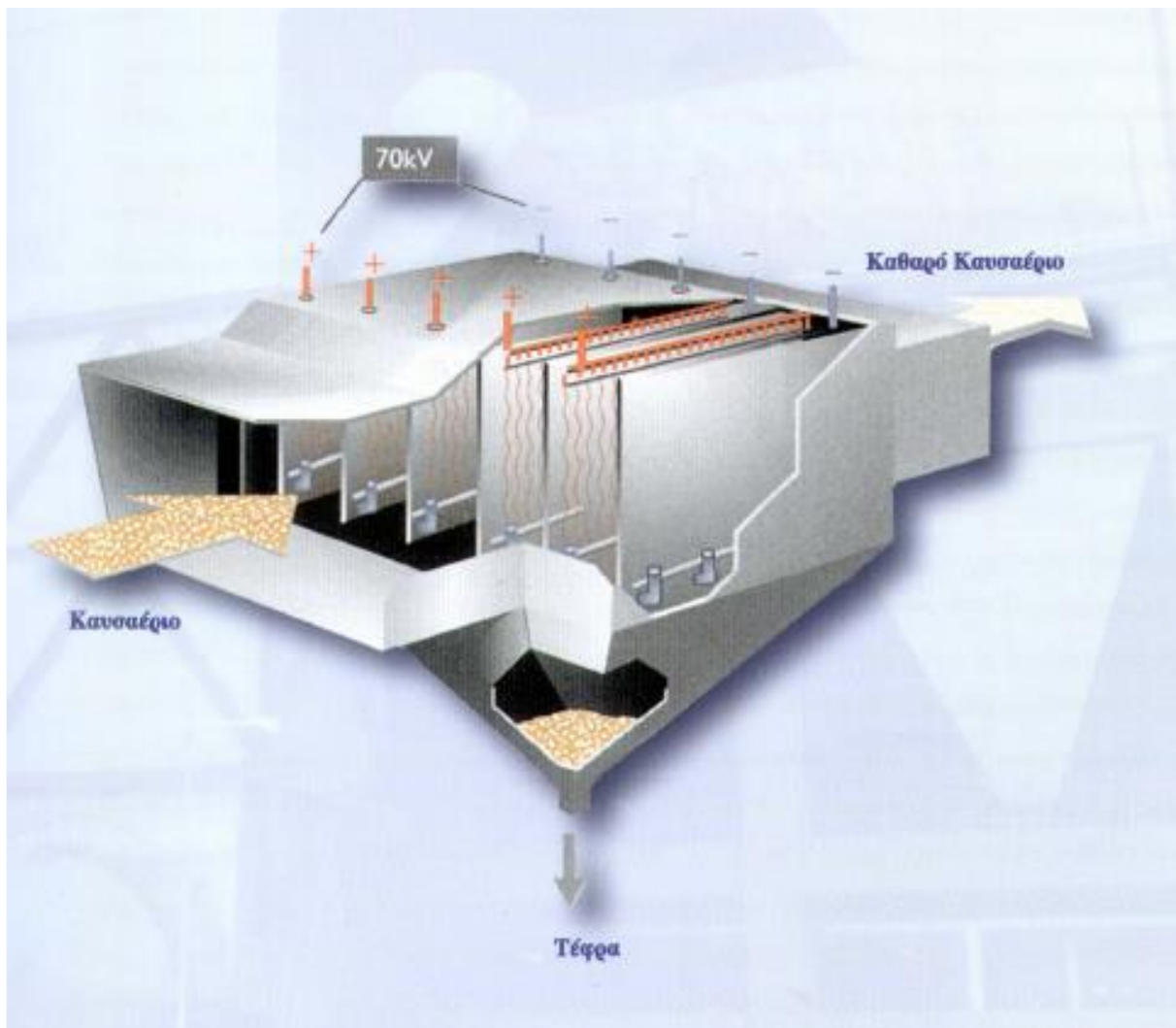
Μπορεί να ανακυκλωθεί το υγρό αφού καθαριστεί με ευκολία για να αποφύγουμε προβλήματα διάβρωσης. Αυξάνεται η απόδοση του υγρού φίλτρου αφού ο θάλαμος ψεκασμού διαθέτει διαφράγματα πρόσκρουσης [ [17].

#### 4.2.5 Ηλεκτροστατικά φίλτρα

Στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας ο Frederic Garder Cottrell εφηύρε το 1910 το ηλεκτροστατικό φίλτρο. Χρησιμοποιούμε για την αντιμετώπιση αρκετών προβλημάτων και το καθαρισμό των αερίων τις ηλεκτροστατικές συσκευές των οποίων οι αποδόσεις συλλογής σκόνης αγγίζει το 99,9% και με θερμοκρασίες του αερίου μέχρι και 550 βαθμούς Κελσίου.

Με ένα ρεύμα αερίου διαχωρίζει τα σωματίδια ύλης μια τέτοια συσκευή. Αφού τα σωματίδια φορτιστούν σε ένα αρνητικό δυναμικό 50.000 V στη συνέχεια κολλάνε στα ειδικά ηλεκτρόδια που υπάρχουν για να τη συλλέγουν. Σαν αποτέλεσμα έχει μια χοάνη να συλλέγει τη σκόνη.

Το θετικό των ηλεκτροστατικών φίλτρων είναι ότι έχουν τις μικρότερες απώλειες σε σχέση με τους άλλους συλλέκτες που λειτουργούν σε υψηλή τάση. Στην εικόνα 25 φαίνεται ένα ηλεκτροστατικό φίλτρο.



Εικόνα 25 Σχεδιάγραμμα γενικής λειτουργίας ηλεκτροστατικού φίλτρου [11]

Το αέριο το οποίο είναι πλούσιο σε σωματιδιακή ύλη περνά μέσα από περάσματα τα οποία σχηματίζονται από παράλληλες πλάκες γειωμένων ηλεκτροδίων και αυτό συμβαίνει σε εμπορικές Μονάδες φυσικού μεγέθους. Στο μέσο της απόστασης των πλακών είναι τοποθετημένα τα σύρματα υψηλής τάσης [16].

#### 4.2.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ηλεκτροστατικών φίλτρων

Ο συνδυασμός του μικρού κόστους λειτουργίας με την υψηλή απόδοση συλλογής σωματιδίων είναι το βασικότερο πλεονέκτημα των ηλεκτροστατικών φίλτρων. Επίσης η ανταπόκρισή του σε κάθε απαίτηση για συλλογή αποτελεί ένα ακόμα βασικό πλεονέκτημα. Ένα μειονέκτημα είναι ότι το κόστος της εγκατάστασής του για διεργασίες μικρής δυναμικότητας. [16].

#### 4.3 Μέτρα για την μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Θα είναι ένα σημαντικό βήμα για την ανθρωπότητα αν οι χώρες οι οποίες έχουν πολλές βιομηχανίες καταλάβουν το μέγεθος της καταστροφής που έχει προκαλέσει η συγκεκριμένη δραστηριότητα. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα θα πρέπει να βρει η ανθρωπότητα νέες μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος οι οποίες είναι λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον όπως για παράδειγμα τα εργοστάσια φυσικού αερίου ή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και έτσι με αυτό το τρόπο θα περιοριστεί το πρόβλημα στο ελάχιστο. [18].





## 5. Νομοθετικό πλαίσιο για την μείωση των ρύπων

### 5.1 Περιβαλλοντική πολιτική Ευρωπαϊκής Κοινότητας

Όλα τα κράτη διαθέτουν περιβαλλοντική πολιτική η οποία αποτελεί μία από τις τρεις σημαντικότερες πολιτικές. Οι άλλες δυο πολιτικές είναι η ανάπτυξη και η κοινωνική συνοχή. Είναι υποχρέωση, στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης, η προστασία του περιβάλλοντος και της φύσης για τις επόμενες γενιές. Από αυτά φαίνεται πόσο σημαντικό είναι το περιβάλλον στη πολιτική [20].

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ) εκδίδει οδηγίες με τις οποίες καθορίζονται οριακές τιμές ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα για τους πιο σημαντικούς ρύπους. Βασικοί στόχοι των οδηγιών είναι να εξασφαλισθεί ένα υψηλό επίπεδο προστασίας της δημόσιας υγείας σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση και να καθορισθούν οριακές τιμές ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος. Παράλληλα, οι χώρες-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης, μπορεί να έχουν σε ισχύ και εθνική νομοθεσία, μόνο προς την κατεύθυνση της αυστηροποίησης των οδηγιών της ΕΕ [20].

### 5.2 Θεσμικό πλαίσιο για την ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η βασική οδηγία-πλαίσιο για τη ποιότητα του αέρα εκδόθηκε το 1996, «*Οδηγία 1996/62/ΕΚ για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος*». Η παραπάνω οδηγία θέτει οριακές τιμές συγκεντρώσεων ή εκπομπών ρύπων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ούτως ώστε να μειωθούν οι ρύποι στην ατμόσφαιρα οι οποίοι είναι επιβλαβής τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με αυτή:

- Θα πρέπει να υπάρχει παρακολούθηση των νέων δεδομένων και ανάλογα με αυτά να προκύπτουν νέα όρια.
- Πρέπει να γίνεται έλεγχος της προέλευσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Τέλος όλες οι χώρες-μέλη της ΕΕ θα πρέπει να δημοσιεύουν τα προγράμματα που εφαρμόζουν για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης [21].

### 5.3 Οριακές τιμές ρύπων

Ως «οριακή τιμή» ενός ρύπου ορίζεται, εκείνο το επίπεδο συγκέντρωσης του ρύπου που καθορίζεται με βάση τις επιστημονικές γνώσεις, με σκοπό να αποφεύγονται, να

προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και/ή στο σύνολο του περιβάλλοντος, το οποίο πρέπει να επιτευχθεί εντός δεδομένης προθεσμίας χωρίς εν συνεχεία υπερβάσεις [11, 21]

## 5.4 Οριακές τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

### 5.4.1 Όρια εκτάκτων μέτρων

Σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία της Ελλάδας, έχει δημιουργηθεί ένα σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται όρια εκτάκτων αναγκών για τη μείωση της ρύπανσης εκεί που αναμένεται αύξηση λόγω δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών. Όταν υπάρχει πρόβλεψη για διατήρηση ή αύξηση των τιμών της ρύπανσης και υπάρχει ταυτόχρονα και υπέρβαση των τιμών των ορίων τότε γίνεται λήψη μέτρων.

Η βραχυπρόθεσμη λήψη μέτρων που μειώνουν τη συγκέντρωση των ρύπων ή τη διάρκεια της υπέρβασης των ορίων γίνεται από τις αρμόδιες αρχές που εκπονούν κάποια σχέδια δράσης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τα μέτρα ελέγχου είναι η δυνατότητα αναστολής δραστηριοτήτων όπως για παράδειγμα η κυκλοφορία αυτοκινήτων.

Τα επιτρεπόμενά όρια για κάθε ρύπο σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης φαίνονται στον πίνακα 9 [20].

Πίνακας 9 Όρια ρύπων βάσει οδηγιών

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ	ΟΔΗΓΙΑ
Διοξείδιο του Αζώτου (NO <sub>2</sub> )	1 Ώρα	<b>400μg/m<sup>3</sup></b> Υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	1999/30/EK []
Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> )	1 Ώρα	<b>500μg/m<sup>3</sup></b> Υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	1999/30/EK

## 5.5 Το πρωτόκολλο του Kyoto

Στο Κιότο της Ιαπωνίας έγινε συνάντηση του ΟΗΕ με θέμα την κλιματική αλλαγή τον Δεκέμβριο του 1997. Ήταν από τις μεγαλύτερες διεθνείς συναντήσεις μαζί με τη συνάντηση του Ρίο ντε Τζανέιρο. Αυτό το πρωτόκολλο υπεγράφη από 171 χώρες και θέτει μια σειρά από

νομικές δεσμεύσεις για εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από τις 39 βιομηχανοποιημένες χώρες μαζί με τις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης. Σύμφωνα με αυτό, θα πρέπει να υπάρξει μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου κατά ένα ποσοστό 5,2% σε σχέση με το 1990 [19].

Ο πίνακας 10 μας δείχνει με λεπτομέρειες τα όρια μείωσης για κάποιες χώρες ή και οριακής αύξησης για κάποιες άλλες σε βάθος δεκαετίας του διοξειδίου του άνθρακα.

Υπήρχαν οι εξής δεσμεύσεις για να εφαρμοστεί το πρωτόκολλο του Κιότο:

- Ενίσχυση ή θέσπιση εθνικών πολιτικών μείωσης των εκπομπών και προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Συνεργασία με άλλα συμβαλλόμενα μέρη (π.χ. ανταλλαγή πείρας ή πληροφοριών)
- Εμπορία εκπομπών αερίων θερμοκηπίου [20, 22].

*Πίνακας 10 Όρια που θεσπίστηκαν για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Κιότο από ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες [19]*

Ευρωπαϊκή Ένωση, Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

## 5.6 Οριακές τιμές εκπομπής αερίων αποβλήτων από την καύση λιγνίτη

Τον Απρίλιο του 2017, η Ευρωπαϊκή Ένωση ενέκρινε τις νέες Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ) για τις μεγάλες μονάδες καύσης. Το εγχειρίδιο περιέχει τις νέες οριακές τιμές εκπομπών (**SO<sub>2</sub>: 200mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>: 200mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, PM: 20 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>**) για τους ρύπους που εκλύονται από αυτές τις μονάδες, όπως επίσης και τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν για τη

συμμόρφωση των μεγάλων μονάδων καύσης με τις προαναφερθείσες οριακές τιμές. Σύμφωνα με το άρθρο 15 της οδηγίας βιομηχανικών εκπομπών (2010/75/ΕΕ), όλες οι μεγάλες μονάδες καύσης πρέπει να συμμορφωθούν με τα νέα όρια, τέσσερα χρόνια μετά το αργότερο, δηλαδή ως τις 17 Αυγούστου 2021. Αυτό ισχύει και για τους εν λειτουργία ελληνικούς λιγνιτικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Οι περιβαλλοντικοί όροι υφιστάμενων λιγνιτικών σταθμών που ανανεώθηκαν πρόσφατα δεν συμμορφώνονται με τα νέα όρια. Αντίθετα, στις αντίστοιχες Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) αναφέρεται ότι μετά τη λήξη ισχύος του Ελληνικού Μεταβατικού Σχεδίου Μείωσης Εκπομπών (ΜΕΣΜΕ) τον Ιούνιο του 2020, στο οποίο περιλαμβάνονται, οι οριακές τιμές εκπομπών με τις οποίες πρέπει αυτοί οι λιγνιτικοί σταθμοί να συμμορφώνονται, θα είναι οι λιγότερο αυστηρές οριακές τιμές της οδηγίας βιομηχανικών εκπομπών (2010/75/ΕΕ). Η πιθανότητα δε της επίκλησης της εξαίρεσης της παραγράφου 4 του άρθρου 15 για την αποφυγή της συμμόρφωσης των ελληνικών λιγνιτικών σταθμών με τα νέα όρια εκπομπών, έχει αναφερθεί στον δημόσιο διάλογο. Καθώς η εξαίρεση του άρθρου είναι εφικτή μόνο εφόσον το κόστος της εγκατάστασης και εφαρμογής των απαραίτητων για τη συμμόρφωση με τα νέα όρια αντιρρυπαντικών τεχνολογιών ξεπερνά τα περιβαλλοντικά οφέλη, καθίσταται σημαντικό να υπάρχει μια συστηματική ποσοτική σύγκριση μεταξύ τους [20] .

Στον ακόλουθο Πίνακα παρουσιάζονται οι οριακές τιμές εκπομπής (ΟΤΕ) αέριων αποβλήτων για όλες τις Μονάδες από την καύση λιγνίτη για το έτος 2017.

*Πίνακας 11 Οριακές τιμές εκπομπής από την καύση λιγνίτη για το έτος 2017\*.\*\* [19]*

---

SO<sub>2</sub>: 18.998 t/έτος κατά μέγιστον, για το σύνολο των Μονάδων του ΑΗΣ

NO<sub>x</sub>: 500 mg/Nm<sup>3</sup> (O<sub>2</sub>: 6% κ.ό., επί ξηρού), κατά μέγιστον

Θεωρείται τηρηθείσα εφόσον:

- καμία επικυρωμένη μηνιαία τιμή δεν υπερβαίνει την ΟΤΕ
- καμία επικυρωμένη ημερήσια τιμή δεν υπερβαίνει το 110% της ΟΤΕ
- το 95% των επικυρωμένων ωριαίων μέσων τιμών εντός του έτους δεν υπερβαίνει το 200% της ΟΤΕ

Σωματιδίων: 3.703 t/έτος κατά μέγιστον, για το σύνολο των Μονάδων του ΑΗΣ.

---

\*Σημειώνεται ότι οι Μονάδες του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου έχουν ενταχθεί στο Μεταβατικό Εθνικό Σχέδιο Μείωσης Εκπομπών (ΜΕΣΜΕ) της Οδηγίας 2010/75/ΕΚ, που τίθεται σε ισχύ από την 01.01.2016 σύμφωνα και με τα οριζόμενα στην ΚΥΑ Η.Π. 34062/957/Ε103 (ΦΕΚ 1793Β/20.08.2015).

\*\*Τα παραπάνω όρια ισχύουν με την προϋπόθεση ότι οι ετήσιες εκπομπές των τριών προαναφερόμενων ρύπων συμποσούμενες με τις αντίστοιχες εκπομπές των λοιπών μονάδων της ΔΕΗ Α.Ε. που εντάσσονται στο ΜΕΣΜΕ δεν υπερβαίνουν το συνολικό ανώτατο όριο για το έτος 2017.

---

## 5.7 Η εφαρμογή στην Ελλάδα

Για την καλύτερη επίτευξη των ορίων που θέτει το πρωτόκολλο του Κιότο από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι:

- Τοποθέτηση τελευταίας τεχνολογίας φίλτρων και διαφόρων άλλων μηχανισμών στους ΘΗΣ για την μεγαλύτερη δυνατή κατακράτηση ρύπων.
- Επιλογή της καθαρότερης και αποδοτικότερης τεχνολογίας για κάθε νέο ΘΗΣ που εγκαθίσταται.
- Προώθηση της χρήσης των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και στήριξή τους με επιχορηγήσεις.
- Κατασκευή ενεργειακών πάρκων για καλύτερη χρησιμοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητας και γενικότερα της ενέργειας.

Η Ελλάδα υποχρεούνταν βάσει της απόφασης 2063 του πρωτοκόλλου του Κιότο σε περιορισμό της αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008-2012 στο 25% σε σχέση με τις εκπομπές που υπάρχουν στο έτος αναφοράς. Ως έτος αναφοράς για τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, λαμβάνεται το 1990 ενώ για τα PFCs, HFCs λαμβάνεται το 1995. Λόγω όμως του ότι δεν επιτευχθήκαν οι στόχοι για τις εκπομπές του αερίου του θερμοκηπίου έγινε επέκταση του πρωτοκόλλου μέχρι και το 2020.

Η ΔΕΗ προσπαθεί μέσω κάποιων δράσεων να πετύχει το στόχο του περιορισμού των εκπομπών των οξειδίων του αζώτου και του διοξειδίου του θείου. Οι Μονάδες της ΔΕΗ λειτουργούν με βάση τις υποχρεώσεις της ΔΕΗ για λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων για τη προστασία του περιβάλλοντος.

Η Ελλάδα υπέβαλε στην Ευρωπαϊκής Ένωσης το σχέδιο μετάβασης για τη μείωση των εκπομπών για τη χρονική περίοδο 2016-2020, το οποίο πήρε έγκριση το 2013.

Εξετάστηκε η μέθοδος αποθείωσης πολλαπλών σημείων έγχυσης στη 3<sup>η</sup> Μονάδα του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, ενώ ανατέθηκε σε εξειδικευμένη εταιρεία η μελέτη για τη μείωση των εκπομπών θείου σε Μονάδες της Δυτικής Μακεδονίας. Επίσης, αποφασίστηκε η κατασκευή έργων ξηρής αποθείωσης για τις Μονάδες 1-4 του Αγίου Δημητρίου και επιλέχθηκε η υγρή αποθείωση καυσαερίων για τη Μονάδα V του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου.

Έχει ήδη ολοκληρωθεί η προμελέτη για τη μείωση των εκπομπών του οξειδίου του αζώτου για τις Μονάδες 1-4 του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου και έχει επίσης αποφασιστεί η διενέργεια έργων σε αυτές τις Μονάδες για τη μείωση των εκπομπών αυτών [11, 20].



## 6. Η περίπτωση της Δυτικής Μακεδονίας, εκπεμπόμενοι ρύποι μονάδων ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου.

### 6.1 Περιγραφή περιοχής Μελέτης

#### 6.1.1 Γενικά Στοιχεία αναφορικά με τον ΑΗΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

Ο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου είναι λιγνιτικός Σταθμός και είναι εγκατεστημένος στο 18° χλμ. Κοζάνης – Θεσσαλονίκης και διοικητικά υπάγεται στο Δήμο Κοζάνης. Ο ΑΗΣ αποτελείται από 5 Μονάδες με συνολική ισχύ 1595 MW [12].

Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο λιγνίτης, ενώ το πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως βοηθητικό καύσιμο, κυρίως για την εκκίνηση των μονάδων και για την υποστήριξη των μονάδων όταν υπάρχουν λειτουργικά προβλήματα.

Οι Μονάδες του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου έχουν τη δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας με το φορτίο να μπορεί να μεταβάλλεται και να κυμαίνεται από το ελάχιστο ως το τεχνικό μέγιστο. Επίσης είναι αξιοσημείωτο ότι η τρίτη, η τέταρτη και η πέμπτη Μονάδα του σταθμού παρέχουν θερμική ενέργεια απαραίτητη για τη τροφοδοσία της τηλεθέρμανσης της Κοζάνης.

Στο χώρο του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου είναι εγκατεστημένες και λειτουργούν, οι παρακάτω Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (η ισχύς και το έτος έναρξης λειτουργίας κάθε Μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου δίνεται στον παρακάτω πίνακα [15]):

Πίνακας 12 Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου [15]

No	Ονομαστική ισχύς (MWe)	Θερμική ισχύς (MWth)	Έτος έναρξης λειτουργίας
I	300	762	1984
II	300	762	1984
III	310	787	1985
IV	310	787	1986
V	375	892	1997
Συνολική ισχύς	<b>1595</b>		

Οι Μονάδες του ΑΗΣ διαθέτουν εγκεκριμένη Άδεια Λειτουργίας με την Υπουργική Απόφαση του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος ΗΛ/Β/Φ7/3055/οικ. 176141/15-6-2018. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η θερμική ισχύς των μονάδων 3,4 και 5 του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε τη τεχνολογία που χρησιμοποιεί ο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου για τη κατακράτηση της σκόνης είναι τα ηλεκτροστατικά φίλτρα. Τα

ηλεκτροστατικά φίλτρα του σταθμού αποτελούνται για τη Μονάδα III και τη Μονάδα 4 από δύο ζώνες δηλαδή τα παλαιά Η/Φ και τα νέα Η/Φ, η πέμπτη Μονάδα καλύπτεται από τα νέα Η/Φ μόνο αφού λειτούργησε το 1997. Τα παλαιά Η/Φ της 3<sup>ης</sup> και της 4<sup>ης</sup> Μονάδας κατασκευάστηκαν το 1987 όταν λειτούργησαν οι Μονάδες, ενώ τα νέα τη δεκαετία του 2000. Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα νέα Η/Φ έχουν μεγαλύτερη απόδοση από τα παλαιά [2, 15].

Πίνακας 13 Θερμική ισχύς Μονάδων 3,4 και 5 ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου

No	Θερμική ισχύς (MWth) για ανάγκες Τηλεθέρμανσης	Δυνατότητα παροχής θερμικής Ισχύς		
		134	137	137
III	67	67		67
IV	67	67	67	
V	70		70	70

### 6.1.2 Η Δυτική Μακεδονία

Η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας περιλαμβάνει τους νομούς Γρεβενών, Καστοριάς, Κοζάνης και Φλώρινας. Με έδρα την Κοζάνη, η Περιφέρεια συγκεντρώνει ποσοστό 2,8% του πληθυσμού και παράγει 2,7% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της χώρας. Μεταξύ των απογραφών 1991 και 2001 ο πληθυσμός της αυξήθηκε 2,9%, αύξηση χαμηλότερη από του συνόλου της χώρας (6,9%). Στην περιοχή παράγεται 5,8% της αγροτικής παραγωγής της χώρας, 18% του προϊόντος του ενεργειακού τομέα, 0,5% της μεταποιητικής παραγωγής και 2,4% των υπηρεσιών. Από τον ενεργειακό τομέα (παραγωγή ηλεκτρισμού) και τα ορυχεία λιγνίτη προέρχεται 11% και 9% αντίστοιχα του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της περιφέρειας. Με κατά κεφαλή προϊόν 14,3 χιλ. ευρώ το 2003, κατατάσσεται 5η με βάση το κριτήριο αυτό. Με το κατά κεφαλή προϊόν της Ελλάδας να αντιστοιχεί σε 80,9% του μέσου της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 25 χωρών το 2003 σύμφωνα με την Eurostat, της αναλογεί ΑΕΠ ανά κάτοικο ίσο με 83% του μέσου της ΕΕ-25 και μαζί με άλλες 5 περιφέρειες της χώρας κινδυνεύει πλέον να βγει από τον Στόχο 1 για στατιστικούς λόγους: το κατά κεφαλή ΑΕΠ της είναι μεν χαμηλότερο του 75% του μέσου όρου της ΕΕ-15, λόγω της διεύρυνσης όμως, με την ένταξη των φτωχότερων χωρών της Κεντρικής και Αν. Ευρώπης υπερβαίνει το 75%. Η περιφέρεια έχει σταθερά τα τελευταία χρόνια το υψηλότερο ποσοστό ανεργίας στη χώρα, 16,6% το 2004 με 10,5% για το σύνολο της Ελλάδας, και με ανοδική τάση. Στην περιφέρεια αναλογεί 3% των συνολικών επενδύσεων στη χώρα το 2002. Την 5ετία 1997-2001 δόθηκαν 110 άδειες λειτουργίας νέων μεταποιητικών επιχειρήσεων, 3% των συνολικών (4.094 σε



ολόκληρη την Ελλάδα). Στις επιχειρήσεις της αναλογεί 0,2% των επενδύσεων των βιομηχανικών επιχειρήσεων της χώρας την περίοδο 2000-2001, σύμφωνα με την Ετήσια Βιομηχανική Έρευνα της ΕΣΥΕ, οι οποίες το 2001 μειώθηκαν 70%. Στις επιχειρήσεις που έχουν την έδρα τους στην περιοχή αναλογεί ποσοστό 0,8% του κύκλου εργασιών των μεταποιητικών μονάδων της χώρας, 1,6% των κατασκευαστικών και 1,2% των εμπορικών. Της αναλογεί 6% των καλλιεργούμενων εκτάσεων της χώρας, 12% της συνολικής παραγωγής σιταριού και 14% της παραγωγής μήλων (3η παραγωγός περιφέρεια στη χώρα) με μεγάλη όμως μείωση της παραγωγής το 2003. Οι πωλήσεις καινούριων επιβατικών αυτοκινήτων αυξήθηκαν 12% το 2004, στις 5,6 χιλ. ή 1,9% των συνολικών, με αριθμό αυτοκινήτων όμως ανά 100 κατοίκους χαμηλό (24 με μέσο χώρας 33) [23].

