



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Εκπομπές αερίων ρύπων ελληνικών λιγνιτικών ατμοηλεκτρικών σταθμών

Διπλωματική Εργασία

Φωτόπουλος Γεώργιος

Τριμελής επιτροπή

Ιωάννης Φίλης, Καθηγητής (επιβλέπων)

Βασίλειος Κονικόγλου, Καθηγητής

Γεώργιος Τσιναράκης, Διδάσκων Π.Δ 407

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη, τη συμπαράσταση και την αγάπη τους.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Γιάννη Φίλη για τις εύστοχες παρατηρήσεις και κατευθύνσεις που μου παρείχε στην πορεία της εργασίας, καθώς και την εξαιρετική συνεργασία μας καθ' όλη της διάρκεια της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του Υπουργείου Περιβάλλοντος για την βοήθεια που προσέφερε όσον αφορά τη συλλογή των στοιχείων για εκπομπές αερίων ρύπων και το προσωπικό της ΔΕΗ για την παραχώρηση των στοιχείων της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τους λιγνιτικούς σταθμούς.

Εισαγωγή

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια :

Στο 1^ο Κεφάλαιο παρατίθενται τα κοιτάσματα και οι περιοχές του λιγνίτη στον ελλαδικό χώρο. Στην συνέχεια, αναλύονται τα στοιχεία τα οποία περιλαμβάνει ο λιγνίτης και η θερμογόνο δύναμη του ελληνικού λιγνίτη. Επίσης, παρουσιάζεται η παραγωγή λιγνίτη της Ελλάδας της τελευταίας εικοσαετίας και η παραγωγή λιγνίτη παγκοσμίως ανά χώρα. Στο τέλος του κεφαλαίου, παρουσιάζεται το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας και γίνεται μια ιστορική αναδρομή στους λιγνιτικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας της Ελλάδας.

Στο 2^ο Κεφάλαιο αναλύονται οι αέριοι ρύποι, οι οποίοι παράγονται κατά την καύση του λιγνίτη και τα βαρέα μέταλλα, τα οποία εκλύονται στην ατμόσφαιρα.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρατίθενται τα δεδομένα των εκπομπών αερίων ρύπων και βαρέων μετάλλων των ελληνικών λιγνιτικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Επίσης, γίνεται μια σύγκριση με ομοειδείς σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα μέτρα πρόληψης της ρύπανσης από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, τα οποία χωρίζονται, στα πρωτογενή μέτρα και στα μέτρα μετά την παραγωγική διαδικασία.

Στο 5^ο Κεφάλαιο επικεντρώνεται στις επιπτώσεις των αερίων ρύπων και των βαρέων μετάλλων στην υγεία, με ιδιαίτερη έμφαση στις επιπτώσεις στην υγεία, εκείνες που προκαλούνται από τον υδράργυρο.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1

Λιγνίτης

Εισαγωγή

1.1 Κοιτασματολογία του λιγνίτη.....	7
1.2 Περιοχές του λιγνίτη.....	8
1.3 Παραγωγή λιγνίτη.....	9
1.4 Στοιχειακή ανάλυση λιγνίτη.....	11
1.5 Θερμογόνος δύναμη λιγνίτη.....	11
1.6 Ενεργειακό ισοζύγιο στην Ελλάδα.....	13
1.7 Λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας.....	14

Κεφάλαιο 2

Εκπομπές αερίων ρύπων

Εισαγωγή

2.1 Συμβατικοί ρύποι.....	17
2.1.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2).....	17
2.1.2 Νιτρικά οξείδια (NO_x).....	18
2.1.3 Διοξείδιο του θείου (SO_2).....	19
2.1.4 Μονοξείδιο του θείου (CO)	21
2.1.5 Αιωρούμενα σωματίδια (PM)	22
2.2 Βαρέα μέταλλα.....	24
2.3 Συνολικές εκπομπές συμβατικών ρύπων και βαρέων μετάλλων.....	26

Κεφάλαιο 3

Εκπομπές αερίων ρύπων ατμοηλεκτρικών σταθμών

Εισαγωγή

3.1 ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α.....	27
3.2 ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β.....	31
3.3 ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου.....	34
3.4 ΑΗΣ Αμυνταίου.....	40
3.5 ΑΗΣ Καρδιάς.....	46
3.6 ΑΗΣ Πτολεμαΐδας.....	52
3.7 ΑΗΣ Μελίτης.....	58
3.8 Ρυθμοί εκπομπών αερίων ρύπων.....	61
3.9 Ρυθμοί εκπομπών βαρέων μετάλλων.....	67
3.10 Ομοειδείς σταθμοί.....	74

Κεφάλαιο 4

Μέτρα για την πρόληψη της ρύπανσης

Εισαγωγή

4.1 Πρωτογενή μέτρα.....	82
4.1.1 Περίσσεια αέρα (Συντελεστής λ).....	82
4.1.2 Διαβάθμιση λειτουργίας καυστήρων.....	85
4.1.3 Μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας στη φλόγα.....	85
4.1.5 Εγκατάσταση καυστήρα χαμηλών NO _x	85
4.1.6 Διαβάθμιση καυσίμου και ανάκαυση.....	85
4.1.7 Διαβάθμιση αέρα και μετάκαυση.....	85

4.2 Μέτρα περιορισμού της ρύπανσης μετά την παραγωγική διαδικασία.....	86
4.2.1 Εκλεκτική καταλυτική αναγωγή (ΕΚΑ).....	86
4.2.2 Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή (ΕΜΚΑ).....	88
4.2.3 Υγρές πλυντρίδες.....	88
4.2.4 Αποθείωση.....	89
4.2.5 Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (Η/Σ Κ).....	92
4.2.6 Μέθοδος εισαγωγής απορροφητικού για απομάκρυνση Υδραργύρου (Hg).....	93

Κεφάλαιο 5

Επιπτώσεις στην υγεία

Εισαγωγή

5.1 Υδράργυρος (Hg).....	95
5.2 Νιτρικά οξείδια(NO_x).....	98
5.3 Διοξείδιο του θείου(SO_2).....	99
5.4 Αιωρούμενα σωματίδια(PM).....	100
5.5 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	101
5.6 Βαρέα μέταλλα.....	104

Βιβλιογραφία

Ιστοσελίδες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Λιγνίτης

Εισαγωγή

Ο λιγνίτης κατέχει πρωτεύοντα ρόλο στην παραγωγή ενέργειας των σταθμών παραγωγής της Ελλάδος, και η Ελλάδα αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους παραγωγούς λιγνίτη παγκοσμίως, και τα εναπομείναντα αποθέματά του δείχνουν ότι θα παραμείνει η κύρια πηγή ενέργειας. Οι ελληνικοί λιγνίτες ποικίλλουν όσον αφορά στην σύστασή τους και την θερμογόνο δύναμη τους. Οι υπάρχοντες λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας άρχισαν να κατασκευάζονται το 1957 με τελευταίο το 2003.

1.1 Κοιτασματολογία του λιγνίτη

Οι λιγνίτες ανήκουν στις στέρεες ορυκτές καύσιμες ύλες με τη γενική ονομασία γαιάνθρακες και προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα. Η μετατροπή των φυτών σε τύρφη και η μετάβαση αυτών από την τύρφη (αρχικό στάδιο ενανθράκωσης) στον ανθρακίτη (τελικό στάδιο ενανθράκωσης) είναι συνάρτηση της επίδρασης του χρόνου, της θερμοκρασίας και της πίεσης.

Η αύξηση του βαθμού ενανθράκωσης επηρεάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γαιανθράκων. Οι λιγνίτες σχηματίστηκαν κατά τα πρώτα στάδια της ενανθράκωσης αμέσως μετά την τύρφη. Για το σχηματισμό ενός κυβικού μέτρου λιγνίτη, έχει υπολογισθεί ότι απαιτείται χρονικό διάστημα 1000 έως 4000 ετών.