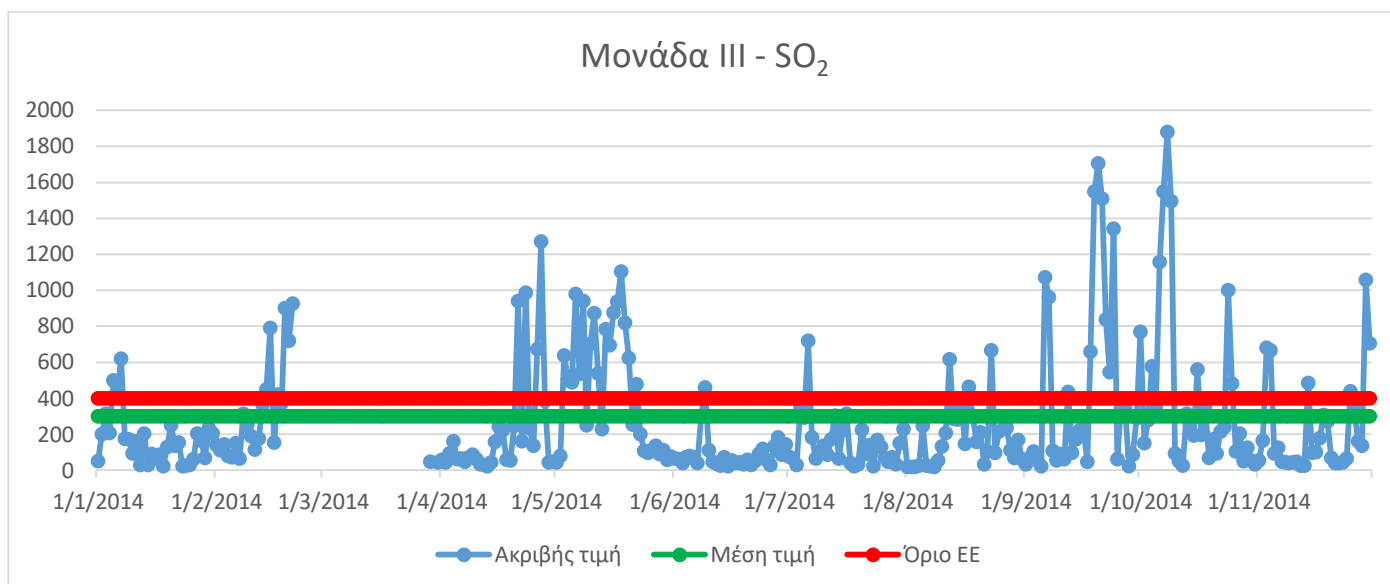
## 6.2 Συγκριτικά Αποτελέσματα

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα για τις Μονάδες III, IV, και V, τα οποία προέρχονται από τις ετήσιες Εκθέσεις Περιβάλλοντος της Διεύθυνσης Εκμετάλλευσης Θερμοηλεκτρικών Σταθμών [13-17]. Στην παρούσα ανάλυση, ως όριο εκπομπής του εκάστοτε ρύπου λαμβάνεται αυτό που επιβάλλεται από το άρθρο 15 της οδηγίας βιομηχανικών εκπομπών (2010/75/ΕΕ) για όλες τις μεγάλες μονάδες καύσης και όχι αυτά που προβλέπονται από το Μεταβατικό Εθνικό Σχέδιο Μείωσης Εκπομπών (ΜΕΣΜΕ) της Οδηγίας 2010/75/ΕΚ, και με τα οριζόμενα στην ΚΥΑ Η.Π. 34062/957/Ε103 (ΦΕΚ 1793Β/20.08.2015).

### 6.2.1 Μονάδα III

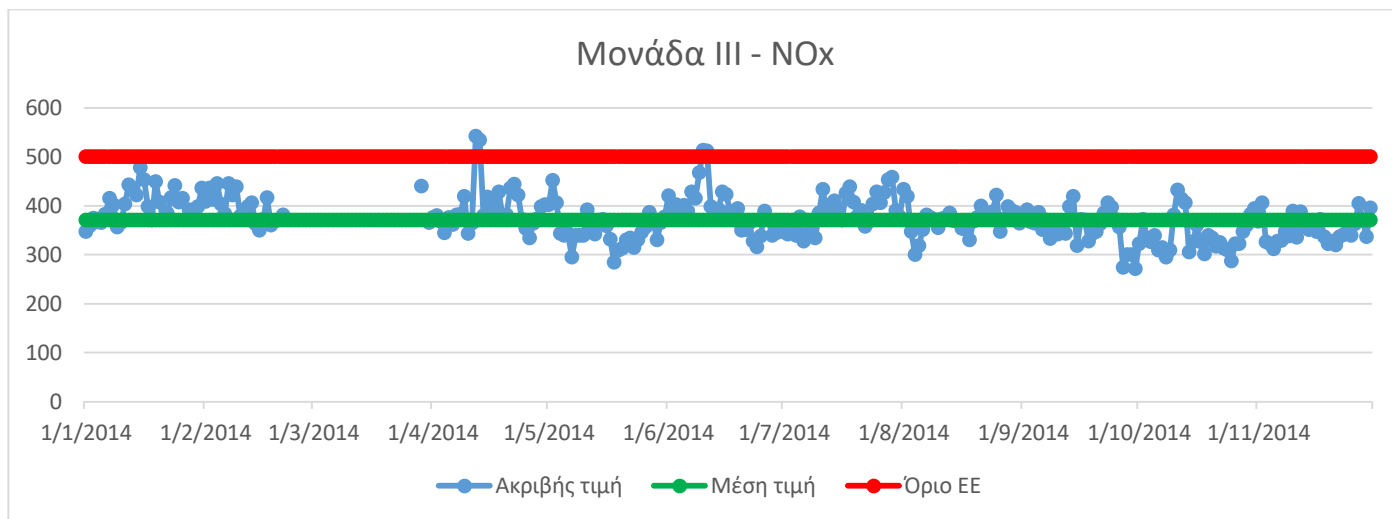
Παρακάτω παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και αιωρούμενων σωματιδίων της Μονάδας III για τα έτη 2014-2018.

2014



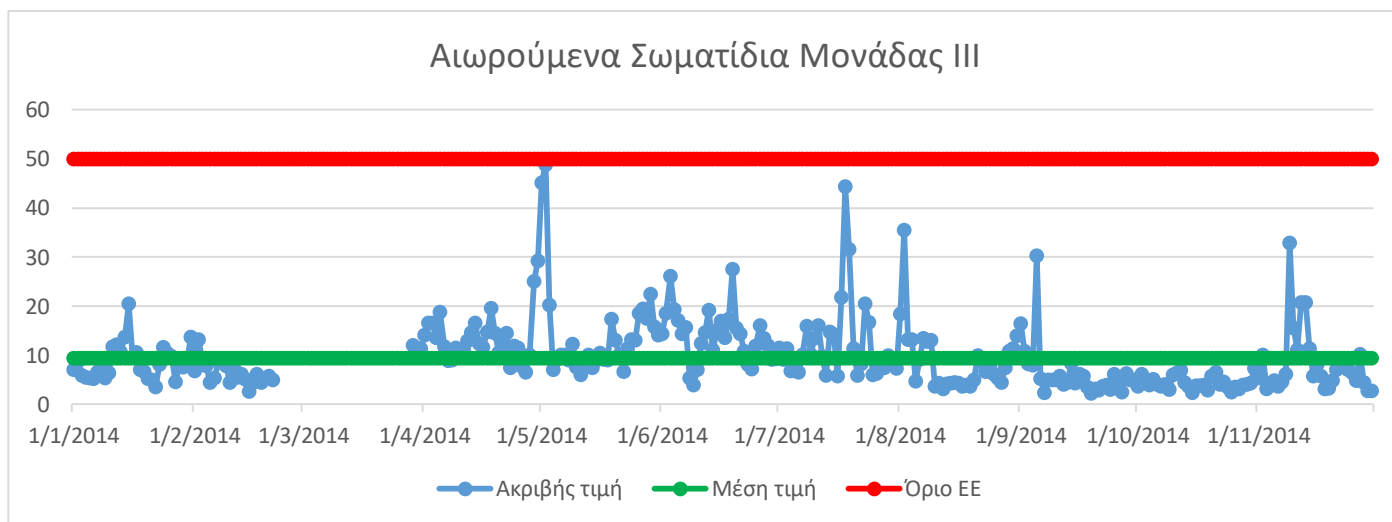
Εικόνα 26 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2014

Στην Εικόνα 26 παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub> της Μονάδας III κατά το έτος 2014. Ο μέσος όρος των εκπομπών ανέρχεται στα 298,7 mg/Nm<sup>3</sup> ενώ το όριο της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας είναι 400 mg/Nm<sup>3</sup>. Παρατηρείται ότι στο διάστημα 1/3/2014-1/4/2014 δεν υπάρχουν εκπομπές SO<sub>2</sub> καθώς η Μονάδα ήταν εκτός λειτουργίας για συντήρηση. Επιπλέον, κατά το διάστημα 1/9/2014-1/10/2014 παρατηρείται σημαντική αύξηση των εκπομπών. Η αυξομείωση των εκπομπών SO<sub>2</sub> οφείλεται στο ότι ο λιγνίτης, ανάλογα με την προέλευσή του, έχει διαφορετική περιεκτικότητα σε ασβεστόλιθο (CaCO<sub>3</sub>) που μέσα στο λέβητα διασπάται σε CaSO<sub>3</sub> (CaCO<sub>3</sub>→CaO+CO<sub>2</sub> και CaO+SO<sub>2</sub>→CaSO<sub>3</sub>). Η σχέση ασβεστίου και θείου (και κατ' επέκταση της τέφρας), οδηγεί σε μικρότερο ποσοστό φυσικής αποθείωσης του καυσαερίου. Όταν η συγκέντρωση του Ασβεστίου (ελεύθερου) είναι αρκετά χαμηλή, τότε ενώ οι εκπομπές σκόνης μειώνονται σημαντικά, οι εκπομπές SO<sub>2</sub> αυξάνουν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η φυσική αποθείωση έχει διαφορετική απόδοση εξαρτώμενη από τη ποιότητα του λιγνίτη που συνεχώς διαφοροποιείται λόγω των ενστρώσεων ασβεστόλιθου και τη μη ικανοποιητική εκλεκτική εξόρυξη του. Τέλος, από το διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχουν αρκετές εκπομπές εκτός του ορίου της ΕΕ, ωστόσο, ο μέσος όρος κατά τη διάρκεια του έτους είναι εντός ορίου.



Εικόνα 27 Εκπομπές NOx ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα III για το έτος 2014

Στην Εικόνα 27 παρουσιάζονται οι εκπομπές NOx της Μονάδας III κατά το έτος 2014. Ο μέσος όρος των εκπομπών ανέρχεται στα  $370,62 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ , ενώ το όριο της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας είναι  $500 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ . Παρατηρείται ότι στο διάστημα 1/3/2014-1/4/2014 δεν υπάρχουν εκπομπές NOx καθώς η Μονάδα ήταν εκτός λειτουργίας για συντήρηση μετά από βλάβη. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχουν ελάχιστες εκπομπές εκτός του ορίου της ΕΕ, ενώ ο μέσος όρος κατά τη διάρκεια του έτους είναι σημαντικά χαμηλότερος του ορίου. Δεδομένου ότι οι υψηλές θερμοκρασίες στον λέβητα συνεπάγονται και υψηλές εκπομπές NOx, καθώς ενοείται ο σχηματισμός τους, λειτουργία της Μονάδας σε υψηλά φορτία οδηγεί σε υψηλές εκπομπές NOx στο περιβάλλον.

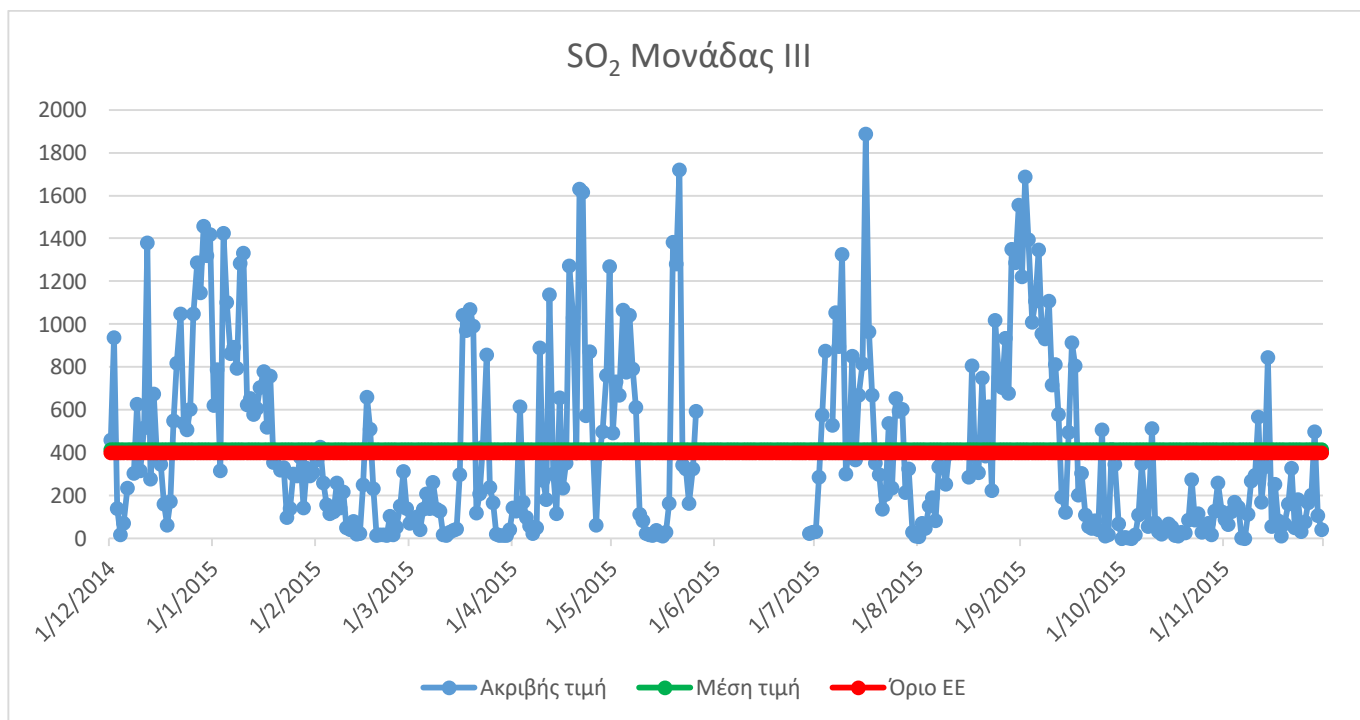


Εικόνα 28 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα III για το έτος 2014

Στην Εικόνα 28 παρουσιάζονται οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων από τη Μονάδα III κατά το έτος 2014. Ο μέσος όρος των εκπομπών ανέρχεται στα  $9,41 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ , ενώ το όριο της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας είναι  $50 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ . Παρατηρείται ότι στο διάστημα 1/3/2014-1/4/2014

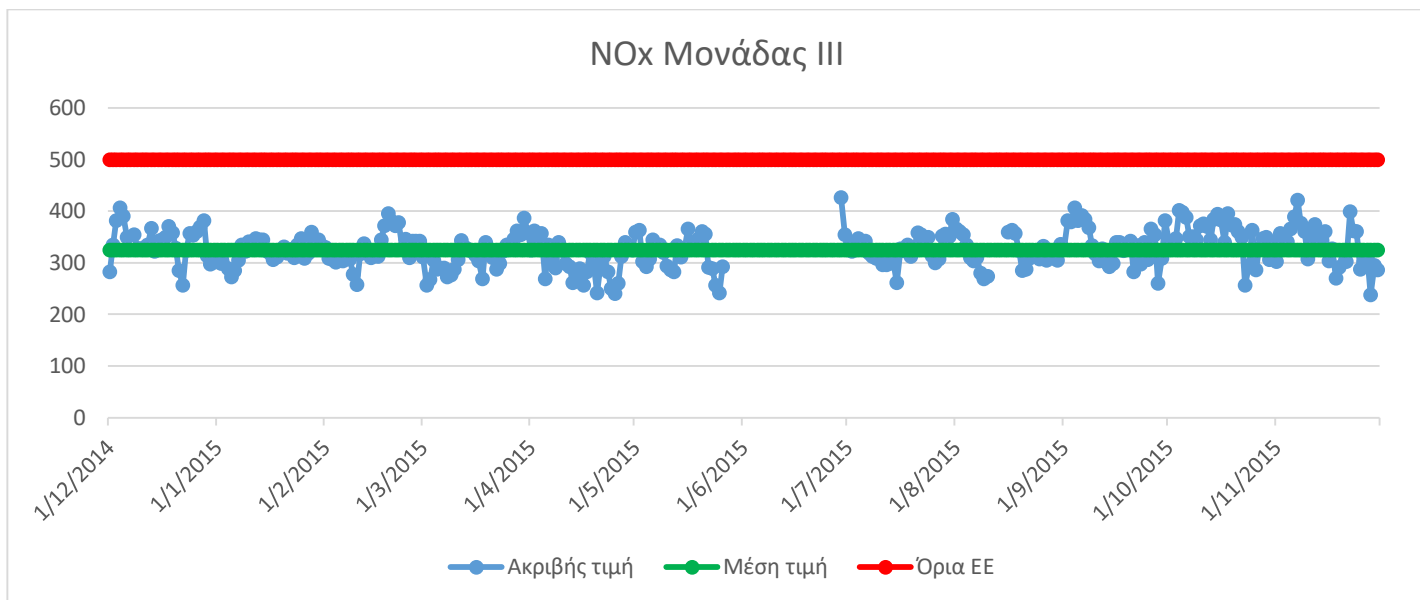
δεν υπάρχουν εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων καθώς η Μονάδα ήταν εκτός λειτουργίας. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι δεν υπάρχουν εκπομπές εκτός του ορίου της ΕΕ και ο μέσος όρος κατά τη διάρκεια του έτους είναι σημαντικά χαμηλότερος του. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων είναι αντιστρόφως ανάλογες με τις τιμές του διοξειδίου του θείου, όπως επισημάνθηκε και προτύτερα.

2015



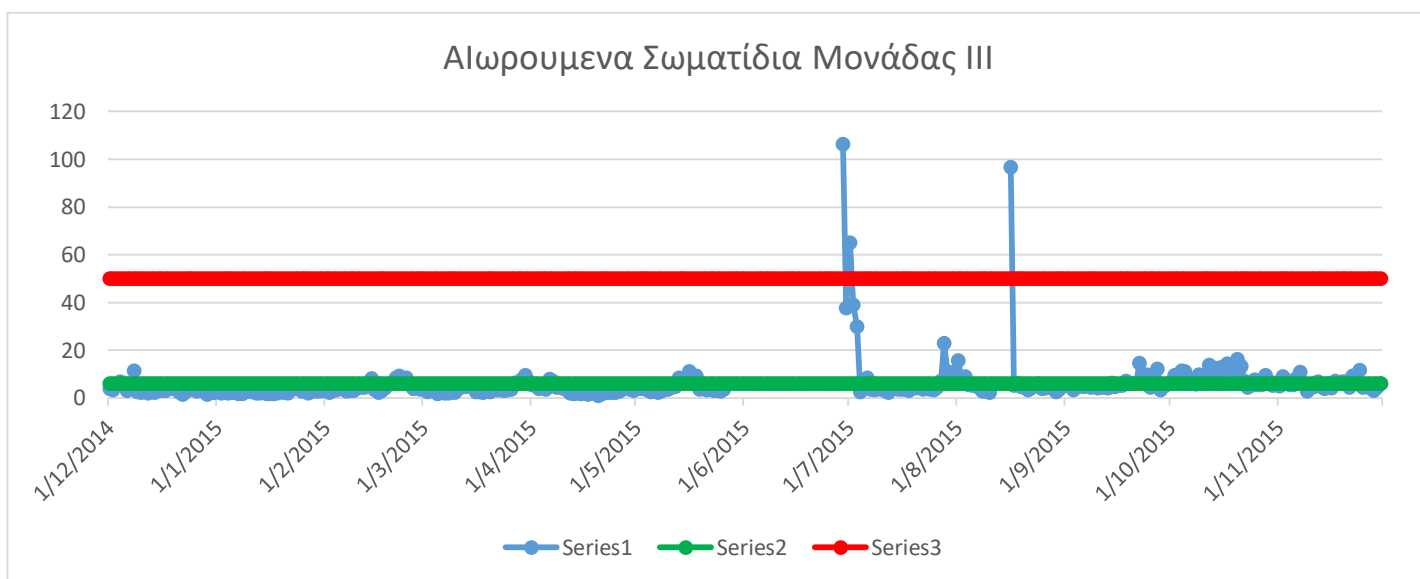
Εικόνα 29: Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2015

Στην Εικόνα 29 παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub> της Μονάδας III κατά το έτος 2015. Ο μέσος όρος των εκπομπών ανέρχεται στα 395,21 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> και το όριο της ΕΕ ανέρχεται στα 400 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν αρκετές αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του έτους διότι παίζει ρόλο αν γίνεται σωστά η εκλεκτική εξόρυξη λόγω του ασβεστόλιθου όπως επίσης και αν το φορτίο στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είναι υψηλό ή χαμηλό. Για την αντιμετώπιση τέτοιων υπερβάσεων συνίσταται η δημιουργία κατάλληλου μίγματος λιγνίτη, ώστε διαχρονικά να επιτευχθεί η βέλτιστη περιβαλλοντικά λειτουργία του ΑΗΣ. Όπως μπορούμε να δούμε και μεν η μέση τιμή είναι χαμηλότερη από το όριο που δίνει η ΕΕ, ωστόσο υπάρχει αύξησή της σε σχέση με το 2014.



Εικόνα 30 Εκπομπές NOx ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα III για το έτος 2015

Στην Εικόνα 30 παρουσιάζονται οι εκπομπές NOx της Μονάδας III κατά το έτος 2015. Όπως μπορούμε να δούμε καθ' όλη τη διάρκεια του έτους οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου είναι πολύ κατώτερες από το όριο που δίνει η ΕΕ το οποίο ανέρχεται στα  $500 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  ενώ η μέση τιμή των ρύπων για το έτος είναι  $322,7 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .

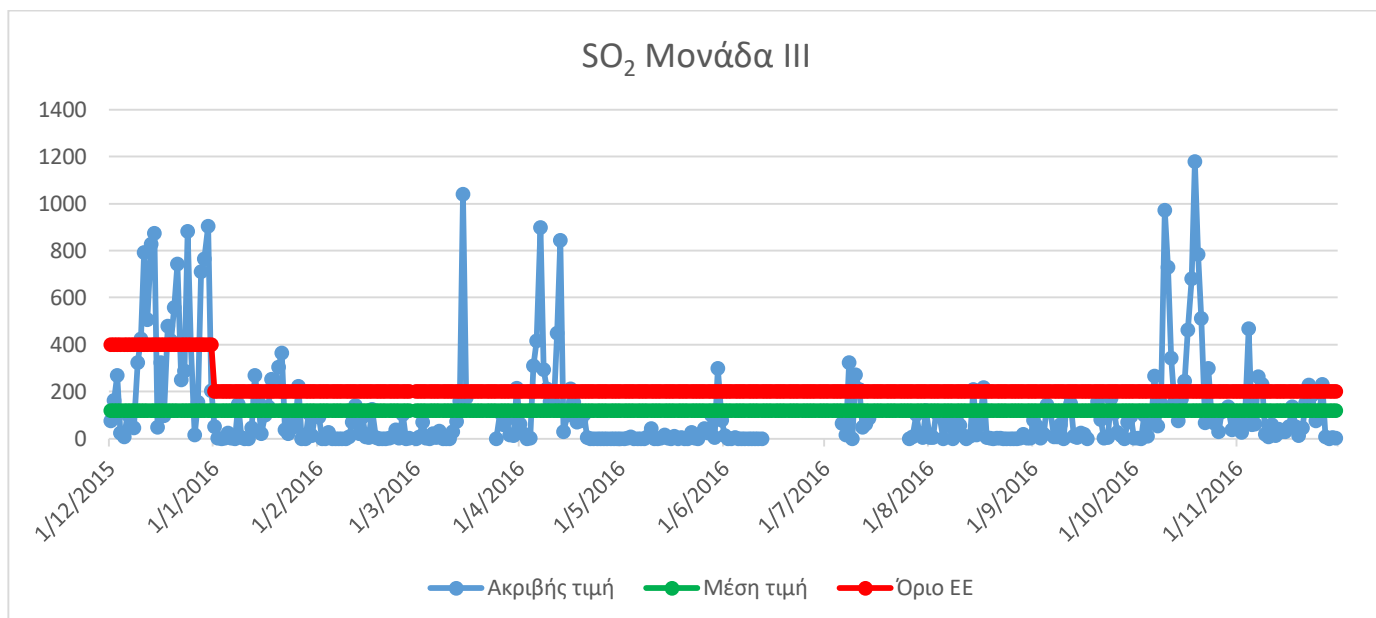


Εικόνα 31 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα III για το έτος 2015

Στην εικόνα 31 παρουσιάζονται οι εκπομπές των αιρούμενων σωματιδίων από τη Μονάδα III για το έτος 2015 όπως επίσης και για το Δεκέμβριο του 2014. Βλέπουμε ότι η μέση τιμή ανέρχεται στα  $6,12 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  ενώ το όριο που δίνει η ΕΕ ανέρχεται στα  $50 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .

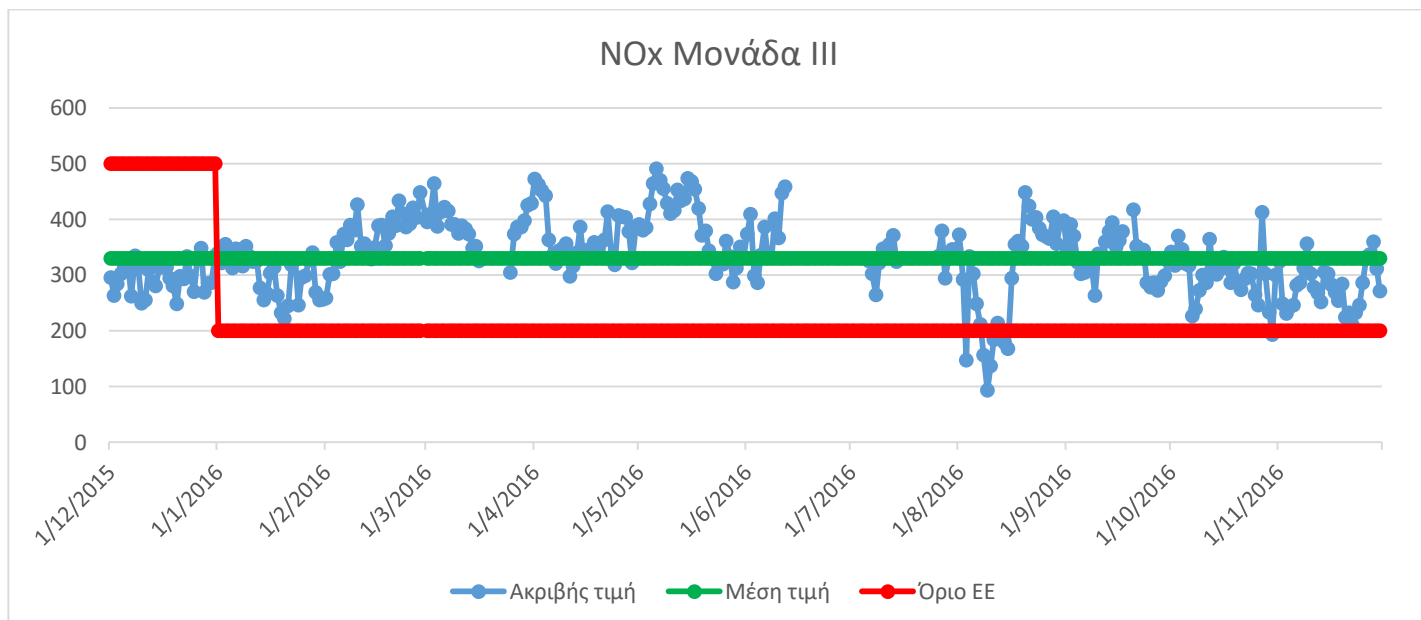
6% O<sub>2</sub>. Τα peaks που καταγράφονται τον Ιούλιο και το Σεπτέμβριο οφείλονται στη χρήση πετρελαίου κατά την εκκίνηση των μονάδων που αυξάνει κατά πολύ τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στις εκπομπές.

2016



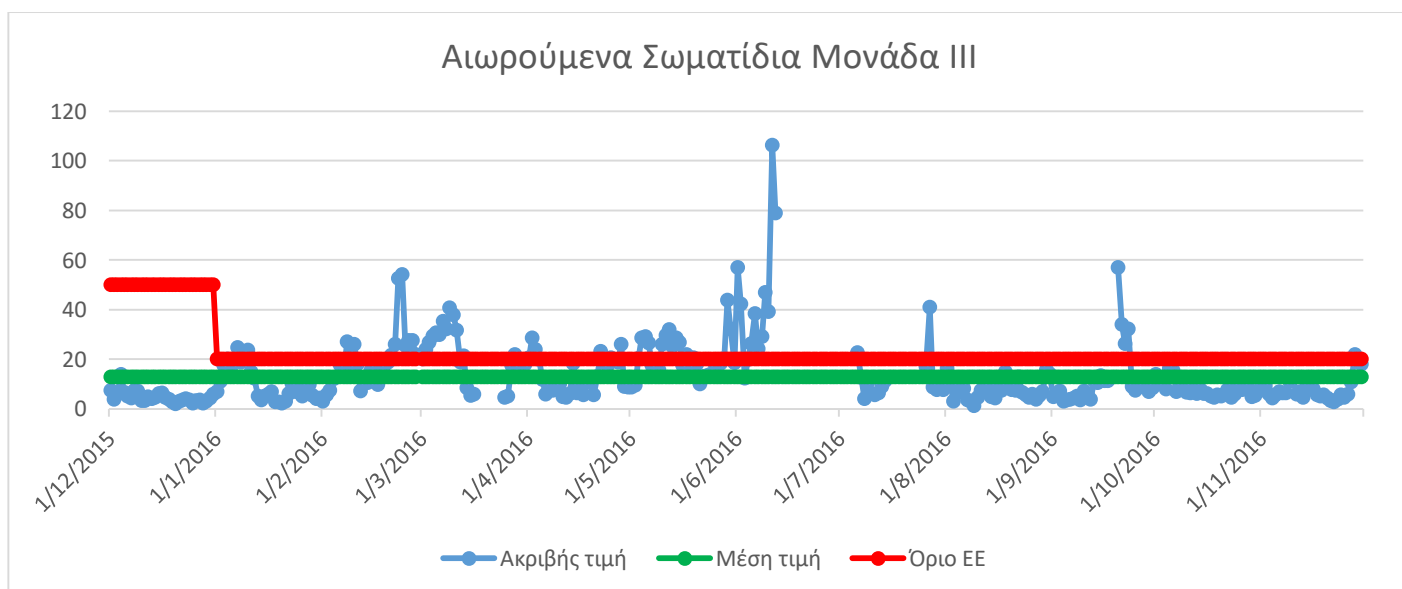
Εικόνα 32 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2016

Στην Εικόνα 32 παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub> της Μονάδας III κατά το έτος 2016, όπως επίσης και για το Δεκέμβρη του 2015. Βλέπουμε ότι οι εκπομπές είναι γενικά χαμηλές, ενώ αν ληφθεί υπόψη η ετήσια μέση τιμή εκπομπών δεν υπάρχει παραβίαση του ορίου της ΕΕ που ανέρχεται στα 200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>. Παρ' όλα αυτά, προκειμένου να αποφευχθούν και ημερήσιες υπερβάσεις του ορίου και εναρμόνιση με το νέο αυστηρότερο όριο που επιβλήθηκε από την Ευρωπαϊκής νομοθεσίας το 2016, μειώνοντας το στα 200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, η ΔΕΗ προχώρησε σε πιλοτική εφαρμογή μεθόδου ξηρής αποθείωσης στους αγωγούς καυσαερίων των Μονάδων του ΑΗΣ. Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι παρόλο που η τιμή του ορίου μειώθηκε, η μέση τιμή των εκπομπών που είναι 116,18 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> βρίσκεται κάτω από το όριο.



Εικόνα 33 Εκπομπές NOx (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2016

Στην εικόνα 33 αποτυπώνονται οι εκπομπές NOx από τη Μονάδα III κατά το έτος 2016 και το Δεκέμβριο 2015. Βλέπουμε ότι η μείωση του ορίου που έθεσε η ΕΕ για τα οξείδια του αζώτου οδήγησε σε πολλές υπερβάσεις. Η μέση τιμή εκπομπών είναι 332,84 mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>. Ύστερα από αυτή την εξέλιξη η ΔΕΗ αποφάσισε να γίνουν εργασίες αναβάθμισης στο σύστημα καύσης με σκοπό τη μείωση των εκπομπών NOx.

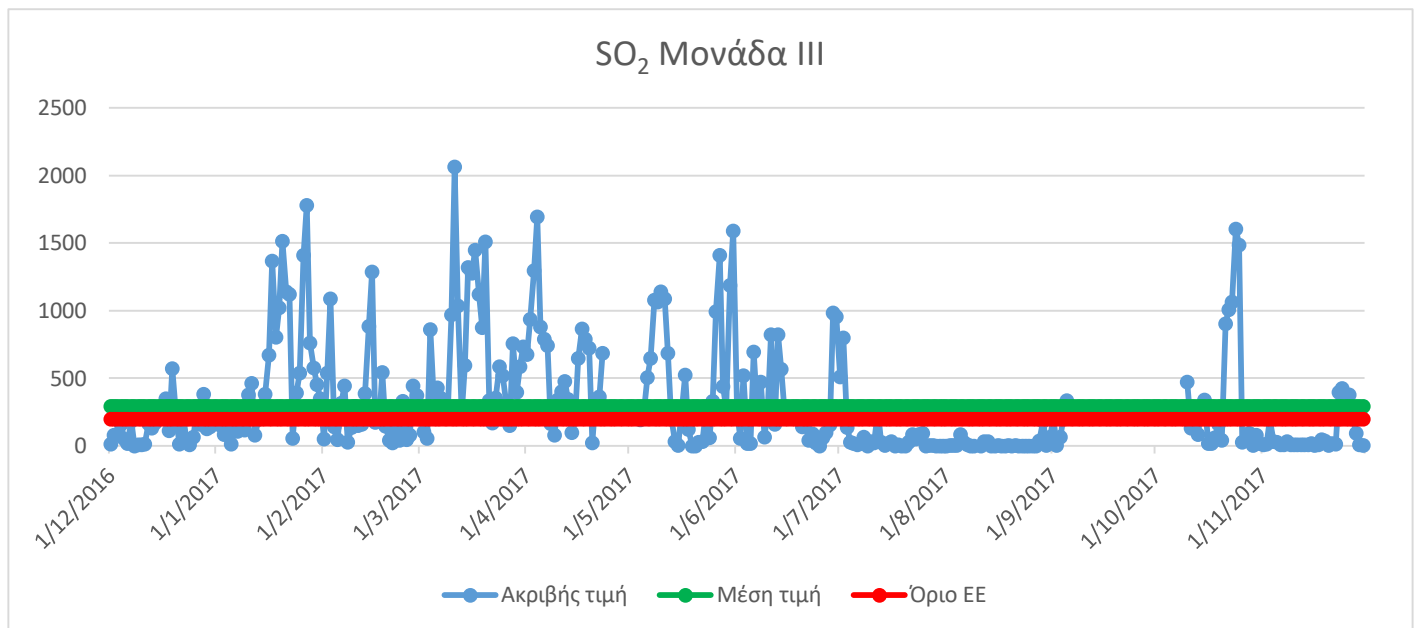


Εικόνα 34 Εκπομπές PM (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2016

Στο εικόνα 34 βλέπουμε τις εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων για το έτος 2016. Η μέση τιμή των αιωρούμενων σωματιδίων ανέρχεται στα 13,35 mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub> ενώ το όριο που

δίνει η ΕΕ από το 2016 ανέρχεται στα 20 mg/Nm<sup>3</sup>. Όπως συνέβη με τις εκπομπές NO<sub>x</sub>, έτσι και για τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων υπάρχει αυστηροποίηση της νομοθεσίας όπου έως το 2015 η επιτρεπόμενη τιμή εκπομπών ανερχόταν στα 50 mg/Nm<sup>3</sup>. Όπως βλέπουμε από το γράφημα παρόλο που υπήρξε αυστηροποίηση της νομοθεσίας η μέση τιμή παραμένει χαμηλότερή της.

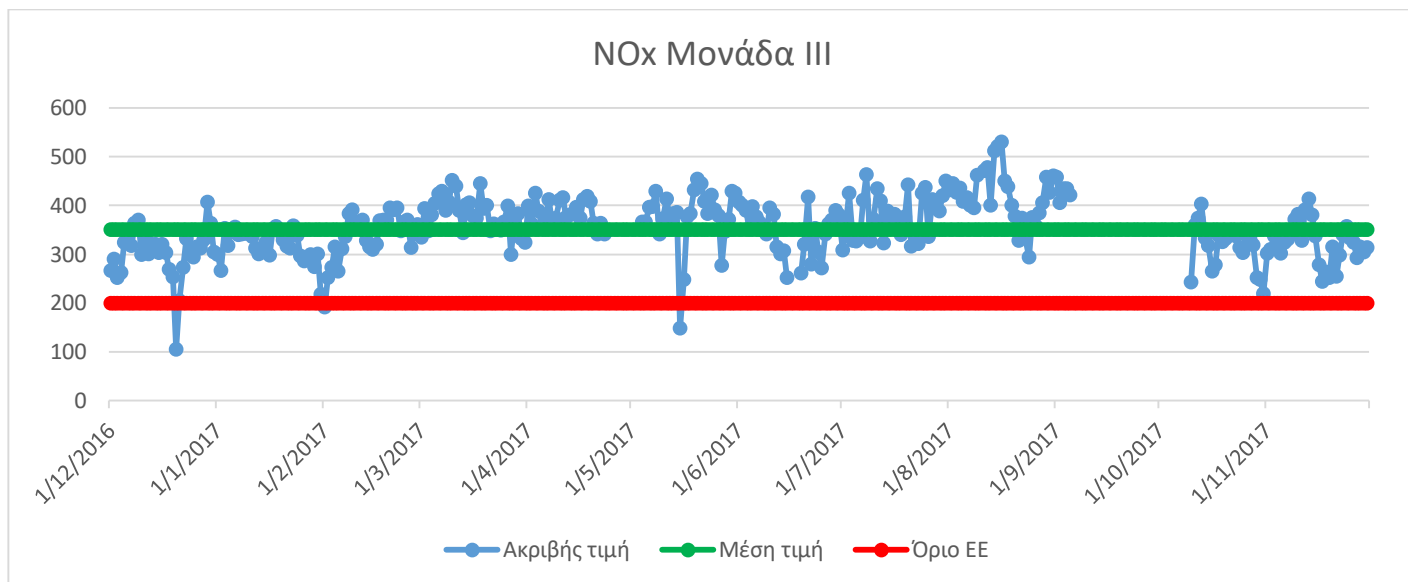
## 2017



Εικόνα 35 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2017

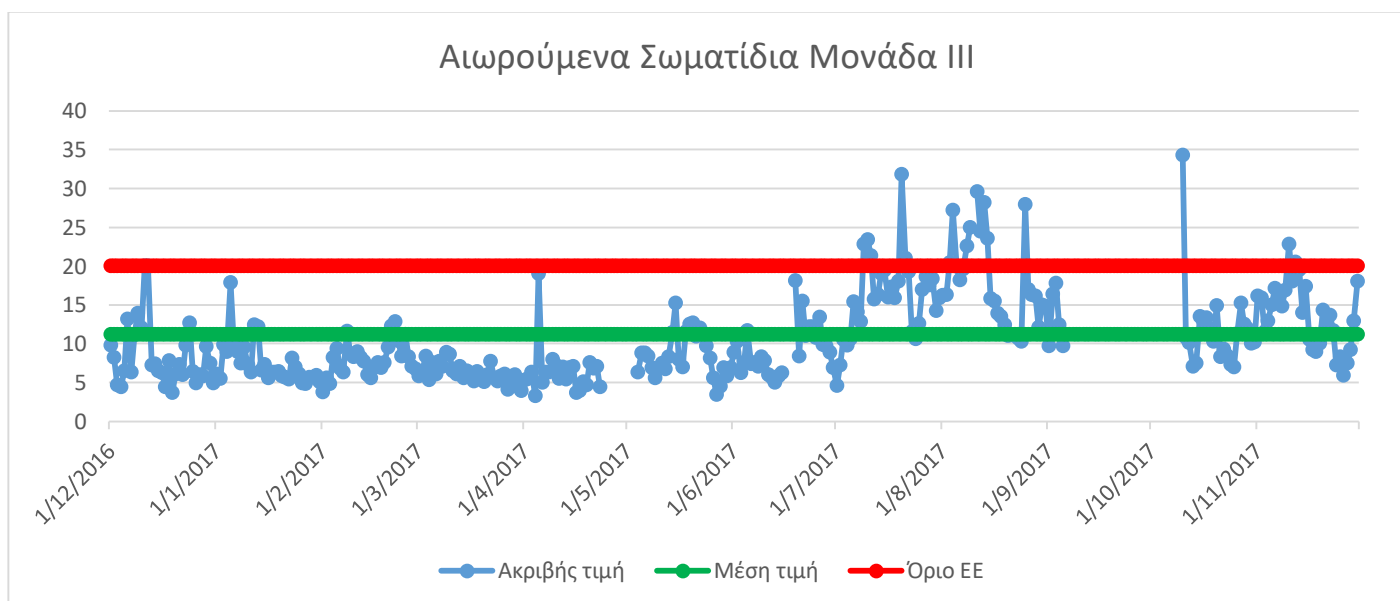
Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 35 ύστερα από την αλλαγή της νομοθεσίας η μέση τιμή η οποία είναι στα 316,59 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub> υπερβαίνει πλέον το όριο που θέτει στα κράτη η ΕΕ το οποίο από το 2016 και μετά ανέρχεται στα 200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>. Αυτές οι μεγάλες υπερβάσεις που βλέπουμε κατά τη διάρκεια του έτους οφείλονται και πάλι στον ασβεστόλιθο. Παρατηρούμε τέλος ότι το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο η Μονάδα ήταν εκτός λειτουργίας. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι για το 2017 οι ολικές εκπομπές SO<sub>2</sub> βρίσκονται εντός των ορίων για το σύνολο των Μονάδων του ΑΗΣ, ανερχόμενες σε 8.443 tn έναντι των 18.998 tn που είναι το όριο.





Εικόνα 36 Εκπομπές NOx ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα III για το έτος 2017

Οι τιμές των NOx έχουν μια αρμονική πορεία κατά τη διάρκεια του έτους 2017 χωρίς μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές τους (Εικόνα 36). Όπως όμως μπορούμε να διαπιστώσουμε η μέση τιμή των οξειδίων του αζώτου της Μονάδας III ανέρχεται στα  $354,77 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  υπερβαίνοντας κατά πολύ το όριο των  $200 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .

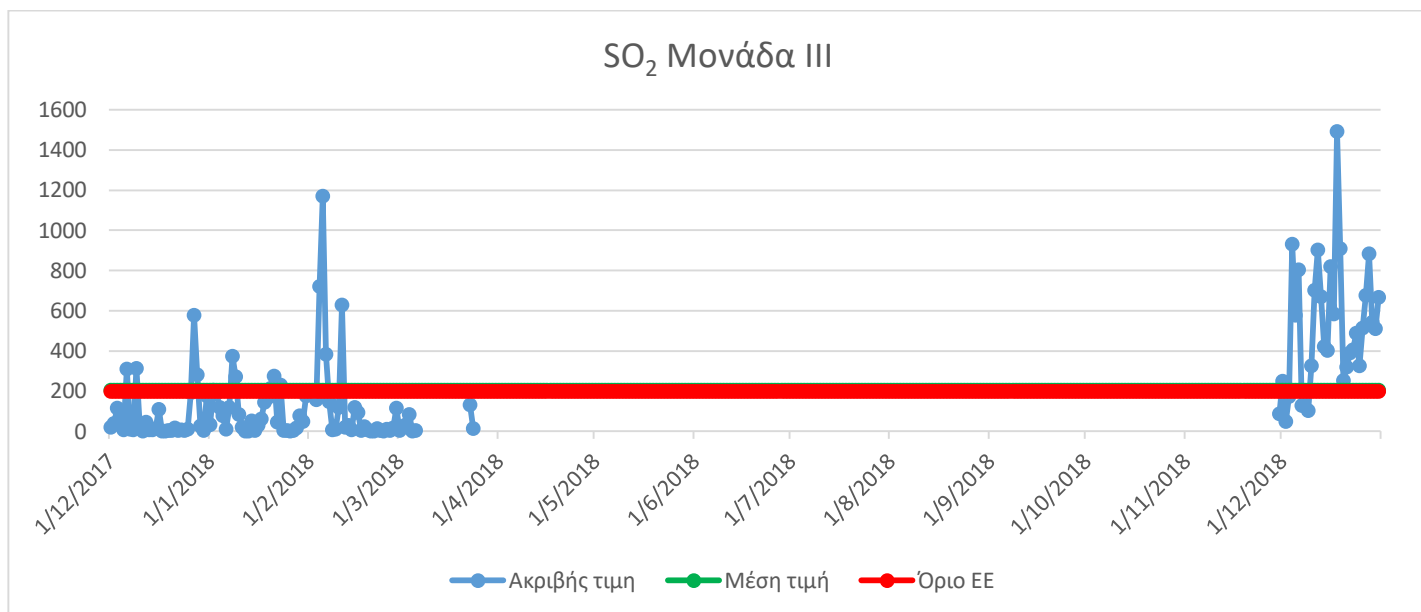


Εικόνα 37 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα III για το έτος 2017

Όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια παραμένουν ελέγξιμα παρόλη την αλλαγή νομοθεσίας η οποία θέτει το όριο στα  $20 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  ενώ η μέση τιμή ανέρχεται στα  $10,43 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ . Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε το διάστημα του καλοκαιριού βρίσκει τα αιωρούμενα σωματίδια σε υψηλά επίπεδα εκπομπών σε σχέση με τη μέση τιμή τους και ακολουθούν

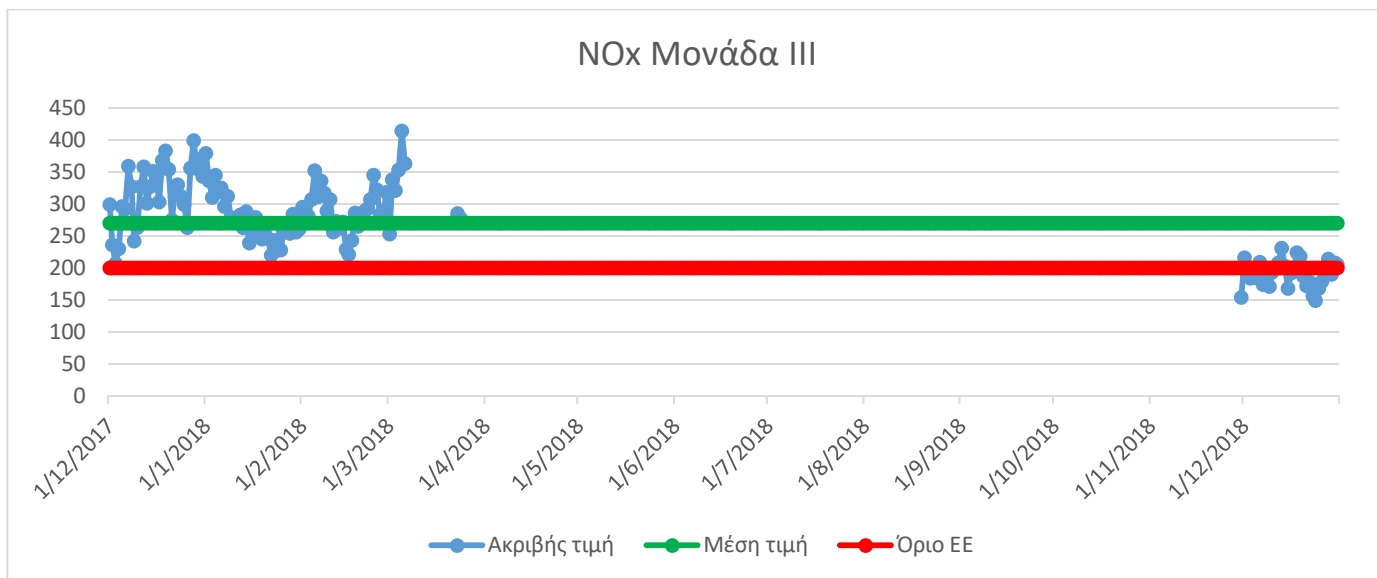
ακριβώς αντίθετη πορεία σε σχέση με το διοξείδιο του θείου το ίδιο χρονικό διάστημα. Τέλος παρατηρούμε ότι υπάρχει μια μεγάλη εκτίναξη της τιμής τον Οκτώβριο που οφείλεται στην εκκίνηση της Μονάδας με πετρέλαιο.

2018



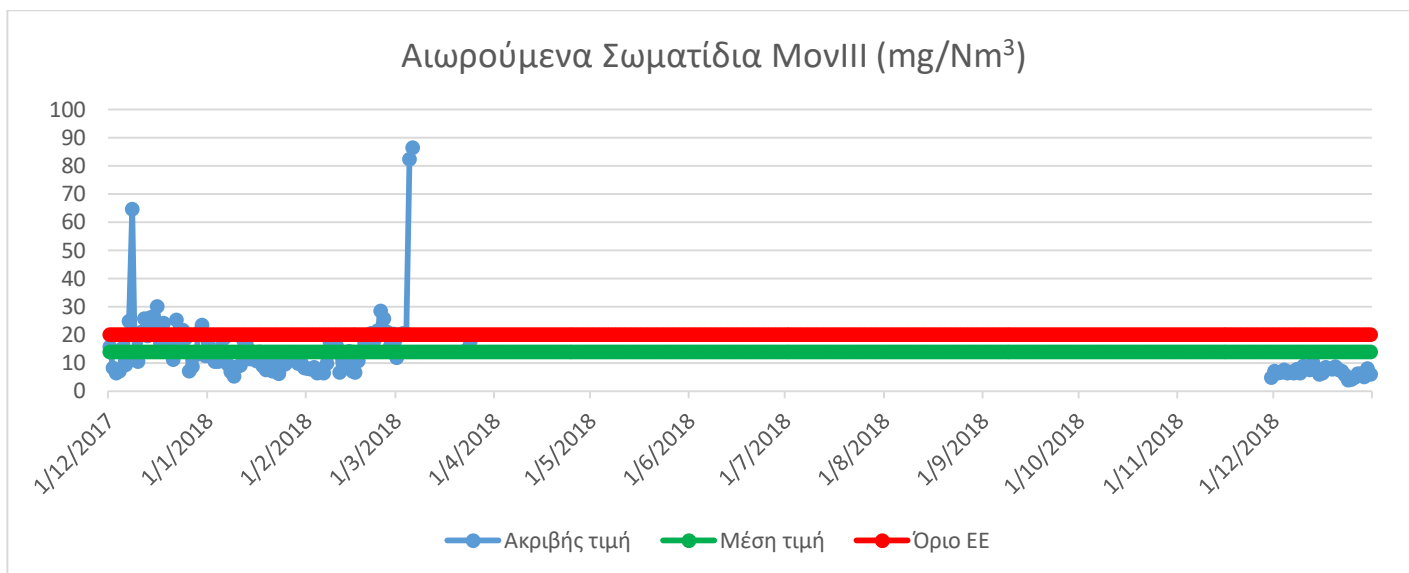
Εικόνα 38 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2018

Στο γράφημα του διοξειδίου του θείου για το έτος 2018 βλέπουμε πως υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της μέσης τιμής και του ορίου που έχει δώσει η ΕΕ καθώς η μέση τιμή του ρύπου είναι 203,87 mg/Nm<sup>3</sup> ενώ το όριο της ΕΕ είναι στα 200 mg/Nm<sup>3</sup>. Κατά το έτος 2018 παρατηρούμε ότι η Μονάδα βρίσκεται μεγάλο χρονικό διάστημα εκτός λειτουργίας για εργασίες περιβαλλοντικής αναβάθμισης για τον αποτελεσματικότερο έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του αζώτου.