Κατάλληλες συνθήκες για το σχηματισμό λιγνιτών στον ελλαδικό χώρο επικράτησαν, κατά περιόδους και κατά περιοχές οι κατάλληλες συνθήκες από τις αρχές του Καινοζωικού αιώνα μέχρι τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους.

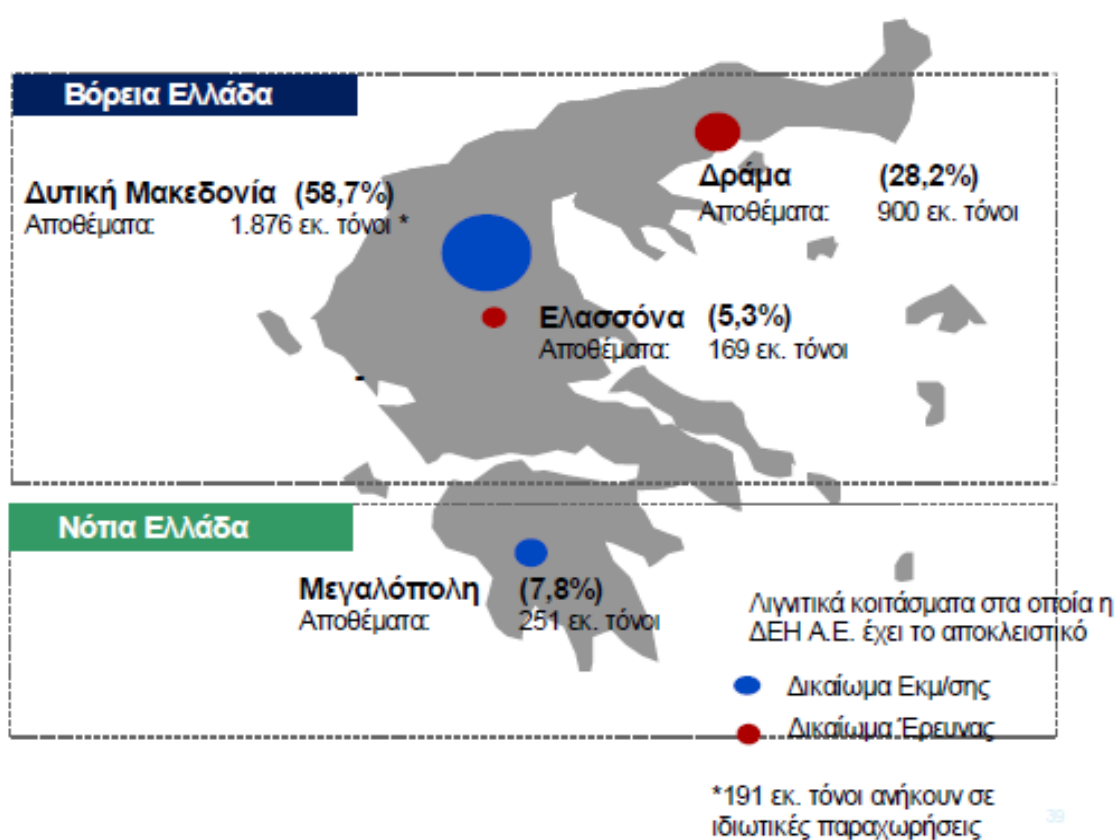
1.2 Περιοχές του λιγνίτη

Τα συνολικά βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στη χώρα ανέρχονται σε περίπου 5 δις. τόνους. Τα κοιτάσματα αυτά παρουσιάζουν αξιοσημείωτη γεωγραφική εξάπλωση στον ελληνικό χώρο. Με τα σημερινά τεχνικο-οικονομικά δεδομένα, τα κοιτάσματα που είναι κατάλληλα για ενεργειακή εκμετάλλευση, ανέρχονται σε περίπου 3,2 δις τόνους και ισοδυναμούν με 450 εκ. τόνους πετρελαίου.

Πίνακας 1 Κοιτάσματα

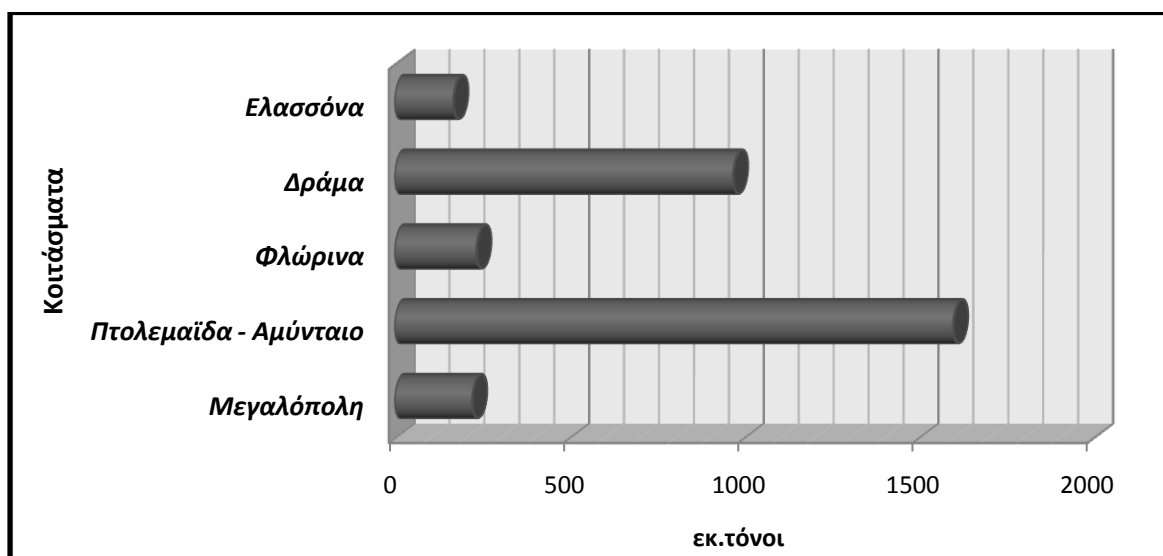
Περιοχή	Εκμεταλλεύσιμα αποθέματα (σε εκ. τόνους)
Μεγαλόπολη	251
Πτολεμαΐδα – Αμύνταιο	1600
Φλώρινα	276
Δράμα	900
Ελασσόνα	169

Εικόνα 1 Περιοχές κοιτασμάτων



Τα κυριότερα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη βρίσκονται στις περιοχές Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου και Φλώρινας, με υπολογισμένο απόθεμα 1,8 δις τόνους, στην περιοχή της Δράμας με απόθεμα 900 εκ. τόνους και στην περιοχή Ελασσόνας με 169 εκ. τόνους. Επίσης στην Πελοπόννησο, περιοχή Μεγαλόπολης, υπάρχει λιγνιτικό κοιτάσμα με απόθεμα περίπου 223 εκ. τόνους. Μέχρι σήμερα οι εξορυχθείσες ποσότητες λιγνίτη φτάνουν περίπου στο 29% των συνολικών αποθεμάτων. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι εκτός από λιγνίτη η Ελλάδα διαθέτει και ένα μεγάλο κοιτάσμα Τύρφης στην περιοχή των Φιλιππων (Ανατολική Μακεδονία).