Εικόνα 39 Εκπομπές NOx (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2018

Στην Εικόνα 39 παρουσιάζονται οι εκπομπές NOx της μονάδας III κατά το έτος 2018. Μπορεί η μέση τιμή να υπερβαίνει κατά πολύ το όριο που έχει θέσει η ΕΕ αφού η μέση τιμή ανέρχεται στα 270,45 mg/Nm<sup>3</sup> ενώ το όριο στα 200 mg/Nm<sup>3</sup>, παρ'όλα αυτά μπορούμε να δούμε τη σημαντική μείωση των εκπομπών μετά την περιβαλλοντική αναβάθμιση που έγινε για τον έλεγχο των εκπομπών των οξειδίων του αζώτου στη Μονάδα III όπου οι προσπάθειες ελέγχου τους συνεχίζονται μέχρι και σήμερα.



Εικόνα 40 Εκπομπές PM (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2018

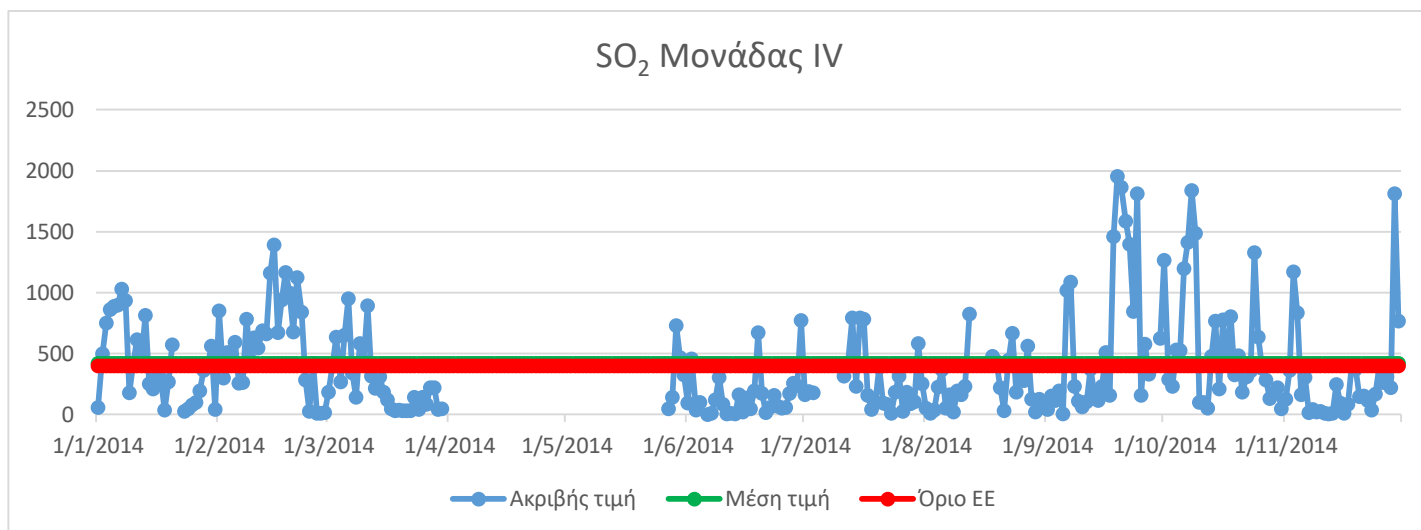
Οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων της Μονάδας III για το έτος 2018 (Εικόνα 40) παρουσιάζουν μερικές υπερβάσεις αν και η μέση τιμή του ρύπου για το έτος ανέρχεται στα 13,66 mg/Nm<sup>3</sup>.

## 6.2.2 Μονάδα IV

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τη Μονάδα IV για τα έτη 2014-2018 για τους ρύπους SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και τα αιωρούμενα σωματίδια.

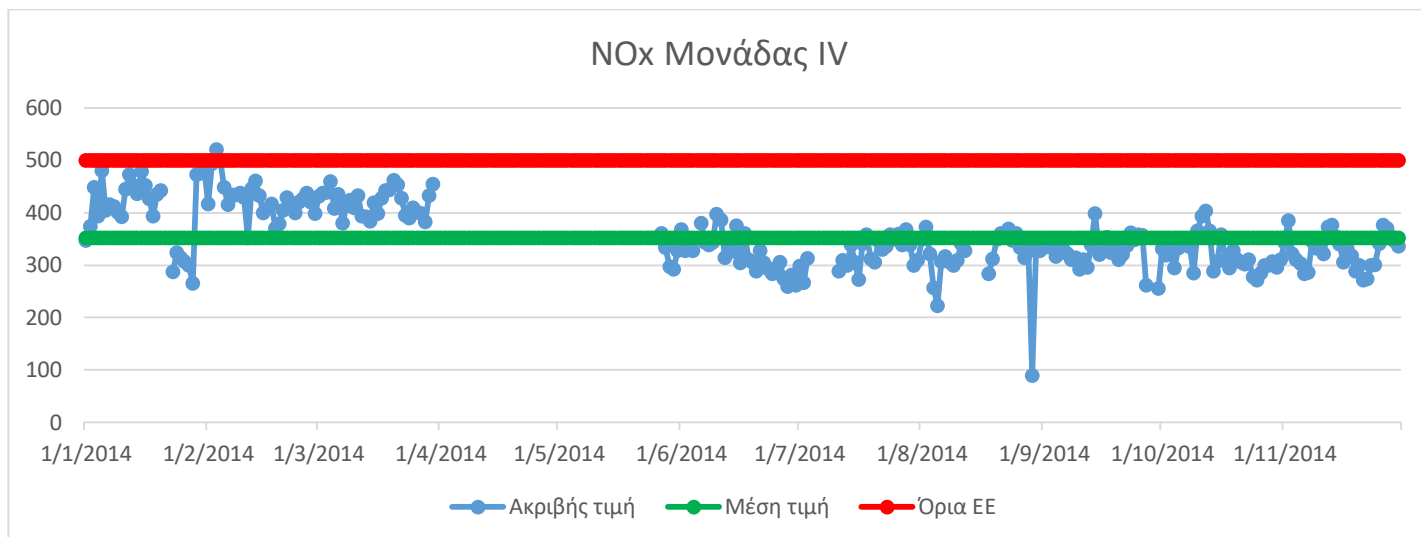
### 2014

Στην Εικόνα 41 παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub> της Μονάδας IV κατά το έτος 2014. Ο μέσος όρος των τιμών ανέρχεται στα 383,10 mg/Nm<sup>3</sup> ενώ το όριο της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας είναι 400 mg/Nm<sup>3</sup>. Παρατηρούμε ότι η μέση τιμή δε ξεπερνάει το όριο που έχει θεσπίσει η ΕΕ, ενώ η μέγιστη τιμή για το χρονικό διάστημα που εξετάζουμε είναι 1954 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub> ενώ η ελάχιστη τιμή του ρύπου είναι στα mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>. Αυτές οι μεγάλες διαφορές που παρατηρούνται οφείλονται στον ασβεστόλιθο ο οποίος επηρεάζει τη ποιότητα του λιγνίτη αλλά και στη διακύμανση των φορτίων.



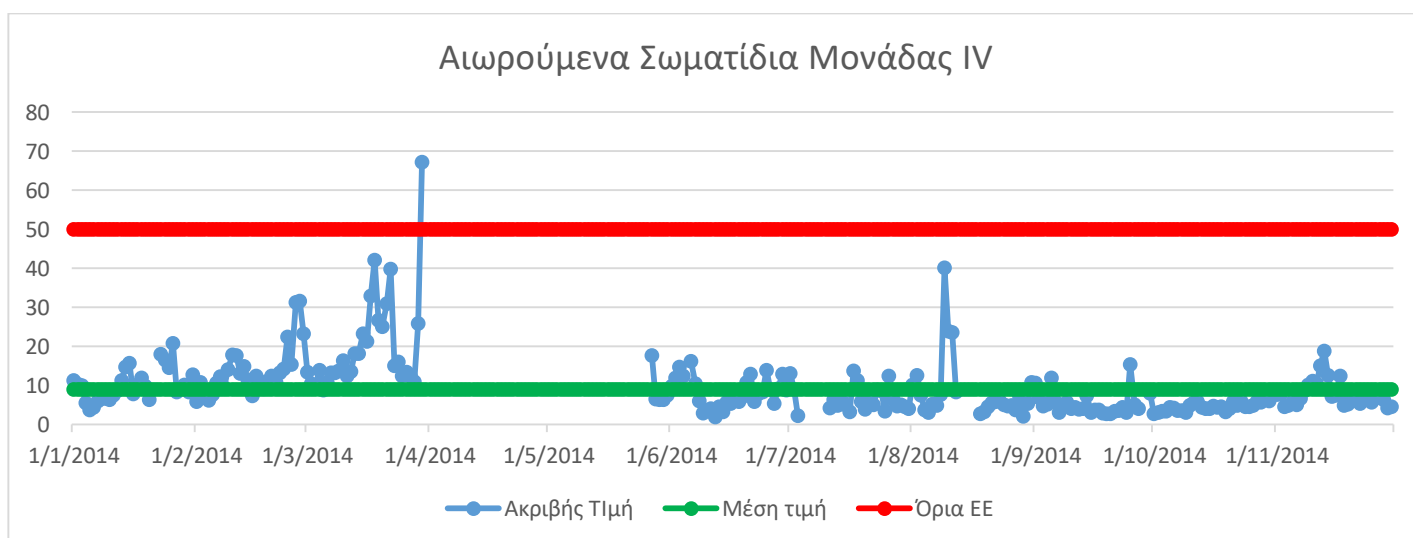
Εικόνα 41 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>) από τη Μονάδα IV για το έτος 2014

Στην εικόνα 42 παρουσιάζονται οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου για το έτος 2014 από τη Μονάδα IV. Όπως φαίνεται, τόσο οι στιγμιαίες εκπομπές όσο και η μέση τιμή τους που ανέρχεται στα 354,01 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub> είναι σε εναρμονισμό με το όριο της ΕΕ που είναι στα 500 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>. Μπορούμε επίσης να δούμε ότι σύμφωνα με τους υπολογισμούς η μέγιστη τιμή του ρύπου είναι στα 521 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>, σημειώνοντας μόνο μια υπέρβαση του ορίου της ΕΕ και η ελάχιστη τιμή στα 89 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>.



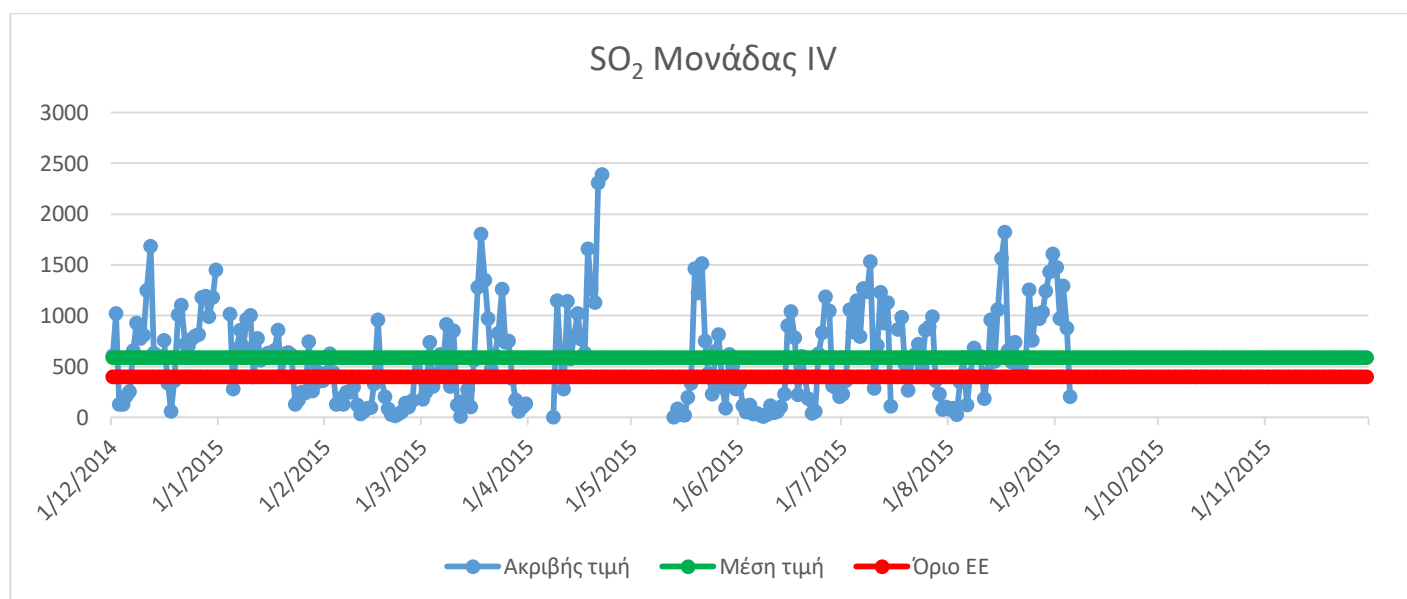
Εικόνα 42 Εκπομπές NOx ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα IV για το έτος 2014

Όπως βλέπουμε στην εικόνα 43 στη Μονάδα IV όχι μόνο δεν υπάρχει παραβίαση στη μέση τιμή των εκπομπών PM η οποία είναι  $9,49 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  με το όριο της ΕΕ να ανέρχεται στα  $50 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ , αλλά είναι κατά πολύ χαμηλότερο του. Η μέγιστη εκπομπή ανέρχεται στα  $67,2 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  και η ελάχιστη στα  $1,9 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ . Παρατηρούμε επίσης ότι η Μονάδα παραμένει εκτός λειτουργίας για ένα διάστημα μεταξύ Απριλίου και Ιουνίου που οφείλεται σε εργασίες συντήρησης της Μονάδας.



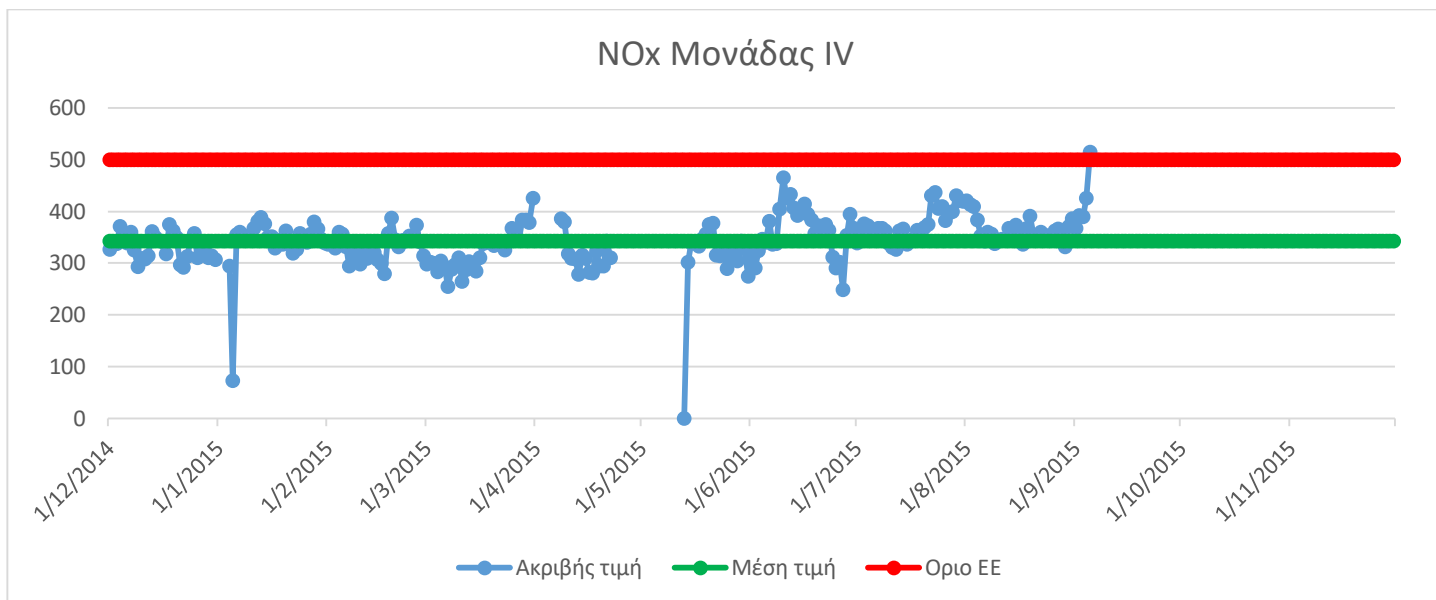
Εικόνα 43 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα IV για το έτος

Στην Εικόνα 44 παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub> της Μονάδας IV κατά το έτος 2015. Ο μέσος όρος των εκπομπών ανέρχεται στα 599,7 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, υπερβαίνοντας κατά πολύ το όριο της ΕΕ (400 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>). Αυτό οφείλεται όπως προ είπαμε τόσο στον ασβεστόλιθο που επηρεάζει τη ποιότητα του λιγνίτη όσο και στα υψηλά φορτία που μπορεί να υπήρχαν το χρονικό αυτό διάστημα. Επίσης είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η μέγιστη τιμή του γραφήματος είναι 2388 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> και η ελάχιστη τιμή στα 4 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>. Τέλος βλέπουμε ότι είναι εκτός λειτουργίας η Μονάδα για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω εργασιών συντήρησης.



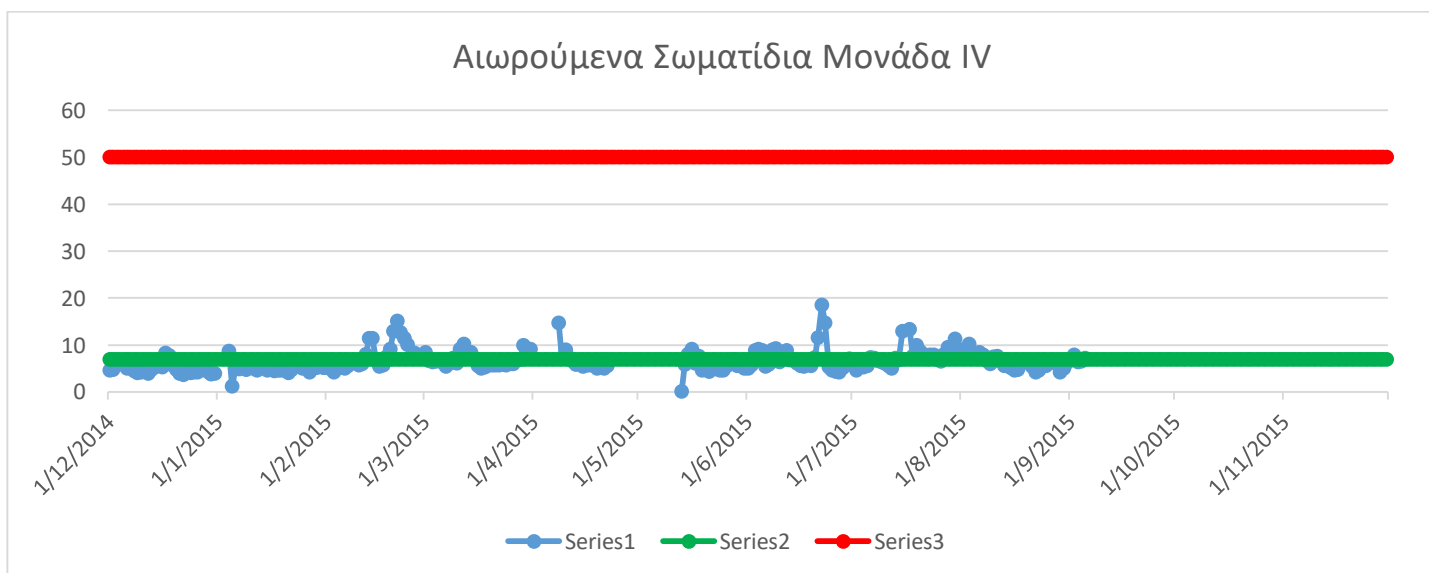
Εικόνα 44 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα IV για το έτος 2015

Στην Εικόνα 45 παρουσιάζονται οι εκπομπές NO<sub>x</sub> της μονάδας IV κατά το έτος 2015. Διαπιστώνεται ότι όσο η οριακή τιμή που ορίζεται από την ΕΕ για τον συγκεκριμένο ρύπο παραμένει στα 500 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> όχι μόνο η μέση τιμή δεν υπερβαίνει το όριο, αλλά και οι στιγμιαίες τιμές του ρύπου είναι σημαντικά χαμηλότερες της. Είναι καλό να αναφέρουμε ότι η μέση τιμή ανέρχεται στα 344,51 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, με τη μέγιστη να ανέρχεται στα 515 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> παρουσιάζοντας αμελητέα υπέρβαση, ενώ η ελάχιστη τιμή στα 73 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>. Επίσης ο ρύπος δε παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ακολουθώντας μια σταθερή πορεία, που βοηθάει στη λήψη μέτρων ελέγχου των εκπομπών.



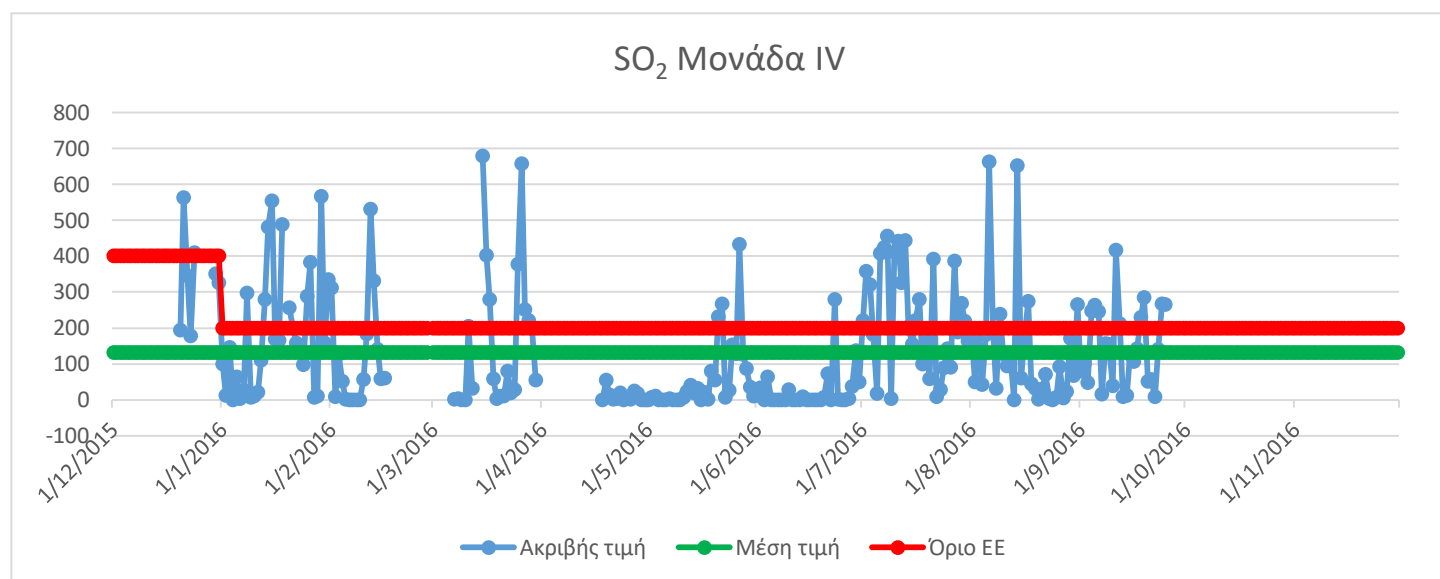
Εικόνα 45 Εκπομπές NOx ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα IV για το έτος 2015

Στην Εικόνα 46 παρουσιάζονται οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων από τη μονάδα IV κατά το έτος 2015. Η συμπεριφορά των εκπομπών PM, όπως επισημάνθηκε και πρωτύτερα, βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση με εκείνης του διοξειδίου του θείου. Στο σύνολο τους οι τιμές δεν υπερβαίνουν την οριακή τιμή εκπομπής, με την ελάχιστη να είναι  $0,1 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ , τη μέγιστη  $18,6 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  και τη μέση στα  $6,56 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .



Εικόνα 46 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα IV για το έτος 2015

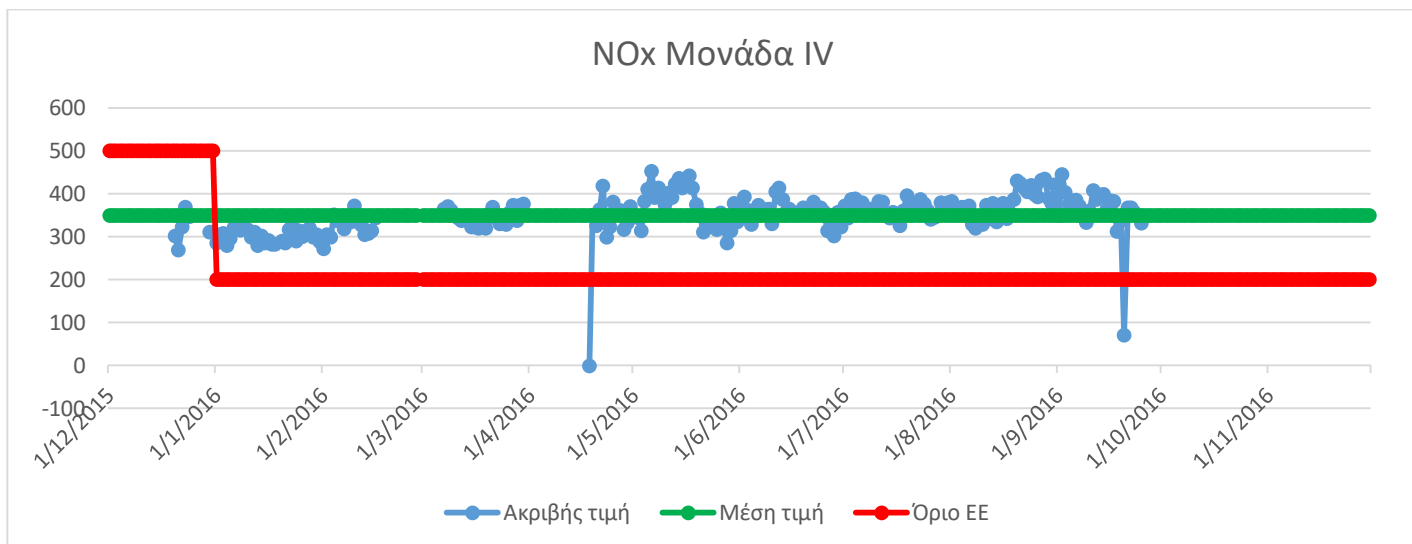
Στην εικόνα 47 παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub> από τη Μονάδα IV από το Δεκέμβριο του 2015 μέχρι και το Νοέμβριο του 2016. Από το έτος 2016 μειώνεται η οριακή τιμή εκπομπής για τον συγκεκριμένο ρύπο με το νέο όρια να ανέρχεται στα 200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>. Παρά την αυστηροποίηση της νομοθεσίας παρατηρείται ότι η μέση τιμή είναι σε εναρμόνιση με τη νέα όρια, καθώς ανέρχεται στα 131,51 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, όμως σημειώνονται αρκετές ημερήσιες υπερβάσεις με τη μέγιστη τιμή εκπομπής να ανέρχεται στα 679 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> και την ελάχιστη στο 1 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>.