Εικόνα 2 Εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη



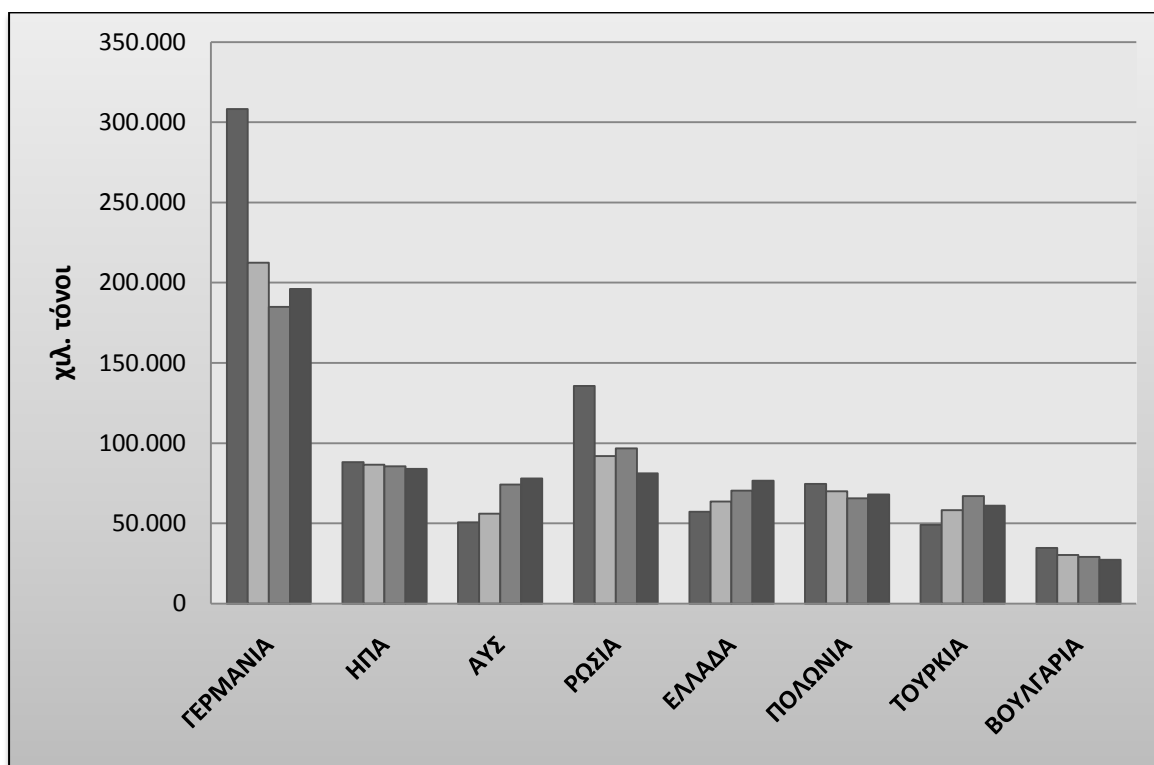
1.3 Παραγωγή λιγνίτη

Η παγκόσμια παραγωγή λιγνίτη έχει μειωθεί σε σχέση με το 1990, η Γερμανία παραμένει η κύρια παραγωγός χώρα, αν και τα τελευταία 20 χρόνια παρατηρείται μια σταδιακή μείωση λόγω της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της εισχώρησης του φυσικού αερίου στην αγορά ενέργειας. Οι αναπτυγμένες χώρες λόγω των μεγάλων εκπομπών ρυπαντών τους οποίους έδινε ο λιγνίτης μετά την καύση του, στραφήκαν στις φιλικότερες προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας, όπως είναι το φυσικό αέριο και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από την άλλη, οι αναπτυσσόμενες χώρες λόγω της χαμηλής τιμής ενέργειας που δίνει ο λιγνίτης έχουν αυξήσει την εξόρυξή του.

Πίνακας 2 Παραγωγή Λιγνίτη (σε χιλ. τόνους)

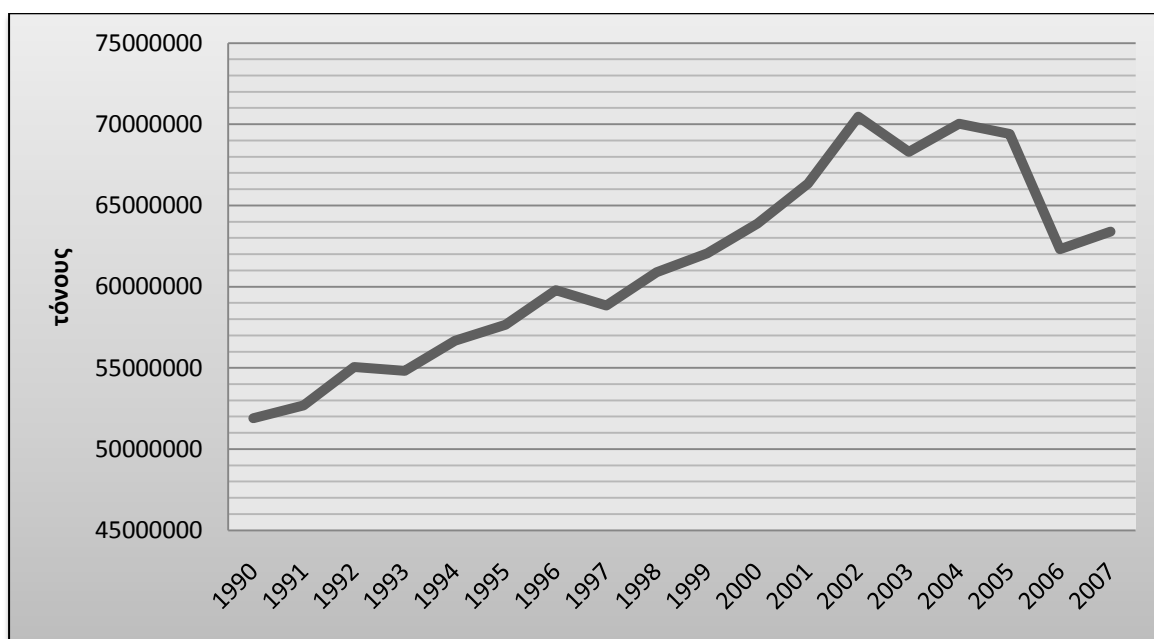
	1990	1995	2000	2005
<i>Γερμανία</i>	308.182	212.477	184.848	196.109
<i>ΗΠΑ</i>	88.090	86.500	85.561	83.942
<i>Αυστραλία</i>	50.695	55.945	74.178	77.966
<i>Ρωσία</i>	135.614	91.841	96.768	81.205
<i>ΕΛΛΑΔΑ</i>	57.206	63.561	70.423	76.498
<i>Πολωνία</i>	74.499	70.049	65.573	67.942
<i>Τουρκία</i>	48.950	58.156	67.080	60.938
<i>Βουλγαρία</i>	34.758	30.257	29.006	27.212

Εικόνα 3 Παραγωγή λιγνίτη (παγκοσμίως)



Η Ελλάδα είναι δεύτερη σε παραγωγή λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και πέμπτη παγκοσμίως. Τα τελευταία 20 χρόνια η παραγωγή λιγνίτη έχει αυξηθεί κατά 40% και με βάση τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα που υπάρχουν στον ελλαδικό χώρο, ο λιγνίτης θα παραμείνει η κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας.

Εικόνα 4 Παραγωγή λιγνίτη (Ελλάδα)