Εικόνα 47 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα IV για το έτος 2016

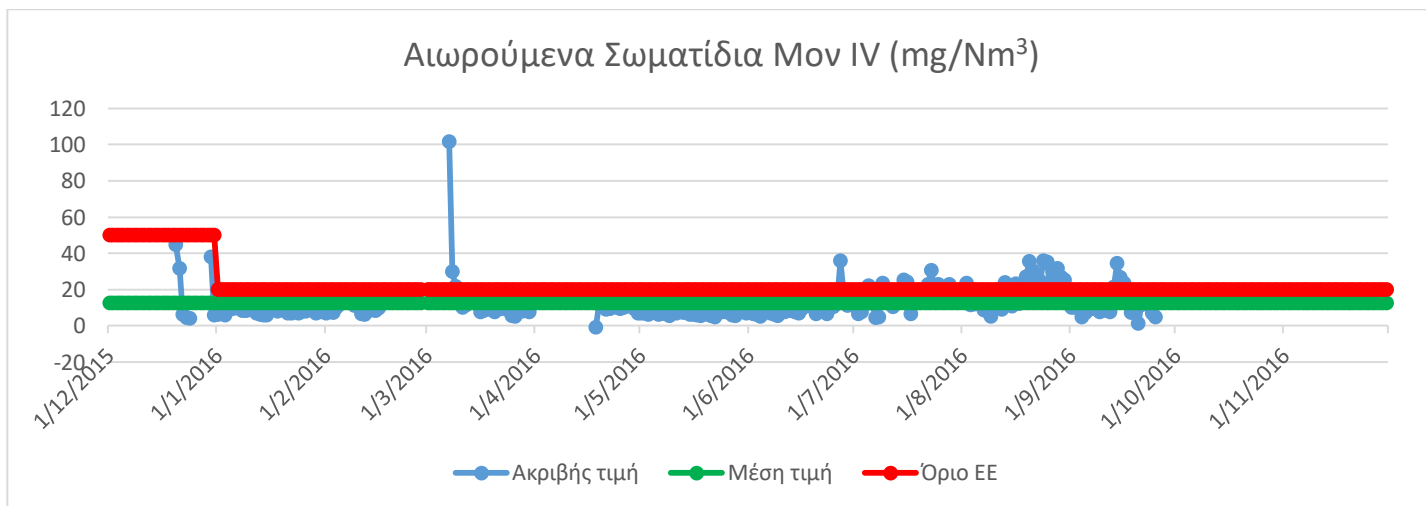
Παρόμοια εικόνα επικρατεί και για τις εκπομπές NO<sub>x</sub> (Εικόνα 48) καθώς το νέο όριο από το 2016 ορίστηκε στα 200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, ενώ η μέση τιμή των εκπομπών του ρύπου από τη Μονάδα για το 2016 ανέρχεται στα 351,47 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> (μέγιστη 452 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, ελάχιστη 70 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>). Τέλος είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η Μονάδα βγήκε εκτός λειτουργίας τον Οκτώβριο του 2016 για 11 μήνες για περιβαλλοντική αναβάθμιση με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών NO<sub>x</sub>.





Εικόνα 48 Εκπομπές NOx ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα IV για το έτος 2016

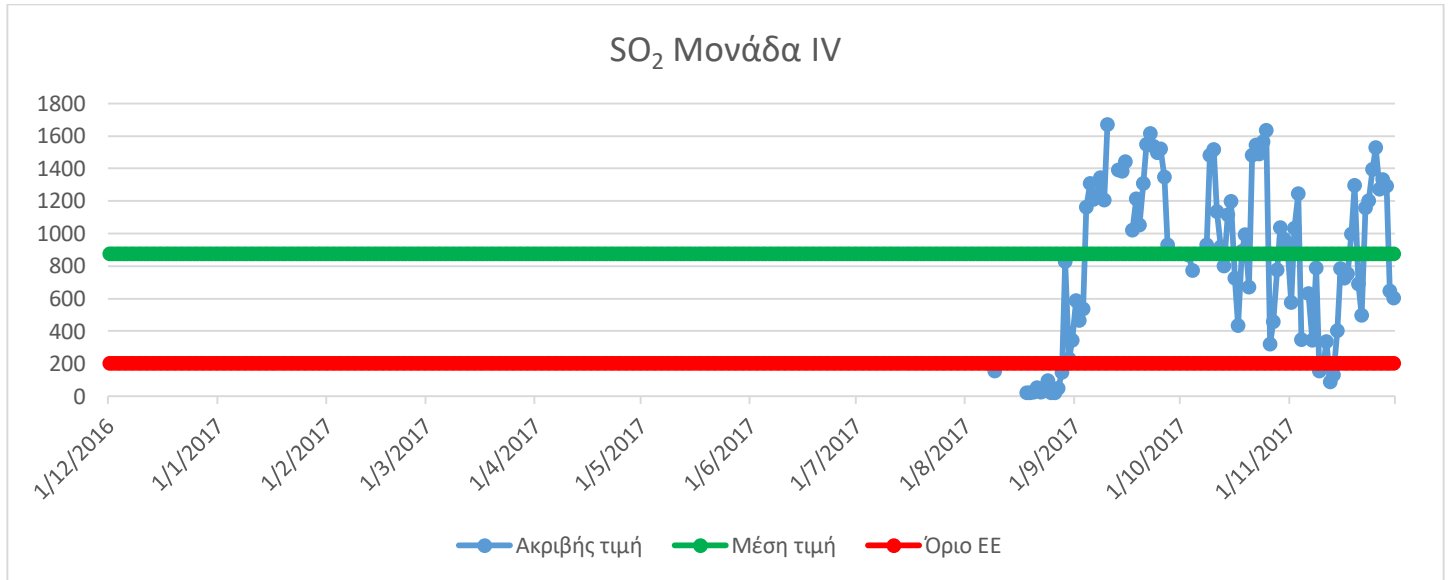
Αυστηροποίηση του ορίου εκπομπής πραγματοποιήθηκε και για τα PM το 2016 κατεβάζοντας το στα  $20 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ . Ωστόσο, η μέση τιμή εκπομπών από τη Μονάδα IV για το έτος είναι χαμηλότερη του ορίου αγγίζοντας τα  $12,45 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  (Εικόνα 49). Παρ' όλα αυτά, σημειώθηκαν κάποιες ημερήσιες υπερβάσεις με τη μέγιστη τιμή να αγγίζει τα  $101,5 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  κατά την διάρκεια εκκίνησης της μονάδας, ενώ η ελάχιστη ήταν  $1,2 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .



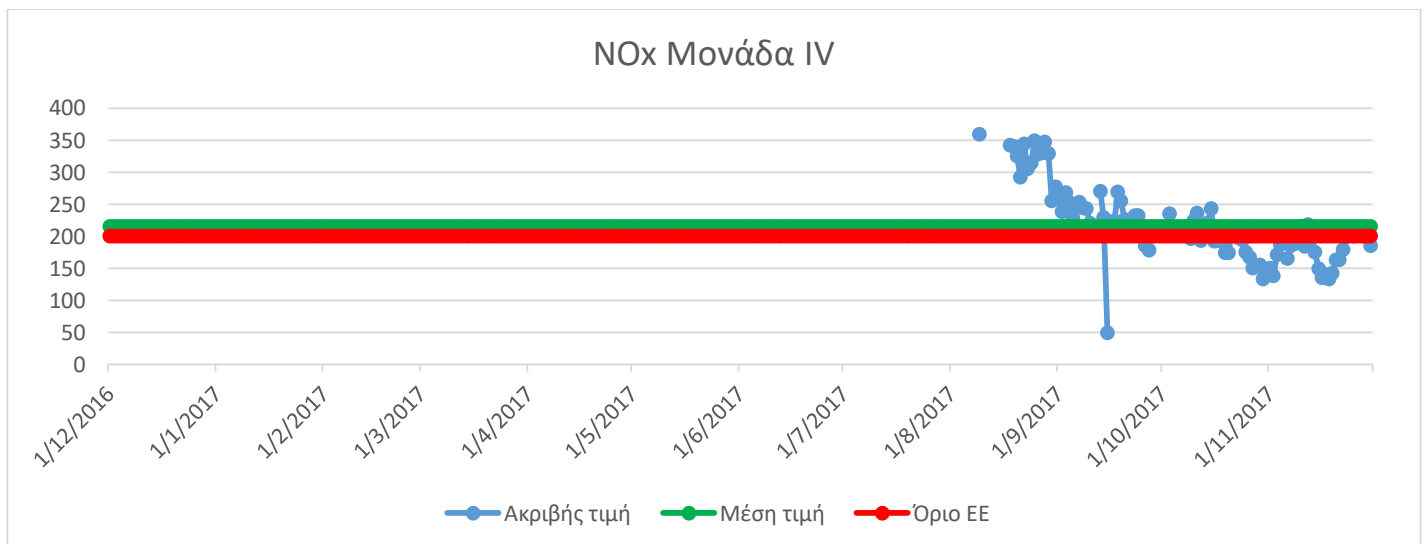
Εικόνα 49 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα IV για το έτος 2016

## 2017

Κατά το έτος 2017 η Μονάδα IV παρέμεινε τους πρώτους 8 μήνες εκτός λειτουργίας λόγω των εργασιών περιβαλλοντικής αναβάθμισης. Παρ' όλα αυτά για όσο διάστημα ήταν λειτουργική παρουσιάστηκαν πολλές ημερήσιες υπερβάσεις του ορίου των εκπομπών SO<sub>2</sub> (Εικόνα 50) με τη μέση τιμή εκπομπής του ρύπου να ανέρχεται στα 857,44 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> (μέγιστη 1668 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> - ελάχιστη 20 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>).

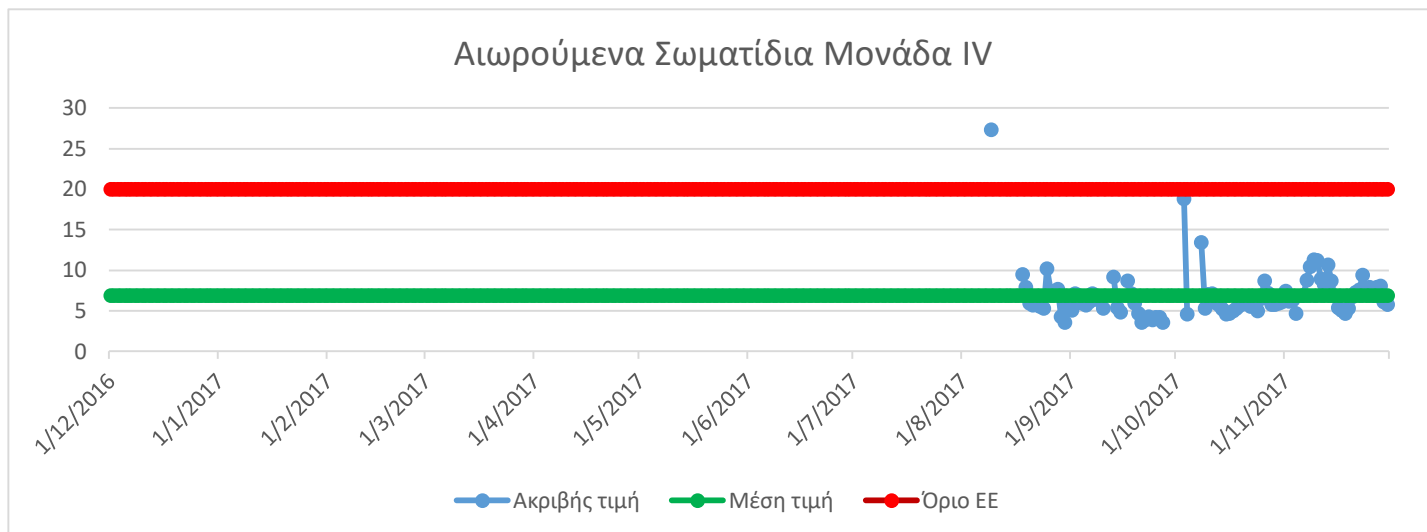


Εικόνα 50 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα IV για το έτος 2017



Εικόνα 51 Εκπομπές NOx (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα III για το έτος 2017

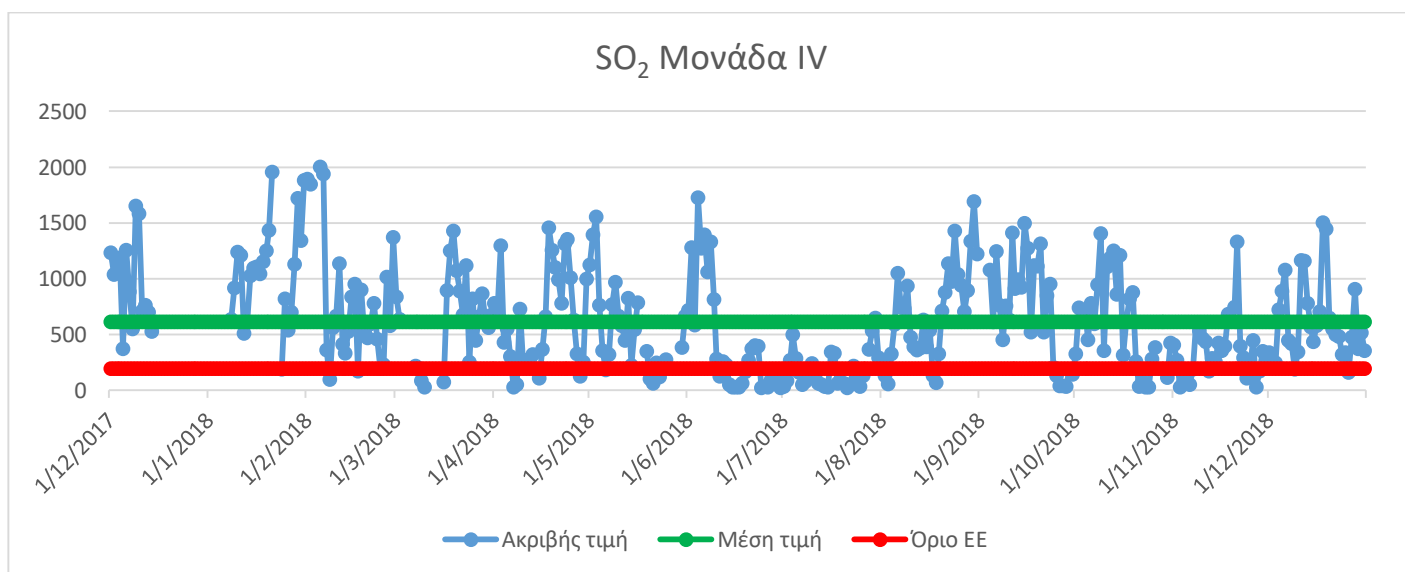
Σημαντική είναι η μείωση των εκπομπών NOx από τη μονάδα μετά την περιβαλλοντική αναβάθμιση το έτος 2017 (Εικόνα 51), που όμως εξακολουθεί, έστω και λίγο, να υπερβαίνει την οριακή τιμή των 200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>.



Εικόνα 52 Εκπομπές PM (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα 3 για το έτος 2017

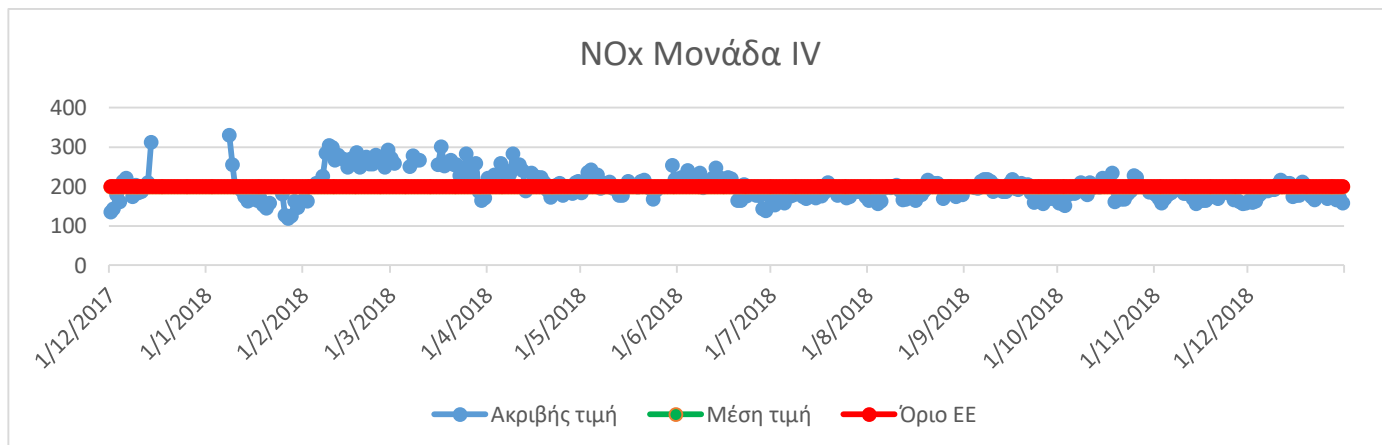
Για τα αιωρούμενα σωματίδια το έτος 2017 δεν παρατηρούνται υπερβάσεις της οριακής τιμής εκπομπής των 20 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> με εξαίρεση την εκπομπή κατά την εκκίνηση της Μονάδας (Εικόνα 52). Η μέση τιμή εκπομπών ανέρχεται στα 6,9 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> (μέγιστη 27,3 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> - ελάχιστη 3,6 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>).

### 2018



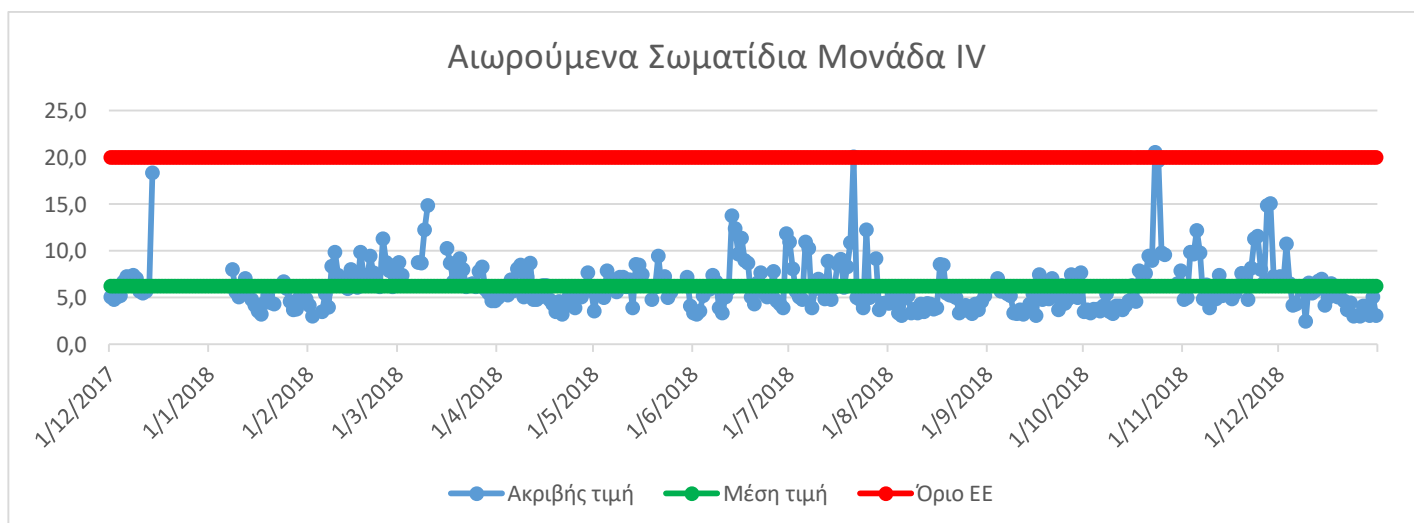
Εικόνα 53 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα IV για το έτος 2018

Οι εκπομπές SO<sub>2</sub> από τη Μονάδα IV εξακολουθούν να είναι πρόβλημα και κατά το έτος 2018 με πολύ μεγάλο αριθμό υπερβάσεων (Εικόνα 53). Αυτό αντικατοπτρίζεται και στη μέση τιμή του ρύπου που ανέρχεται στα 614,36 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>, τριπλάσια της οριακής τιμής εκπομπής. Η μέγιστη τιμή εκπομπής ανήλθε στα 2003 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>, ενώ η ελάχιστη στα 24 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>.



Εικόνα 54 Εκπομπές NO<sub>x</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>) από τη Μονάδα IV για το έτος 2018

Η εικόνα για τις εκπομπές NO<sub>x</sub> από τη Μονάδα IV είναι σαφώς βελτιωμένη μετά τη περιβαλλοντική αναβάθμιση (Εικόνα 54), με τη μέση τιμή εκπομπών να ανέρχεται στα 199,67 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>, ωστόσο ημερήσιες υπερβάσεις εξακολουθούν να παρατηρούνται. Η μέγιστη τιμή εκπομπής ανήλθε στα 330 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub> κατά την εκκίνηση της Μονάδας ενώ η ελάχιστη ανήλθε στα 119 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>.



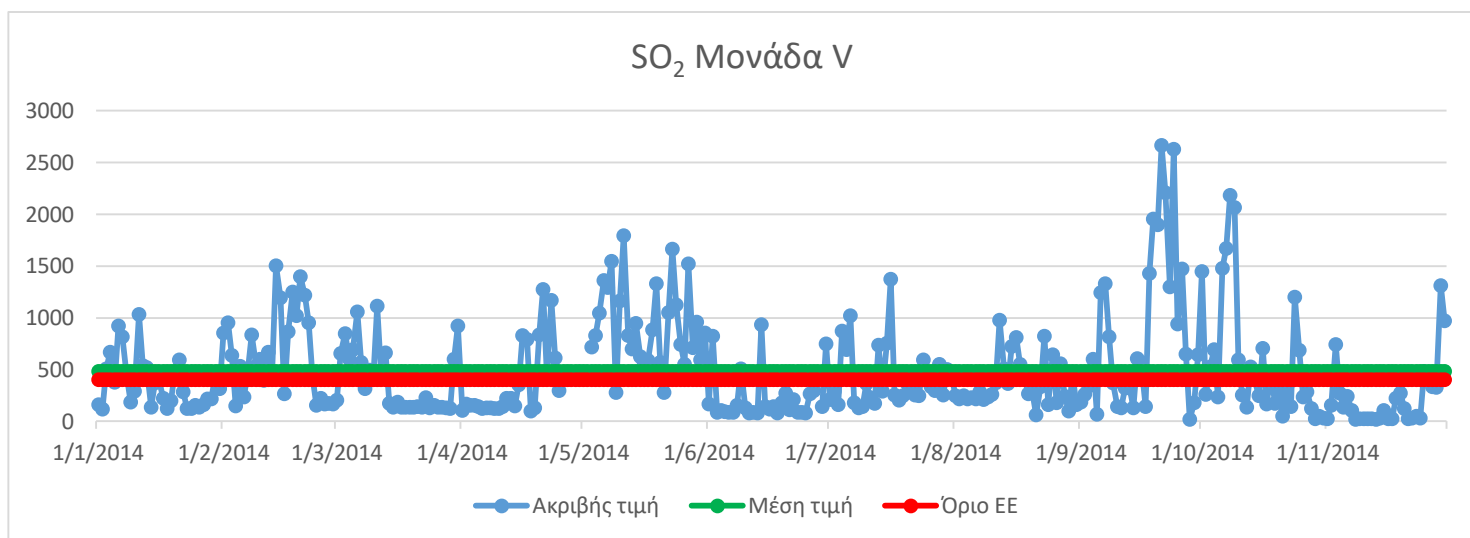
Εικόνα 55 Εκπομπές PM (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>) από τη Μονάδα IV για το έτος 2018

Οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων της Μονάδας IV για το 2018 εξακολουθούν να βρίσκονται σε εναρμονισμό με τη νομοθεσία (Εικόνα 55), με τη μέση τιμή να αγγίζει τα 6 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> ενώ η ευρωπαϊκή θέτει το όρια στα 20 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>. Είναι επίσης σημαντικό να αναφέρουμε ότι δεν υπάρχει σχεδόν καμία υπέρβαση καθ' όλο το έτος αφού η μοναδική ανέρχεται στα 20,6 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> ενώ η ελάχιστη τιμή στα 2,5 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>.