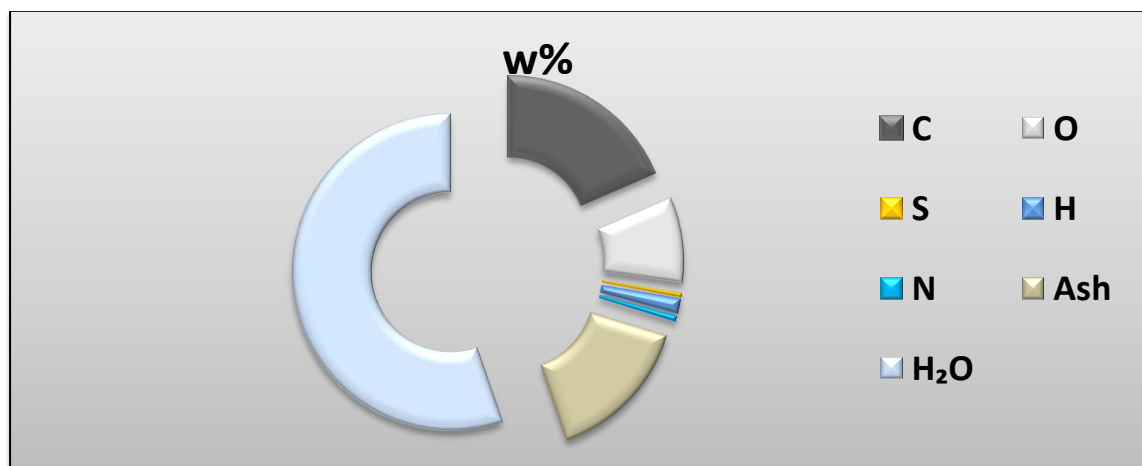
1.4 Στοιχειακή ανάλυση λιγνίτη

Ο λιγνίτης είναι οργανικής προελεύσεως πέτρωμα, του οποίου το κύριο στοιχείο είναι ο άνθρακας. Περιέχει, επίσης, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο. Είναι πέτρωμα χωρίς σχηματισμένους κρυστάλλους, δηλ. άμορφος. Ο Πίνακας 3 δείχνει την περιεκτικότητα των στοιχείων του λιγνίτη, στις λεκάνες της Φλώρινας, της Πτολεμαΐδας και της Μεγαλόπολης. Παρατηρούμε την μικρή τιμή περιεκτικότητας σε υγρασία(H_2O) που έχει ο λιγνίτης της λεκάνης της Φλώρινας με αποτέλεσμα να έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη, αλλά και την μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο (S) που έχει ο λιγνίτης της λεκάνης της Μεγαλόπολης, με αποτέλεσμα να οδηγεί σε μεγάλες εκπομπές SO_2 .

Πίνακας 3 Στοιχειακή ανάλυση

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Περιεκτικότητα w %		
	Περιοχή		
	<u>ΦΛΩΡΙΝΑ</u>	<u>ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ</u>	<u>ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ</u>
C	27	18,5	14,7
O	13,5	8,7	6,8
H	2	1,5	1,2
N	0,6	0,6	0,8
S	0,7	0,4	1,4
Τέφρα	16,5	15	15
H_2O	39,7	55,3	60,1

Εικόνα 5 Στοιχειακή ανάλυση (μέσες τιμές)



1.5 Θερμογόνος δύναμη λιγνίτη

Η θερμογόνος δύναμη είναι η κύρια ενεργειακή ιδιότητα μιας ουσίας. Ορίζει την ποσότητα θερμότητας, η οποία ελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση της μονάδας ποσότητας της ουσίας. Η αποδοτικότητα των σταθμών ενέργειας

στην Ευρώπη υπολογίζεται με βάση την *Κατώτερη Θερμογόνου Δύναμη*, ενώ στις Η.Π.Α υπολογίζεται με βάση την *Ανώτερη Θερμογόνου Δύναμη*.

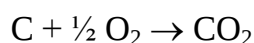
Κατώτερη θερμογόνου δύναμη (ΚΘΔ)

Η κατώτερη θερμογόνου δύναμη δεν περιλαμβάνει τη θερμότητα που είναι αναγκαία για την εξάτμιση του υδρατμού, ο οποίος σχηματίζεται κατά την καύση και αποβάλλεται κανονικά με τα καυσαέρια μέσω της καπνοδόχου.

Ανώτερη θερμογόνου δύναμη (ΑΘΔ)

Η ανώτερη θερμογόνου δύναμη περιλαμβάνει την ποσότητα της θερμότητας η οποία κατά τη διεργασία της καύσης μεταφέρεται στα καυσαέρια εξ αιτίας της εξάτμισης του νερού στα συστατικά της.

Για το θεωρητικό υπολογισμό της ΑΘΔ του λιγνίτη λαμβάνεται υπόψη η θερμική ενέργεια που παράγει η πλήρης καύση (εξώθερμη αντίδραση) του C προς CO₂, που ως γνωστόν είναι - 94030 cal/mol = -393.5 kJ/mol.