### 6.2.2 Μονάδα V

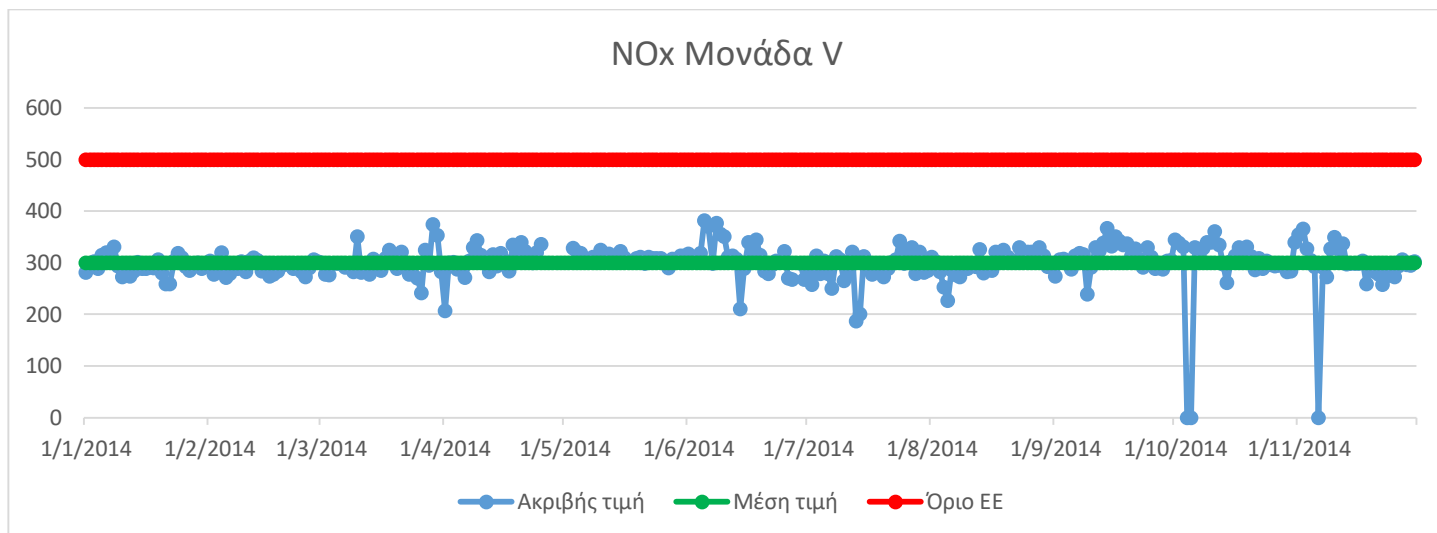
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι εκπομπές ρύπων της Μονάδας V για τα έτη 2014-2018.

2014



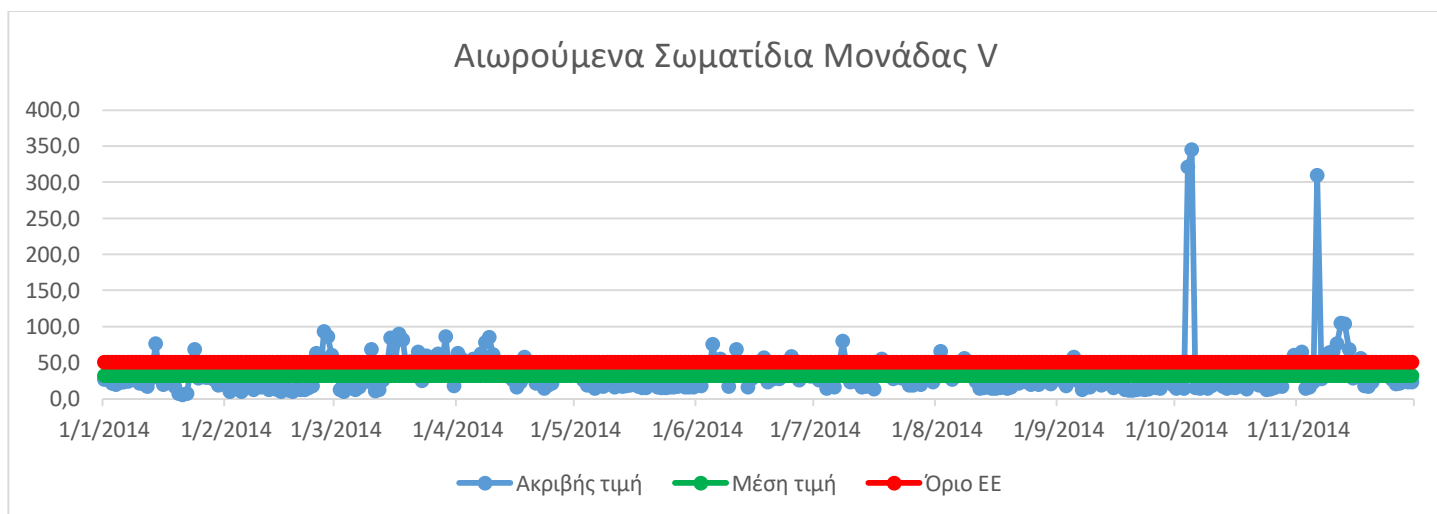
Εικόνα 56 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα V για το έτος 2014

Στην Εικόνα 56 παρουσιάζονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub> από τη Μονάδα V για το 2014. Όπως συμβαίνει και με τις άλλες μονάδες, έτσι και στη Μονάδα V υπάρχουν πολλές υπερβάσεις κατά το χρονικό αυτό διάστημα, ενώ παρατηρούμε ότι τους φθινοπωρινούς μήνες που υπάρχει μεγαλύτερη υγρασία, υπάρχει και περισσότερη υγρασία στον ασβεστόλιθο οδηγώντας σε αύξηση των εκπομπών SO<sub>2</sub>. Η μέγιστη εκπομπή ανέρχεται στα 1878 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> και η ελάχιστη στα 19 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, ενώ η μέση τιμή για το χρονικό αυτό διάστημα είναι 486,24 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>.



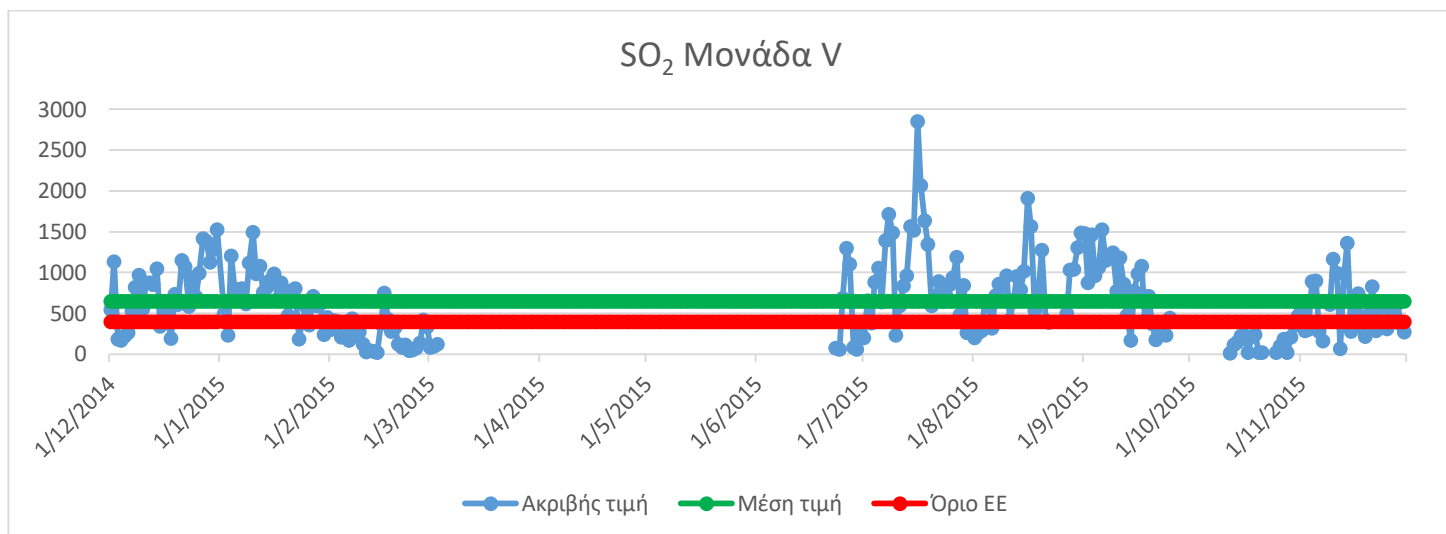
Εικόνα 57 Εκπομπές NOx ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα V για το έτος 2014

Στην Εικόνα 57 παρουσιάζονται οι εκπομπές NOx της μονάδας V κατά το έτος 2014 οι οποίες δεν υπερβαίνουν την οριακή τιμή. Η μέγιστη εκπομπή ανέρχεται στα  $382 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  και η ελάχιστη στα  $187 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  (οι μηδενικές τιμές του γραφήματος οφείλονται στο ότι η Μονάδα εκείνο το διάστημα ήταν σε κράτηση), ενώ η μέση τιμή στα  $302,62 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ , σημαντικά χαμηλότερη από το όριο των  $500 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .



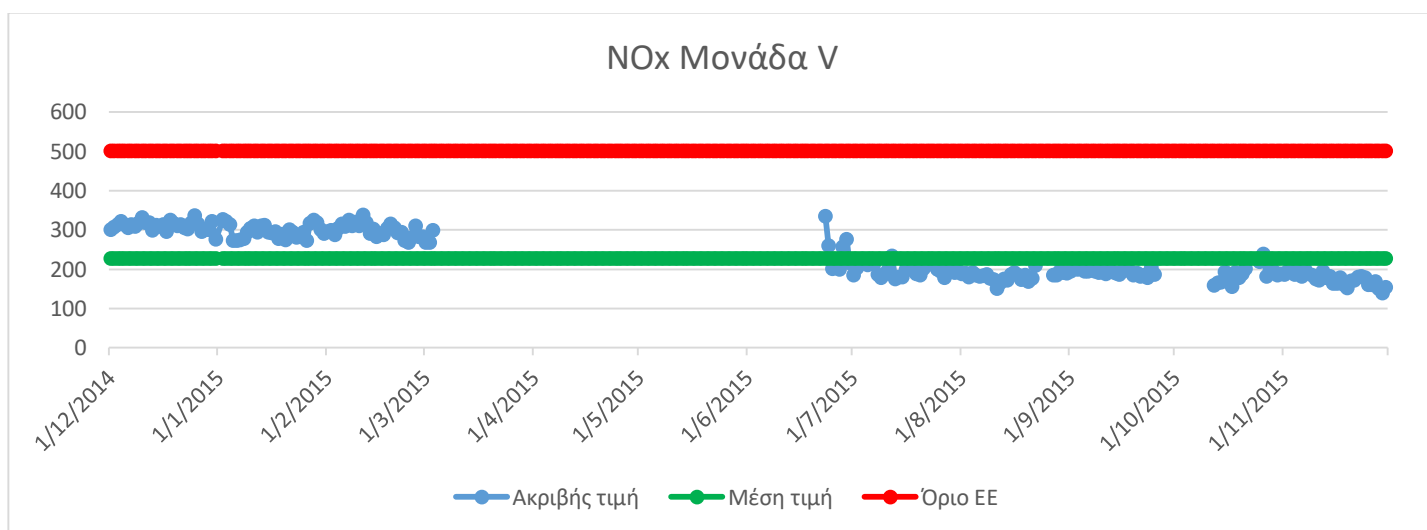
Εικόνα 58 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα V για το έτος 2014

Αναφορικά με τα PM, παρατηρούνται κάποιες υπερβάσεις όπως διαπιστώνεται από την Εικόνα 58, όμως η μέση τιμή του έτους ανήλθε στα  $32,8 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ , η οποία δεν ξεπερνάει το όριο εκπομπής που ανέρχεται στα  $50 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ . Η μέγιστη εκπομπή, που οφείλεται σε εκκίνηση της Μονάδας, ανήλθε στα  $345 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ , ενώ η ελάχιστη στα  $5,1 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .



Εικόνα 59 Εκπομπές  $SO_2$  ( $mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ ) από τη Μονάδα V για το έτος 2015

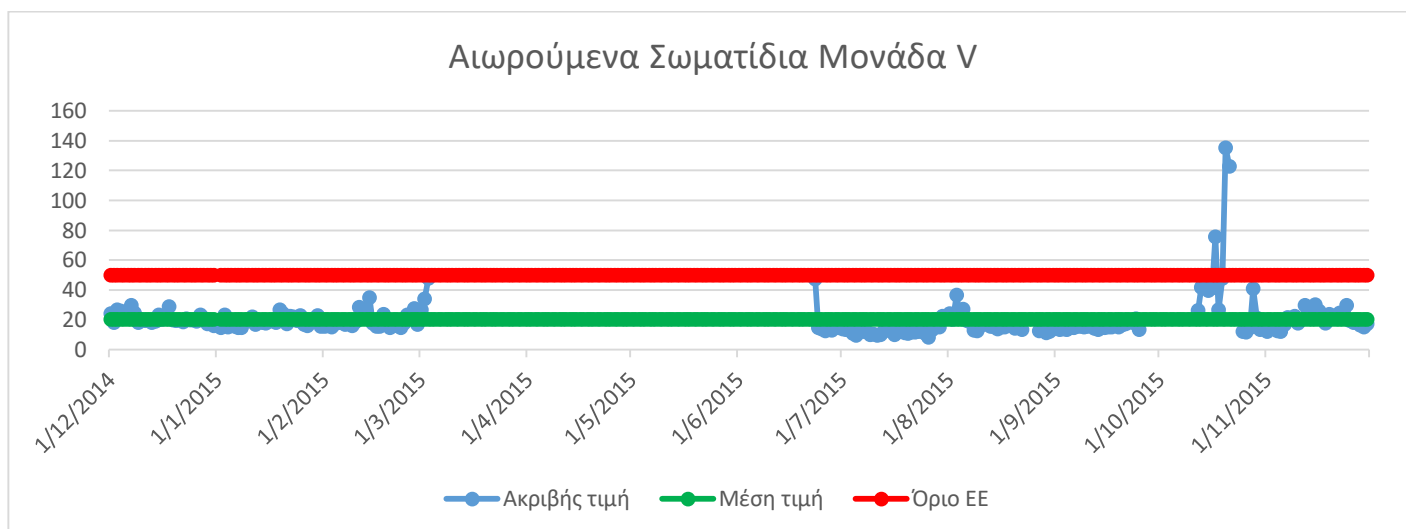
Η δυσκολία ελέγχου των εκπομπών  $SO_2$  συνεχίζεται και για το 2015 (Εικόνα 59) με αρκετές υπερβάσεις του ορίου. Η μέση εκπομπή του ρύπου ανέρχεται στα  $647,52 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$  ενώ η οριακή τιμή είναι  $400 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ . Τέλος η μέγιστη εκπομπή του ρύπου ανήλθε στα  $2853 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$  και η ελάχιστη στα  $18 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ .



Εικόνα 60 Εκπομπές  $NO_x$  ( $mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ ) από τη Μονάδα V για το έτος 2015

Όπως το 2014 έτσι και το 2015 οι εκπομπές  $NO_x$  βρίσκονται εντός των ορίων (Εικόνα 60). Η μέση εκπομπή του ρύπου ανέρχεται στα  $227,25 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$  (μέγιστη  $337 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ ).

6% O<sub>2</sub>- ελάχιστη 8,3 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>). Τέλος βλέπουμε από το γράφημα ότι από το Μάρτιο μέχρι τον Ιούλιο η Μονάδα είναι εκτός λειτουργίας για συντήρησης.



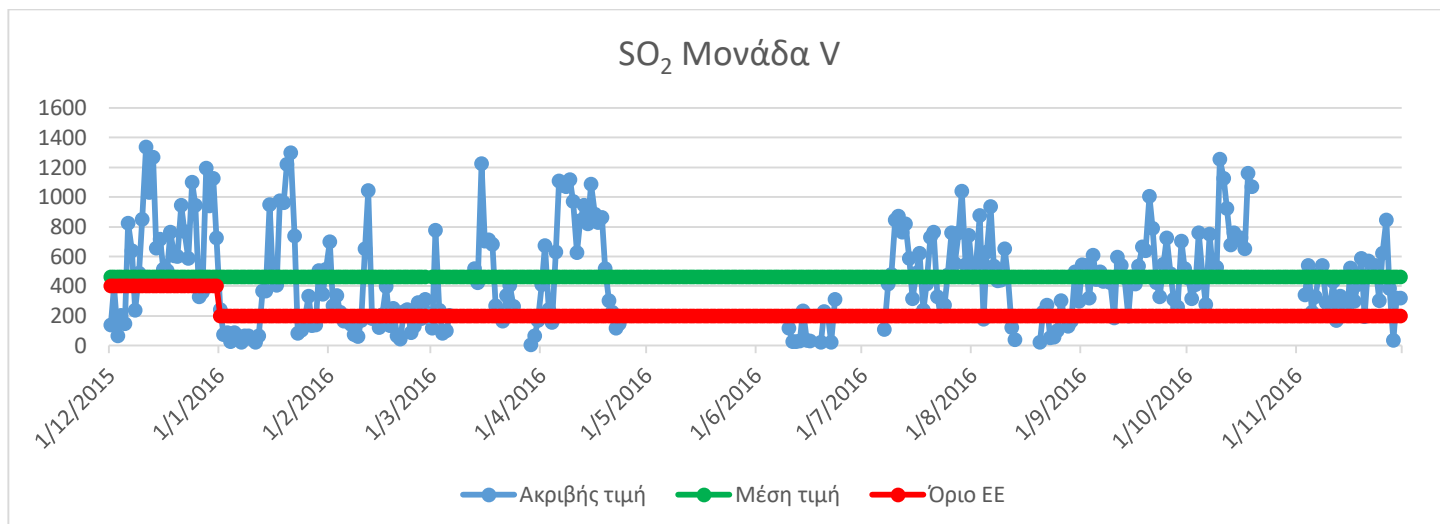
Εικόνα 61 Εκπομπές PM (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα V για το έτος 2015

Για το έτος 2015 αναφορικά με τα PM, παρατηρούνται ελάχιστες υπερβάσεις (Εικόνα 61). Η μέση εκπομπή του έτους ανήλθε στα 20,23 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, η οποία δεν ξεπερνάει το όριο εκπομπής (50 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>). Η μέγιστη εκπομπή ανήλθε στα 134,9 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, ενώ η ελάχιστη στα 8,3 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>.

## 2016

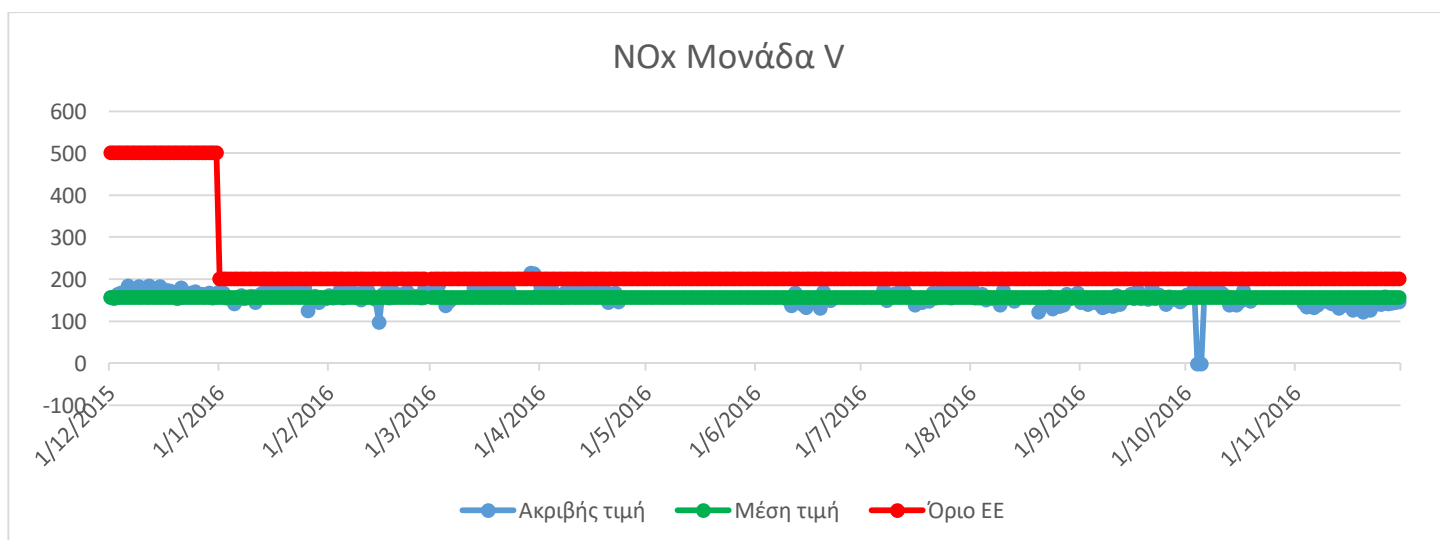
Το SO<sub>2</sub> εξακολουθεί να αποτελεί μη επαρκώς ελεγχόμενο ρύπο για τη Μονάδα V και για το 2016, σημειώνοντας πολλές υπερβάσεις του ορίου εκπομπής (Εικόνα 62). Το πρόβλημα γίνεται ακόμα εντονότερο εξαιτίας της αυστηροποίησης της οριακής τιμής (200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) που υποδιπλασιάζεται σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Η μέση τιμή των εκπομπών ανέρχεται στα 462,41 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, υπερδιπλάσια του ορίου, ενώ η μέγιστη ανέρχεται στα 1337 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> και η ελάχιστη στα 4 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>.





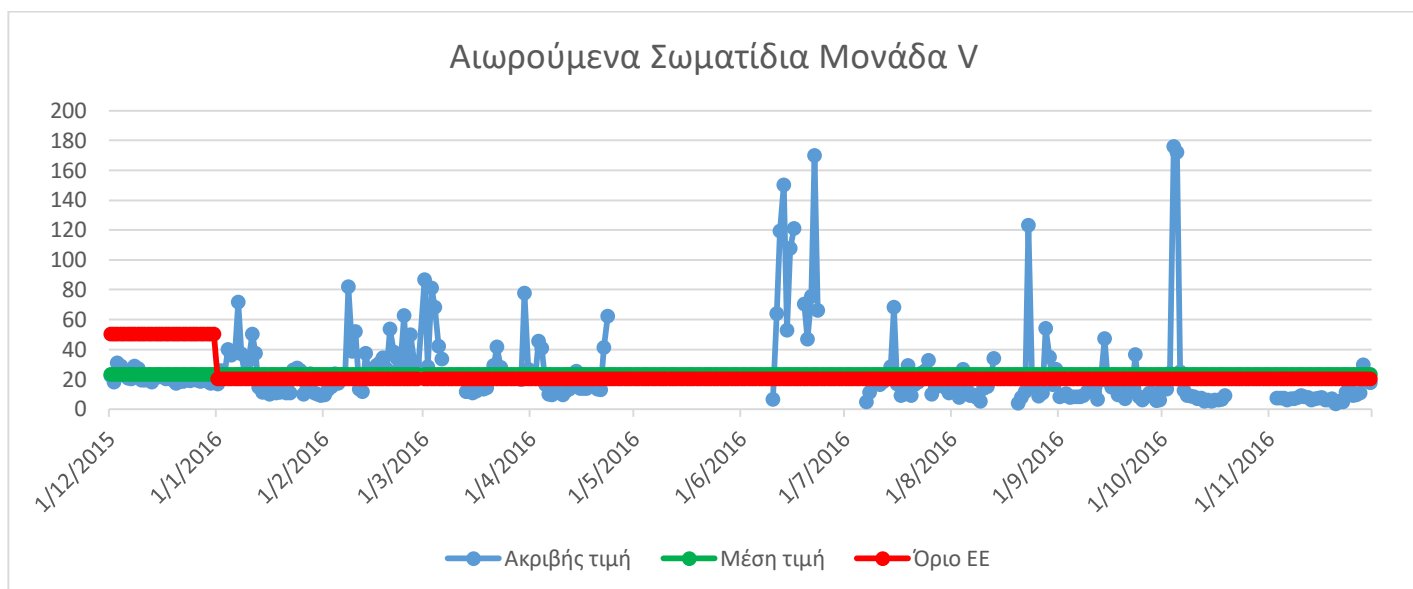
Εικόνα 62 Εκπομπές  $SO_2$  ( $mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ ) από τη Μονάδα IV για το έτος 2016

Αυστηροποίηση της οριακής τιμής τίθεται σε ισχύ από το 2016 και για τα  $NO_x$ , όμως παρά τη σημαντική αυτή μείωση δεν παρατηρείται σχεδόν καμία υπέρβαση του ορίου (Εικόνα 63). Η μέση τιμή εκπομπών έτους ανέρχεται στα  $170 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ , ενώ η ελάχιστη και η μέγιστη ανέρχονται στα  $97 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$  και  $214 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ , αντίστοιχα. Η μηδενική τιμή που υπάρχει στο γράφημα οφείλεται στο ότι η Μονάδα τέθηκε εκτός λειτουργίας.



Εικόνα 63 Εκπομπές  $NO_x$  ( $mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ ) από τη Μονάδα V για το έτος 2016

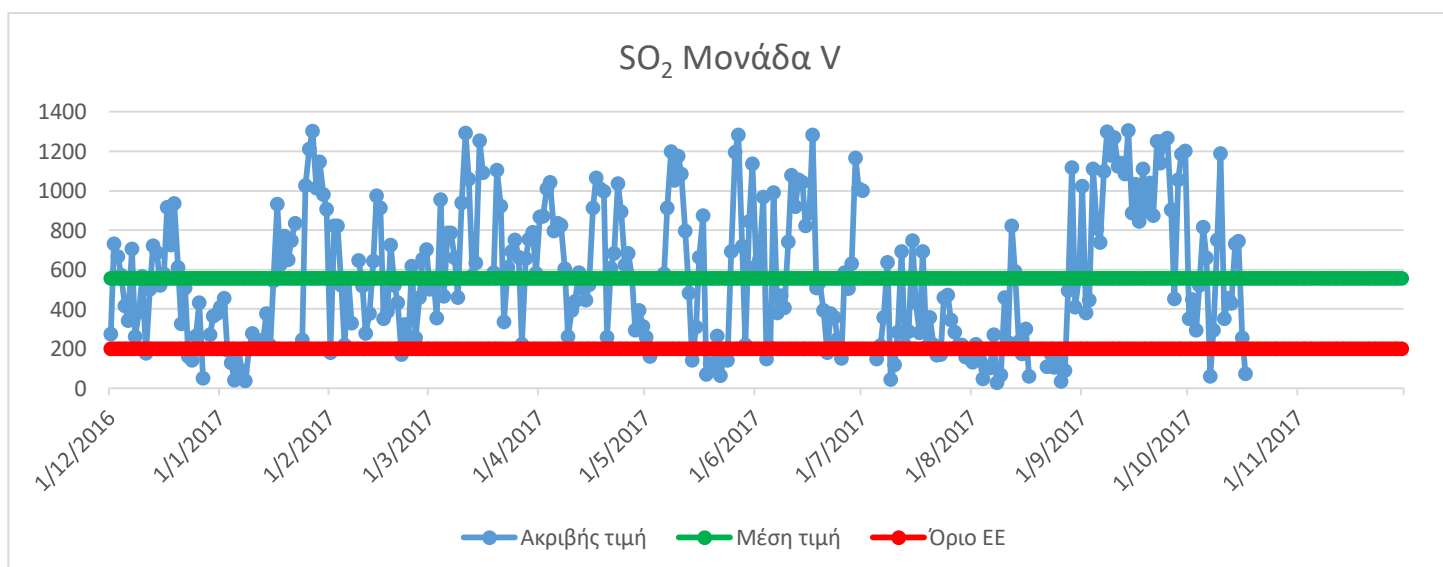
Η μείωση της οριακής τιμής εκπομπής των  $PM$  στα  $20 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$  οδήγησε σε αρκετές υπερβάσεις (Εικόνα 64), με τη μέση τιμή έτους να ανέρχεται στα  $23,18 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ . Το ίδιο διάστημα, η μέγιστη τιμή εκπομπών ανήλθε στα  $176 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$  και η ελάχιστη στα  $3,5 mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ .



Εικόνα 64 Εκπομπές PM ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα V για το έτος 2016

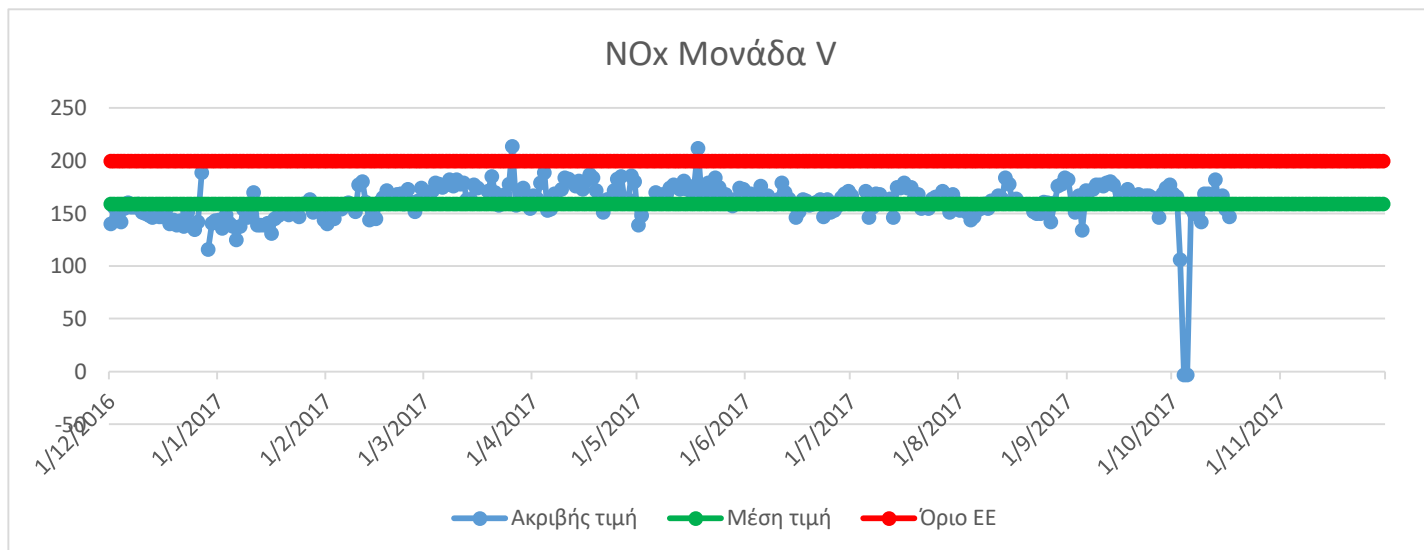
### 2017

Η κατάσταση δεν έχει μεταβληθεί για το  $\text{SO}_2$  για το 2017 παραμένοντας μη επαρκώς ελεγχόμενος ρύπος, σημειώνοντας πολλές υπερβάσεις του ορίου εκπομπής (Εικόνα 65). Η μέση τιμή των εκπομπών ανέρχεται στα  $579,87 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ , σχεδόν τριπλάσιο του ορίου, ενώ η μέγιστη ανέρχεται στα  $1306 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$  και η ελάχιστη στα  $23 \text{ mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ .



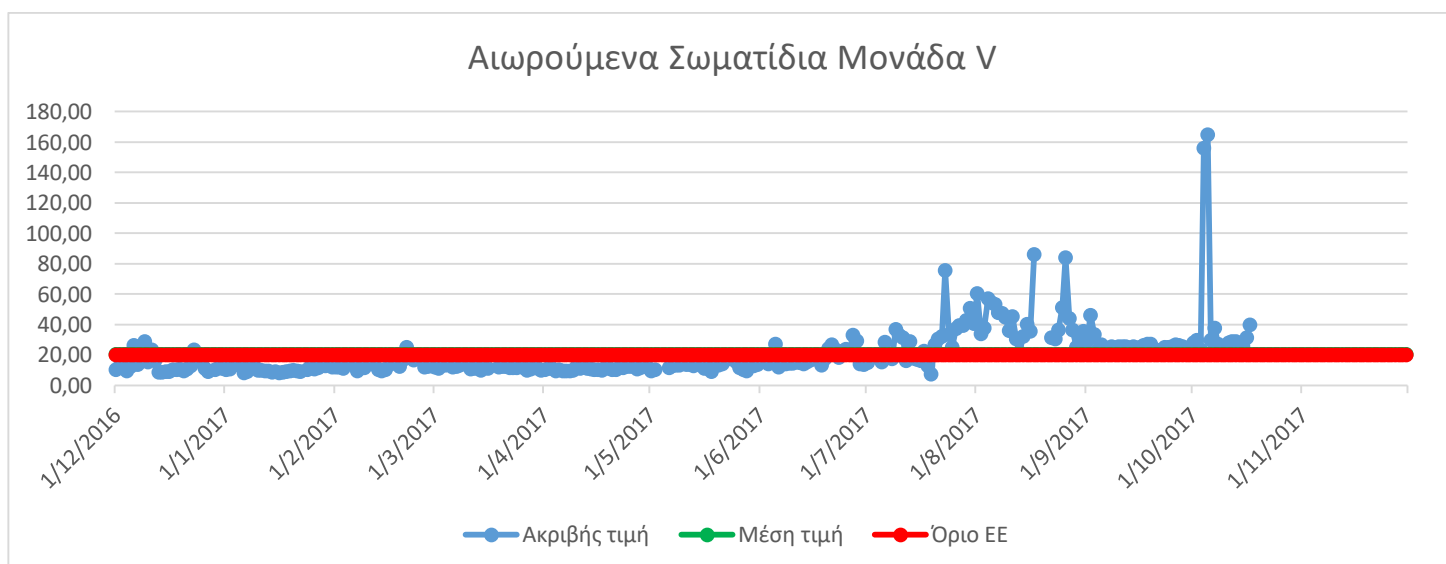
Εικόνα 65 Εκπομπές  $\text{SO}_2$  ( $\text{mg}/\text{Nm}^3_{\text{dry}}, 6\% \text{O}_2$ ) από τη Μονάδα V για το έτος 2017

Οι εκπομπές NOx για το έτος 2017 βρίσκονται εντός των ορίων (Εικόνα 66). Η μέση εκπομπή του ρύπου ανέρχεται στα 160 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> (μέγιστη 214 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> - ελάχιστη 106 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>).



Εικόνα 66 Εκπομπές NOx (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα V για το έτος 2017

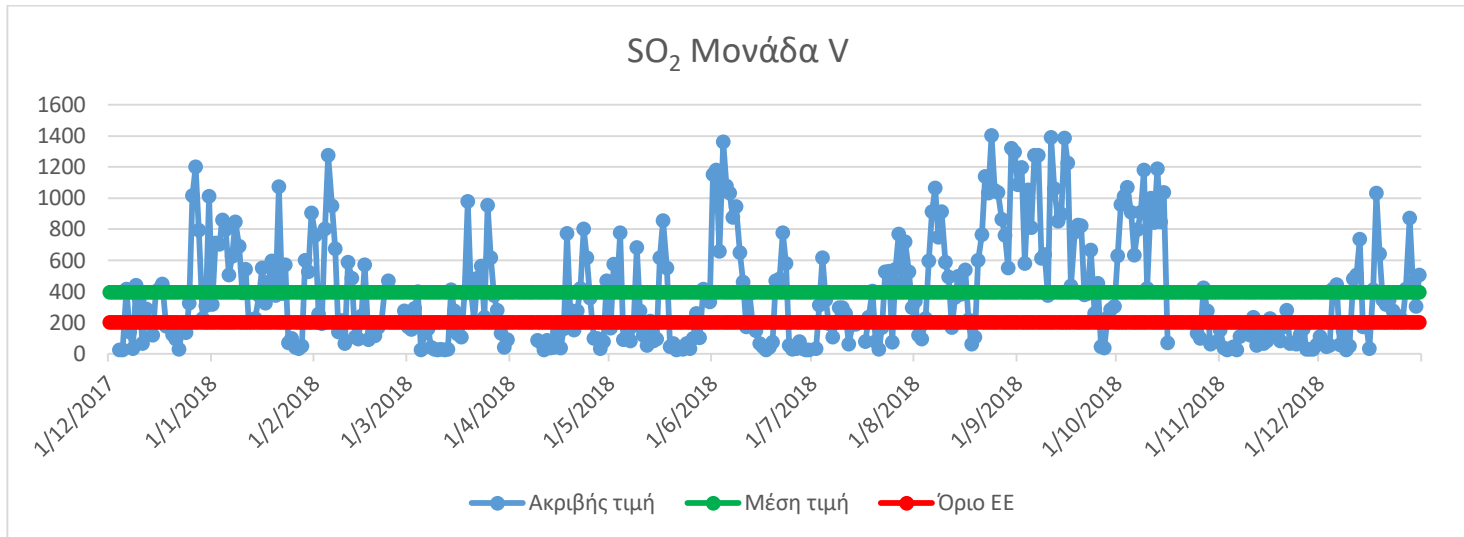
Η μέση εκπομπή PM για το 2017 ανέρχεται στα 20,6 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> σημειώνοντας ελάχιστη υπέρβαση της οριακής τιμής (Εικόνα 67). Η μέγιστη εκπομπή ανέρχεται στα 183 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> και η ελάχιστη στα 8 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, με αρκετές υπερβάσεις να παρατηρούνται από τον Αύγουστο και μετά.



Εικόνα 67 Εκπομπές PM (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα V για το έτος 2017

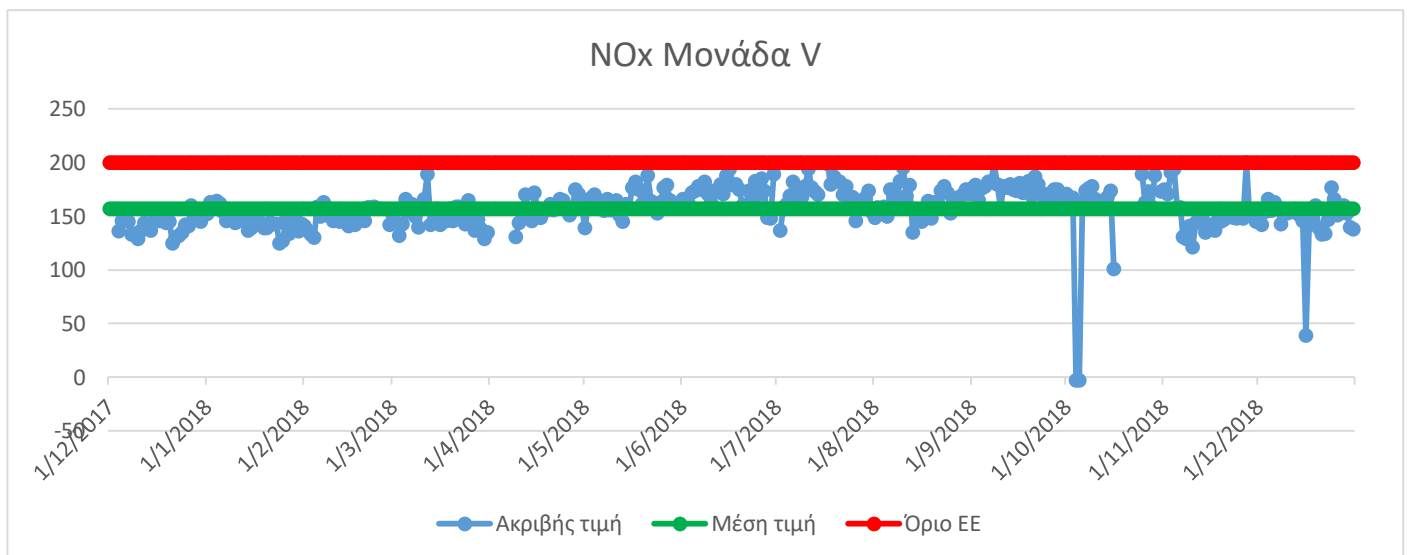
## 2018

Οι εκπομπές SO<sub>2</sub> δεν είναι υπό έλεγχο ούτε το 2018, με πολλές υπερβάσεις της οριακής τιμής (Εικόνα 68). Η μέση τιμή ανέρχεται στα 400 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>, διπλάσια του ορίου (μέγιστη 1401 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub> - ελάχιστη 23 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>).



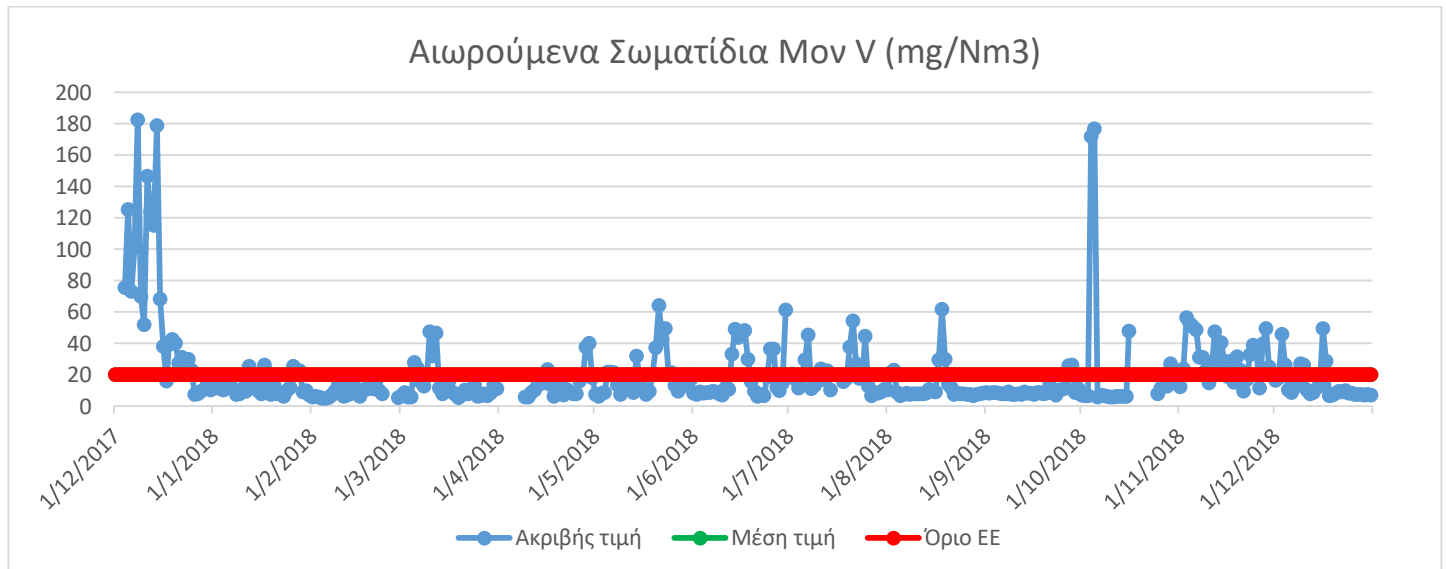
Εικόνα 68 Εκπομπές SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>) από τη Μονάδα V για το έτος 2018

Εντός των ορίων βρίσκονται οι εκπομπές NO<sub>x</sub> και για το έτος 2018 (Εικόνα 69). Η μέση εκπομπή του ρύπου ανέρχεται στα 158,34 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub> (μέγιστη 200 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub> - ελάχιστη 10 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>).



Εικόνα 69 Εκπομπές NO<sub>x</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry, 6% O<sub>2</sub></sub>) από τη Μονάδα V για το έτος 2018

Η μέση εκπομπή PM για το 2018 ανέρχεται στα 20,2 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> σημειώνοντας και πάλι ελάχιστη υπέρβαση του ορίου (Εικόνα 70). Παρ' όλα αυτά σημειώνονται αρκετές ημερήσιες υπερβάσεις. Η μέγιστη εκπομπή ανέρχεται στα 183 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub> και η ελάχιστη στα 5 mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>, με αρκετές υπερβάσεις να παρατηρούνται από τον Αύγουστο και μετά.



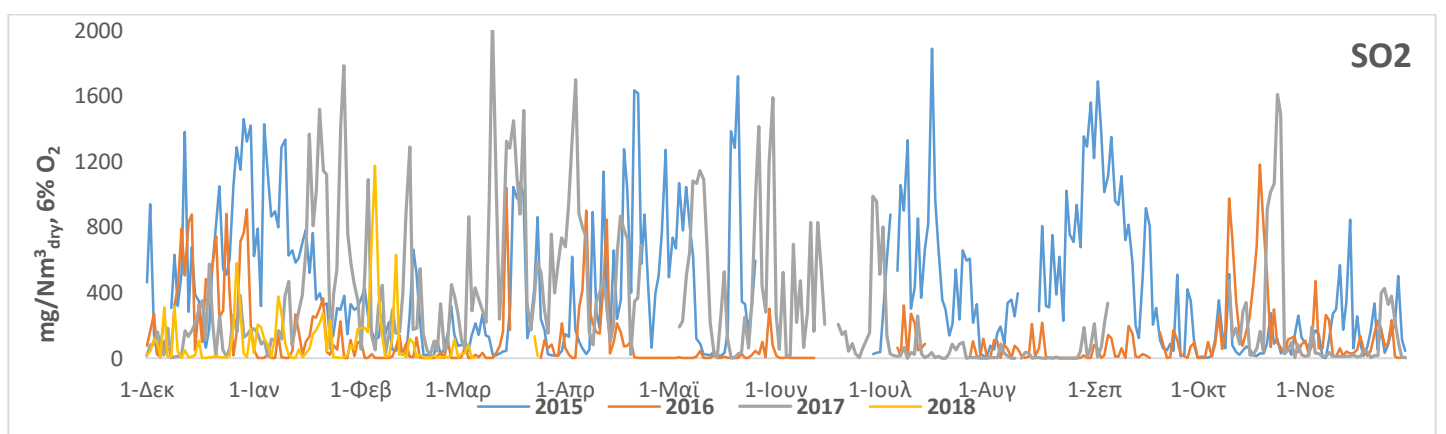
Εικόνα 70 Εκπομπές PM (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) από τη Μονάδα V για το έτος 2018

### 6.2.3 Συγκριτικά Γραφήματα ετών μονάδων

Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα για τα έτη 2015 – 2018 για κάθε μελετώμενο ρύπο (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και αιωρούμενα σωματίδια) από κάθε Μονάδα.

#### Μονάδα III

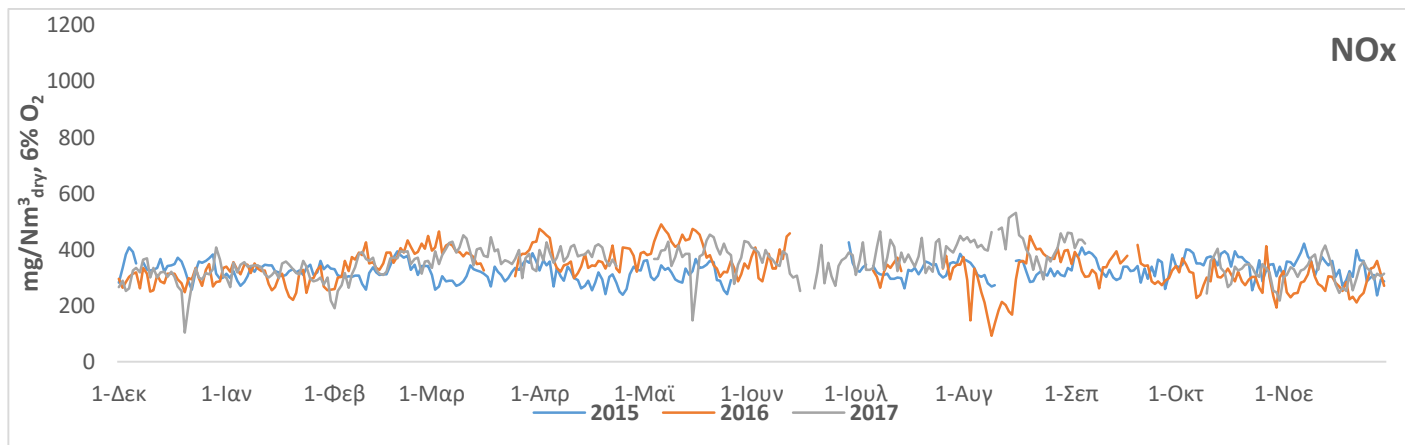
#### Διοξείδιο του θείου (2015-2018)



Εικόνα 71 Σύγκριση εκπομπών SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup><sub>dry</sub>, 6% O<sub>2</sub>) της Μονάδας III για τα έτη 2015-2018

Οι εκπομπές SO<sub>2</sub> βρίσκονται εκτός ορίων, σημειώνοντας μεγάλο αριθμό υπερβάσεων (Εικόνα 71). Ο κύριος παράγοντας που προκαλεί τις υψηλές τιμές εκπομπών SO<sub>2</sub> είναι η μη σταθερή ποιότητα του καυσίμου που μεταβάλλει την αναλογία ασβεστίου οδηγώντας σε μικρότερο ποσοστό φυσικής αποθείωσης του καυσαερίου. Όταν η συγκέντρωση του ασβεστίου (ελεύθερου) είναι αρκετά χαμηλή, οι εκπομπές SO<sub>2</sub> αυξάνουν.

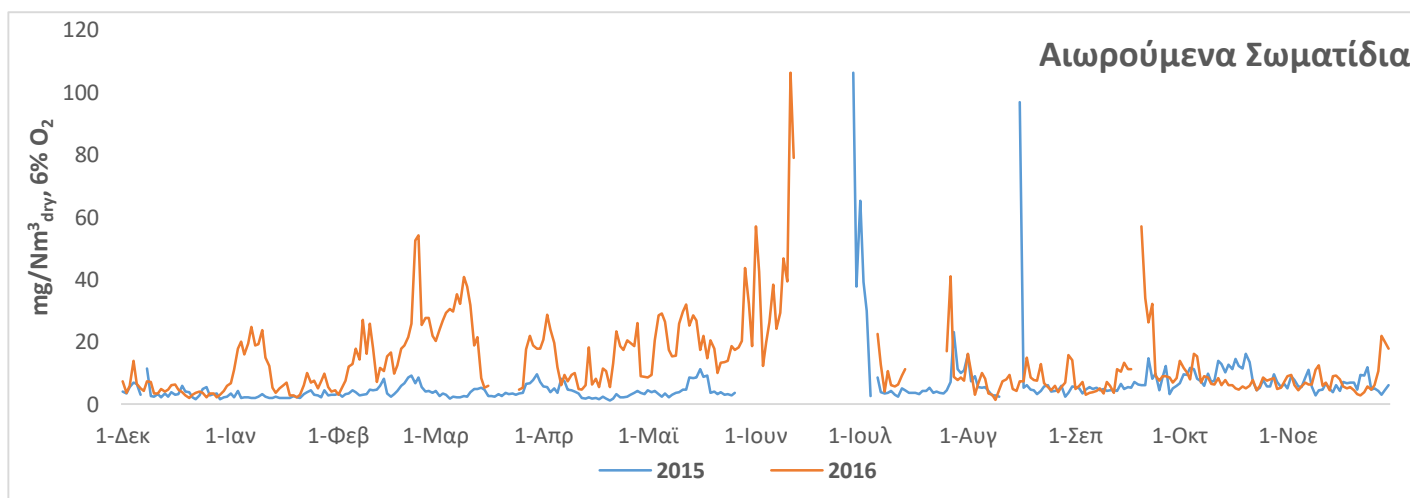
### NO<sub>x</sub> (2015-2017)



Εικόνα 72 Σύγκριση εκπομπών NO<sub>x</sub> (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) της Μονάδας III για τα έτη 2015-2017

Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> για τα έτη 2015-2017 παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις (Εικόνα 72). Η αυστηροποίηση του ορίου (200 mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) το 2016 οδήγησε σε αρκετές υπερβάσεις που έθεσαν τη Μονάδα εκτός λειτουργίας για μεγάλο διάστημα προκειμένου να πραγματοποιηθούν εργασίες περιβαλλοντικής αναβάθμισης για τον έλεγχο των εκπομπών NO<sub>x</sub>.

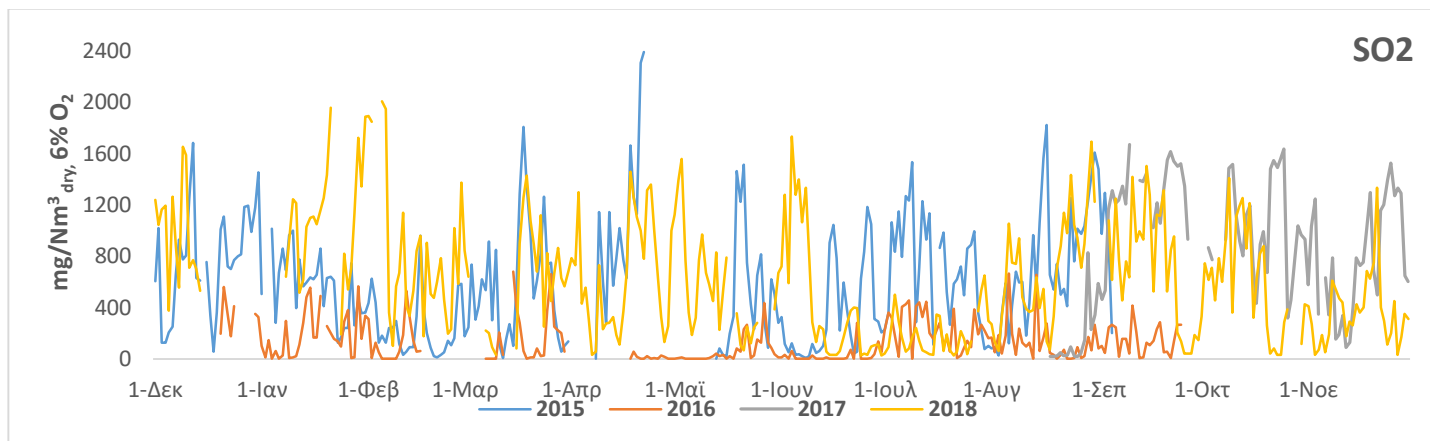
### Αιωρούμενα Σωματίδια (2015-2016)



Εικόνα 73 Σύγκριση εκπομπών PM (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) της Μονάδας III για τα έτη 2015-2016

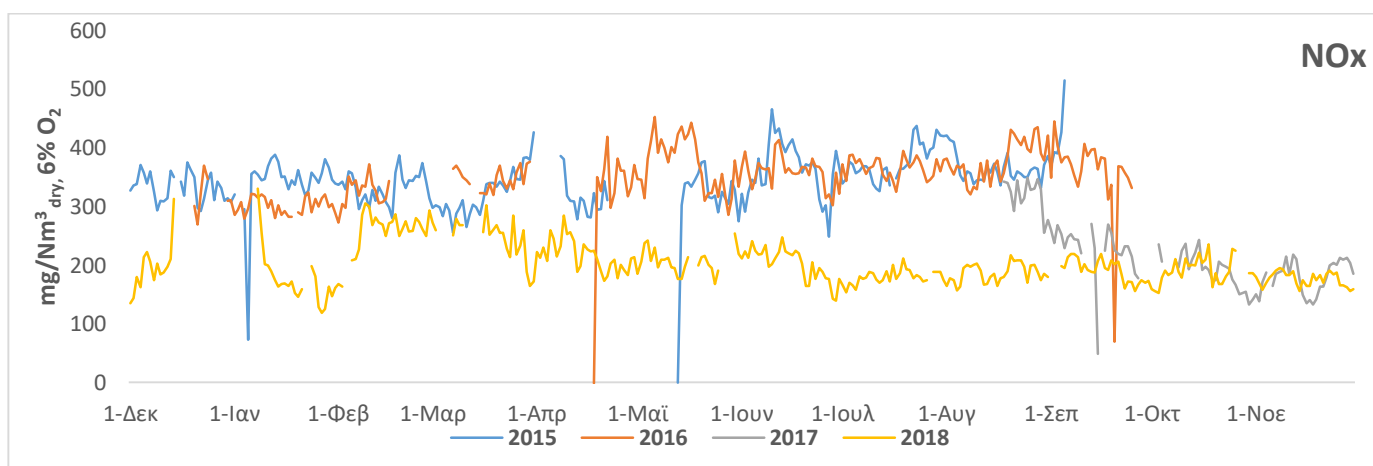
Οι εκπομπές PM για τα έτη 2015-2016 παρουσιάζουν αρκετές διακυμάνσεις και υπερβάσεις (Εικόνα 73). Οι υπερβάσεις αυτές οφείλονται κατά κύριο λόγο στην εκκίνηση της Μονάδας με χρήση πετρελαίου.

#### Μονάδα IV



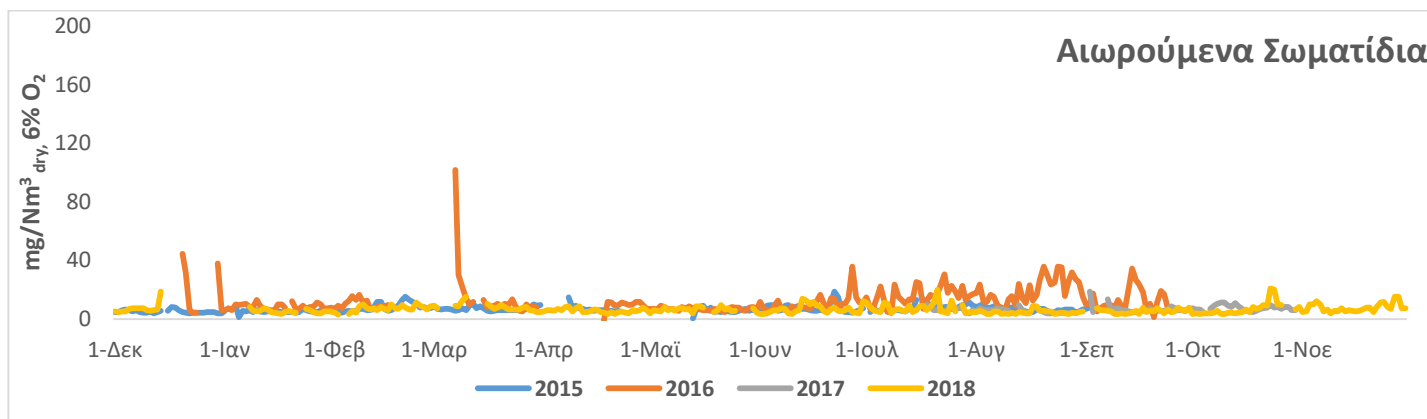
Εικόνα 74 Σύγκριση εκπομπών  $SO_2$  ( $mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ ) της Μονάδας IV για τα έτη 2015-2018

Οι εκπομπές  $SO_2$  βρίσκονται εκτός ορίων και στη Μονάδα IV, σημειώνοντας μεγάλο αριθμό υπερβάσεων (Εικόνα 74). Είναι αξιοσημείωτο ότι το 2016 υπάρχει αρκετή μείωση των εκπομπών του ρύπου, προφανώς λόγω της ποιότητας του λιγνίτη και της ποσότητας του ασβεστόλιθου που υπάρχει σε αυτό.



Εικόνα 75 Σύγκριση εκπομπών  $NO_x$  ( $mg/Nm^3_{dry, 6\% O_2}$ ) της Μονάδας IV για τα έτη 2015-2018

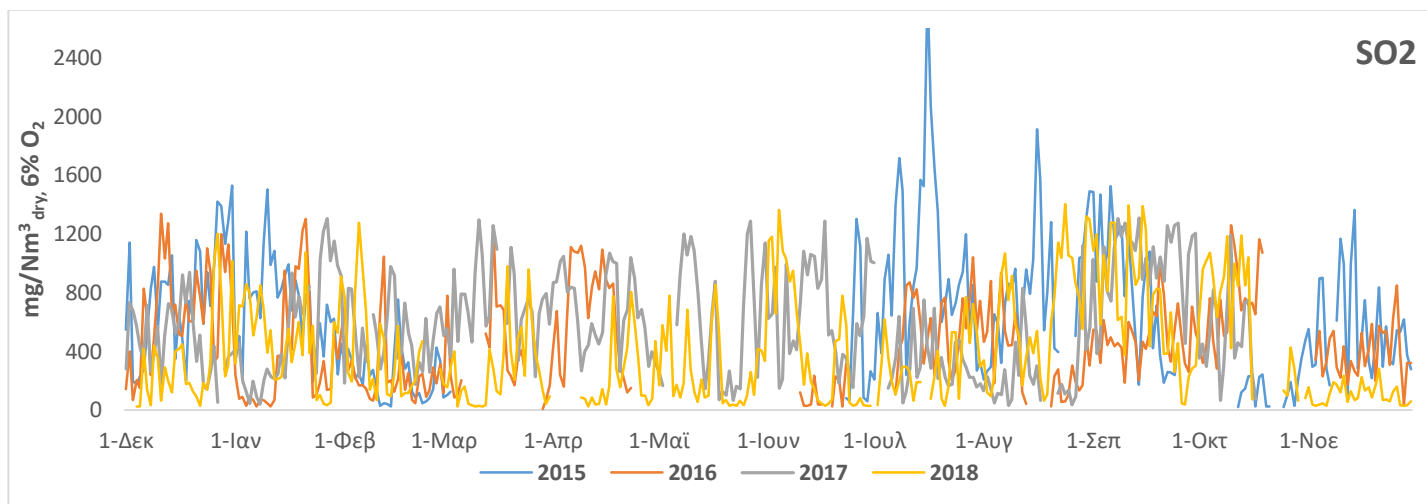
Οι εκπομπές NOx παρουσιάζουν αρκετή μείωση μετά την περιβαλλοντική αναβάθμιση της Μονάδας το 2017 (Εικόνα 75) και η αυστηροποίηση του ορίου ( $200 \text{ mg/Nm}^3_{\text{dry, 6\% O}_2}$ ) δεν δημιουργεί πρόβλημα στη λειτουργία της.



Εικόνα 76 Σύγκριση εκπομπών PM ( $\text{mg/Nm}^3_{\text{dry, 6\% O}_2}$ ) της Μονάδας IV για τα έτη 2015-2018

Οι εκπομπές PM παρουσιάζουν μικρές σχετικά διακυμάνσεις και στο πλείστο των περιπτώσεων ικανοποιούν τους περιβαλλοντικούς όρους.

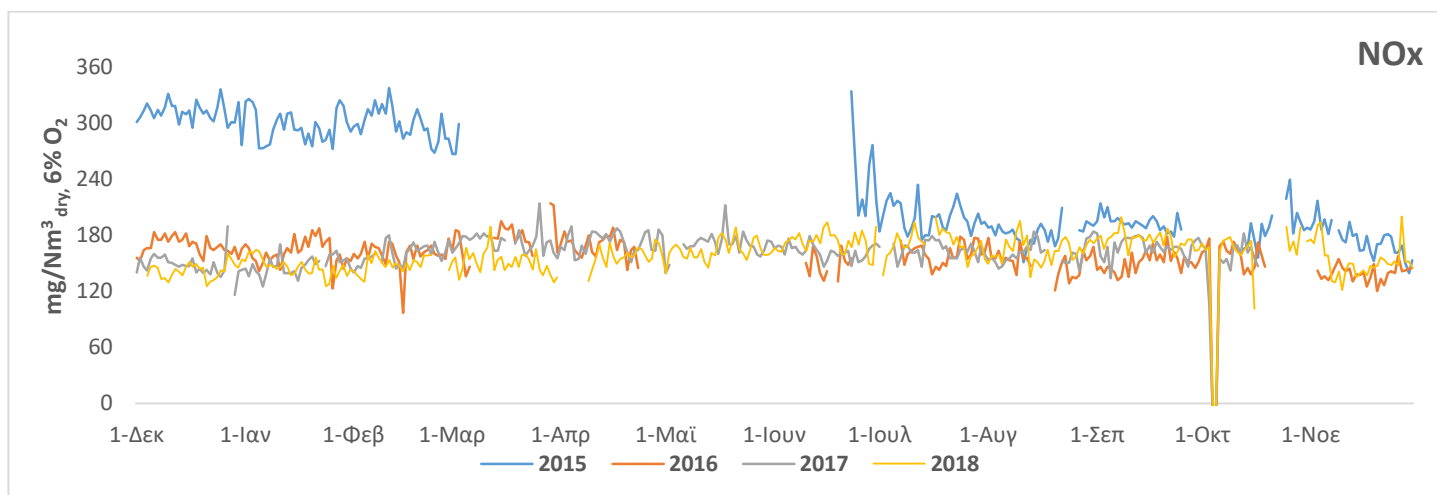
#### Μονάδα V (2015-2018)



Εικόνα 77 Σύγκριση εκπομπών SO<sub>2</sub> ( $\text{mg/Nm}^3_{\text{dry, 6\% O}_2}$ ) της Μονάδας V για τα έτη 2015-2018

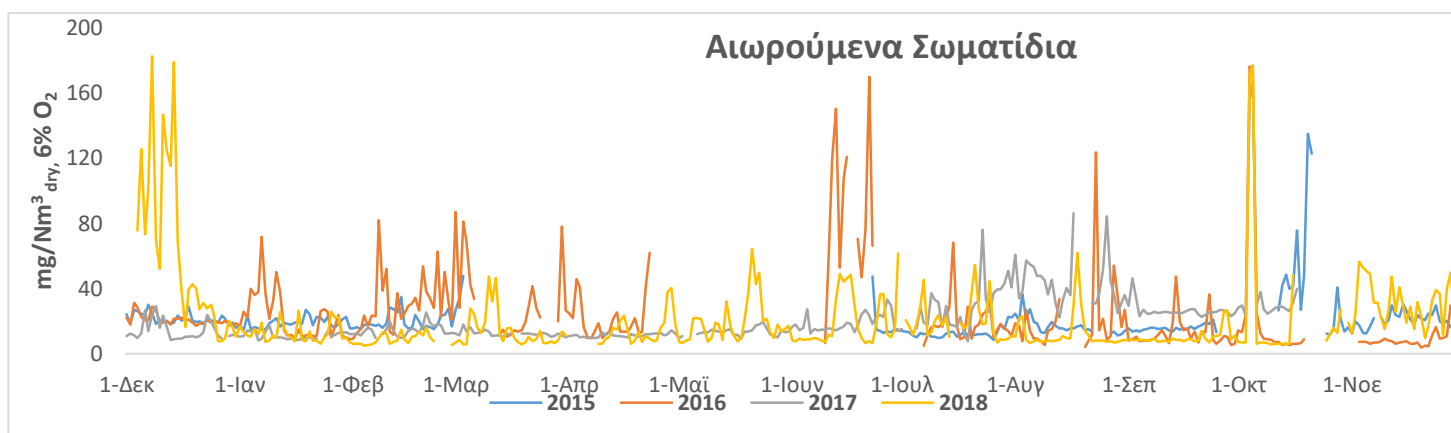
Παρόμοια εικόνα με τις άλλες δυο Μονάδες παρουσιάζει η Μονάδα V αναφορικά με τα SO<sub>2</sub> με τις εκπομπές να κινούνται αρκετά πάνω από το όριο (Εικόνα 77).





Εικόνα 78 Σύγκριση εκπομπών NOx (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) της Μονάδας V για τα έτη 2015-2018

Οι εκπομπές NOx παρουσιάζουν αρκετή μείωση μετά τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στον λέβητα της Μονάδας V το 2015 (Εικόνα 78) οπότε η αυστηροποίηση του ορίου (200 mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) δεν δημιουργεί πρόβλημα στη λειτουργία της.



Εικόνα 79 Σύγκριση εκπομπών PM (mg/Nm<sup>3</sup> dry, 6% O<sub>2</sub>) της Μονάδας V για τα έτη 2015-2018

Σε αντίθεση με τις άλλες δυο Μονάδες, οι εκπομπές PM της Μονάδας V παρουσιάζουν αρκετές διακυμάνσεις και υπερβάσεις της οριακής τιμής εκπομπής (Εικόνα 79).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της επιχειρησιακής στρατηγικής για την προστασία του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα για τον ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, καθ' όλη τη διάρκεια εφαρμογής των Περιβαλλοντικών Όρων Λειτουργίας του, έγιναν προσπάθειες βελτίωσης των παραμέτρων που αφορούν στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε καθημερινή βάση και στο να τεθούν οι βάσεις για την οριστική αντιμετώπιση των προβλημάτων. Ιδιαίτερη μέριμνα λαμβάνεται επίσης για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των Μονάδων του Σταθμού και τη βελτίωση του βαθμού απόδοσής τους, με άμεσο περιβαλλοντικό όφελος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή σύγχρονων πρακτικών λειτουργίας, συντήρησης και βελτίωσης του εξοπλισμού καθώς και συστηματικής παρακολούθησης των επιμέρους λειτουργικών παραμέτρων. Μέσα στο 2016 ανατέθηκαν τα έργα αναβάθμισης με σκοπό τη μείωση των εκπομπών NOx για τις Μονάδες I–IV του ΑΗΣ. Μέσα στο 2017 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες εγκατάστασης του εν λόγω έργου στη Μονάδα IV, ενώ μέσα στο 2018 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες αναβάθμισης στη Μονάδα III. Ο κύριος παράγοντας που προκαλεί τις υψηλές τιμές εκπομπών SO<sub>2</sub> είναι η ποιότητα του καυσίμου και οφείλεται στη σχέση ασβεστίου και θείου (και κατ' επέκταση της τέφρας), γεγονός που οδηγεί σε μειωμένη ικανότητα φυσικής αποθείωσης του καυσαερίου. Στην Εικόνα 80 φαίνονται οι λωρίδες ασβεστόλιθου τις οποίες λαμβάνει ο καδοτροχός στη περίπτωση της μη-ικανοποιητικής εκλεκτικής εξόρυξης.



Εικόνα 80 Λωρίδες ασβεστόλιθου λιγνίτη

Όταν μια Μονάδα λειτουργεί σε χαμηλό φορτίο η αντίδραση  $\text{CaO} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3$  έχει μεγάλη απόδοση (υψηλό ποσοστό αέρα) σταθεροποιώντας το  $\text{CaSO}_3$  και μειώνοντας κατ' επέκταση τις εκπομπές διοξειδίου του θείου. Όταν η συγκέντρωση του ασβεστίου (ελεύθερου) είναι αρκετά χαμηλή, τότε ενώ οι εκπομπές σκόνης μειώνονται σημαντικά, οι εκπομπές  $\text{SO}_2$  αυξάνουν. Ο Σταθμός σε συνεργασία με τα Ορυχεία, έχει προχωρήσει στις απαραίτητες ενέργειες για τη δημιουργία κατάλληλου μίγματος λιγνίτη, ώστε διαχρονικά να επιτευχθεί η βέλτιστη περιβαλλοντικά λειτουργία του ΑΗΣ. Μέσα από τη δράση διαφοροποίησης του μίγματος καυσίμου, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του ΑΗΣ έχει βελτιωθεί. Πέραν των αναφερομένων η ΔΕΗ Α.Ε. προτίθεται να προχωρήσει στην εγκατάσταση Μονάδας υγρής Αποθείωσης για τη Μονάδα V του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, προκειμένου να μειωθούν περαιτέρω οι εκπομπές της Μονάδας, ενώ προγραμματίζονται έργα αποθείωσης και για τις υπόλοιπες τέσσερις Μονάδες του ΑΗΣ.

Στον Σταθμό βρίσκονται αυτή τη στιγμή σε εξέλιξη έργα περιβαλλοντικής αναβάθμισης των μονάδων. Οι Μονάδες III και IV βρίσκονται στο Στάδιο του Commissioning όσον αφορά τις επενδύσεις σε πρωτογενή μέτρα ρύθμισης των  $\text{NO}_x$ . Η Μονάδα IV βρίσκεται σε πολύ προχωρημένο στάδιο και εντός του 2020 το έργο θα παραληφθεί. Στην Μονάδα III επίσης επιτυγχάνονται τα όρια εκπομπών και ρυθμίζονται άλλα λειτουργικά προβλήματα. Στις Μονάδες I και II τα έργα μείωσης των  $\text{NO}_x$  βρίσκονται σε εξέλιξη. Στην Μονάδα I η κατασκευή έχει ολοκληρωθεί και απομένει η ρύθμιση του συστήματος ενώ στην Μονάδα II η κατασκευή βρίσκεται σε εξέλιξη αυτή την στιγμή. Τα έργα θα ολοκληρωθούν το 2020. Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις αποθείωσης των καυσαερίων, έχει αρχίσει από τις αρχές του 2019 η κατασκευή των έργων αποθείωσης της Μονάδας V. Στις Μονάδες I έως IV βρίσκονται σε εξέλιξη οι Διαγωνισμοί για την εκτέλεση έργων υγρής αποθείωσης και μέχρις ότου ολοκληρωθούν τα έργα (2022), οι εκπομπές θείου θα αντιμετωπιστούν με την τεχνολογία της ξηρής αποθείωσης. Οι εκπομπές σωματιδίων είναι αντιμετωπίσιμες με τις παραπάνω τεχνολογίες και τις επενδύσεις που έγιναν από το 2008.

Παρά την θέσπιση αυστηρών ορίων και την ύπαρξη πληθώρας αντιρρυπαντικών τεχνολογιών, η ηλεκτροπαραγωγή από καύση λιγνίτη αποτελεί βασική αιτία για την πρόκληση αρνητικών επιπτώσεων τόσο στην υγεία των ανθρώπων όσο και στο περιβάλλον. Γι' αυτό το λόγο, κρίνεται απαραίτητο η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να πραγματοποιείται με όσο το δυνατόν φιλικότερους περιβαλλοντικά όρους, μέσω της χρήσης προηγμένων συστημάτων αντιρρύπανσης. Κινούμενοι προς αυτόν τον άξονα, οι κατασκευαστές των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να εναρμονίζονται με τους ολόενα και αυστηρότερους περιβαλλοντικούς όρους.

Στο πλαίσιο αυτό, η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με τρόπο, όμως, τέτοιο που η επέμβαση στο περιβάλλον να μην είναι μεγάλη και να μη δημιουργείται αισθητικό πρόβλημα, είναι ένα σημαντικό βήμα. Είναι απαραίτητος, λοιπόν, ο κατάλληλος συνδυασμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και καύση λιγνίτη.

Καταλήγοντας, είναι εμφανές ότι παρόλες τις αρνητικές επιπτώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από καύση άνθρακα, μια πιθανή κατάργηση των ήδη εγκατεστημένων συμβατικών σταθμών θα προκαλούσε τεράστιο οικονομικό και κοινωνικό πρόβλημα. Γι' αυτό το λόγο, πρέπει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να συνοδεύεται στο μέλλον με όσο το δυνατόν λιγότερες αρνητικές συνέπειες και να συμβάλλει στην ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΑΔΜΗΕ, Μελέτη επάρκειας ισχύος για τη περίοδο 2017-2027, Αθήνα, Μάρτιος 2017
- [2] Έκθεση Λειτουργία του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου, Τομέας λειτουργίας ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, 2019
- [3] Αργυράκης, Ι. Γ. "Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ ΑΕ και η συμβολή τους στην κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών της Χώρας." 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, ΤΕΕ - Τμήμα Κεντρικής & Δυτικής Θεσσαλίας, Λάρισα, Νοέμβριος 2008.
- [4] Λαγός, Δ., "Προοπτικές ηλεκτροκίνησης με μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ στην Ελλάδα." Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2019.
- [5] Μαρκοπούλου, Α., "Σύγκριση κόστους παραγωγής Ηλεκτρικού Ρεύματος από λιγνίτη και ΑΠΕ σε συνδυασμό με την αντλησιοταμίευση." Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Δίκαιο και Μηχανική της Ενέργειας», Τμήμα Νομικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Νο. GRI-2019-24423, 2019.
- [6] Ζαρουκιάν, Β., "Γραμμές παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας." Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΤΕ, Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, 2016.
- [7] Ντοκόπουλος, Π., "Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Μαθήματος Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία ΙΙ". Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2005.
- [8] Μαλκάκης Σταύρος. "Παραγωγή μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας στη νήσο Λέσβο", Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΤΕ, Τ.Ε.Ι. Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης, 2014.
- [9] Ζησδάκης Χ. «Ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λιγνιτικής Μονάδας παραγωγής ηλεκτρισμού ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ – σύγκριση με Μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού με καύσιμο φυσικό αέριο», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2011
- [10] Ισμαηλίδης Α. «Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και περιβάλλον», Διπλωματική Εργασία, , Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Τ.Ε.Ι Κρήτης, Χανιά, 2005
- [11] Παπαδόπουλος Θ. "Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη", Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2015.
- [12] Τομέας περιβάλλοντος ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου (2019)
- [13] Εγχειρίδιο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης ISO 14001 ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, 2011

- [14] ΑΔΜΗΕ, Ελληνικό Διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, Ανάκτηση από <http://www.admie.gr>, [http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS\\_DSES/XARTIS/GREECE\\_MAP\\_2013.pdf](http://www.admie.gr/fileadmin/groups/EDAS_DSES/XARTIS/GREECE_MAP_2013.pdf), Ημερομηνία επίσκεψης ιστοσελίδας 24/5/2020.
- [15] ΓΔΠ/ΔΕΘ/ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, “Εγχειρίδιο συστήματος διαχείρισης παραγωγικής αλυσίδας”, 2013
- [16] Αλεξανδρίδης, Χρήστος. "Διαχείριση των αέριων ρύπων στη βιομηχανία. Η περίπτωση του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>).", Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., Τ.Ε.Ι. Κεντρικής Μακεδονίας, 2010.
- [17] Ζιώμας, Αλέξανδρος. “Τεχνολογίες μείωσης αέριας ρύπανσης σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας”. Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ «Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας» του Πανεπιστημίου Πειραιώς και της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2010.
- [18] Βούλγαρης, Ι. “Πηγές ενέργειας και η μετατροπή τους σε ηλεκτρική ενέργεια”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχ. Η/Υ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2005.
- [19] Καπλάνης Σ.Ν., “Περιβάλλον Και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας”, Εκδόσεις ΙΩΝ ISBN: 978-960-411-429-0, pp.192, 2003
- [20] Χρέμου Ε., “Μακροχρόνιες Μεταβολές στις εκπομπές των αερίων ρύπων στην Ελλάδα”, Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ «Συστήματα διαχείρισης ενέργειας & προστασίας περιβάλλοντος» του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς και της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2013
- [21] Γκίκα, Ε., “Η περιβαλλοντική πολιτική της ΕΕ και η εφαρμογή της στην Ελλάδα: πολιτικές για την ατμοσφαιρική ρύπανση.” Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ «Συστήματα διαχείρισης ενέργειας & προστασίας περιβάλλοντος» του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς και της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Πανεπιστήμιο Πειραιώς. 2004.
- [22] Σδούγκας, Γ. και Α. Χατζηκώστας. “Το πρωτόκολλο του Κιότο και η εφαρμογή του στην Ελλάδα”, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Λογιστικής, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, 2014.
- [23] Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, “Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δυτικής Μακεδονίας 2015-2019, Μέρος Α: Στρατηγικός Σχεδιασμός”, 2015
- [24] Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Θερμοηλεκτρικών Σταθμών, “Παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας, Παράρτημα ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου”, 2014

- [25] Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Θερμοηλεκτρικών Σταθμών, “Παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας, Παράρτημα ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου”, 2015
- [26] Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Θερμοηλεκτρικών Σταθμών, “Παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας, Παράρτημα ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου”, 2016
- [27] Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Θερμοηλεκτρικών Σταθμών, “Παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας, Παράρτημα ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου”, 2017
- [28] Διεύθυνση Εκμετάλλευσης Θερμοηλεκτρικών Σταθμών, “Παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων λειτουργίας, Παράρτημα ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου”, 2018
- [29] Ραψομανίκης Σ.Χ., και Καστρινάκης Ε. Γ., “ Βασικές αρχές αντιρρυπαντικής τεχνολογίας ατμοσφαιρικών ρύπων”, pp. 364, ISBN 978-960-418-169-8, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε., 2009
- [30] Καραθανάσης Στ., “Ατμοσφαιρική ρύπανση”, pp. 352, ISBN 960-418-096-7, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε., 2006
- [31] Γεντεκάκης Ι., “Ατμοσφαιρική ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες”, pp. 784, ISBN 978-960-461-394-6, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕ, 2010
- [32] Cooper C. D., and Alley F. C, “Έλεγχος αέριας ρύπανσης”, pp. 798, ISBN 960-418-039-8, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕ, 2004