Το αρνητικό πρόσημο (-94030 cal/mol) της αντίδρασης σημαίνει ότι κατά την καύση εκλύεται θερμότητα, δηλαδή η αντίδραση είναι έντονα εξώθερμη. Η καύση 12 g (1 mole) άνθρακα δίνει ενέργεια:

$$\frac{94030}{12} = \frac{7835}{g \text{ C}} = 32.79 \frac{kJ}{g \text{ C}} \text{ (υπο μορφή CO}_2\text{)}$$

Εξίσωση προσδιορισμού θερμογόνου δύναμης ανθράκων

Για τον υπολογισμό της Α.Θ.Δ. των ανθράκων έχουν προταθεί επίσης εξισώσεις οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τις επί τοις % (στοιχειακές) περιεκτικότητες των ορυκτών ανθράκων σε C, H, O, S και N όπως επίσης και την % περιεκτικότητά σε ανόργανες ύλες (τέφρα). Μια τέτοια εξίσωση (Channiwala, 1992) είναι η παρακάτω:

Η θερμογόνου δύναμη προσδιορίζεται σε **kJ/g καυσίμου**.

$$HHV = 0.3491 * C + 1.178 * H - 0.1034 * O - 0.0211 * A + 0.1005 * S - 0.0151 * N$$

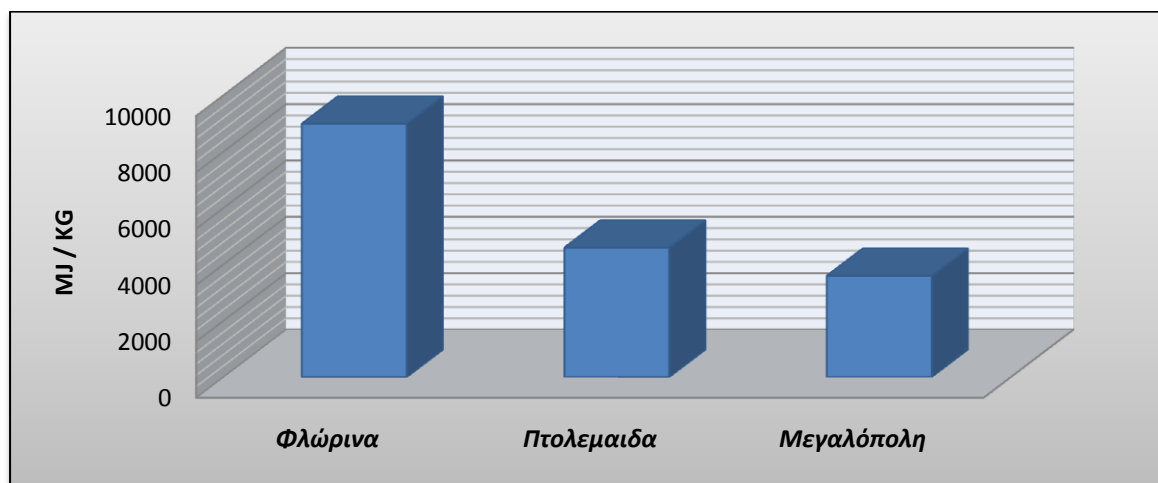
Όπου C, H, O, S, N, A είναι οι w % περιεκτικότητες σε

C : Άνθρακας
H : Υδρογόνο
O : Οξυγόνο
S : Θείο
N : Άζωτο
A : Τέφρα

Πίνακας 4 Θερμογόνος δύναμη ελληνικού λιγνίτη

Θερμογόνος δύναμη ελληνικού λιγνίτη (ΚΘΔ)	
Περιοχή	MJ / Kg
Φλώρινα	9000
Πτολεμαΐδα	4600
Μεγαλόπολη	3600

Εικόνα 6 Θερμογόνος δύναμη ελληνικού λιγνίτη



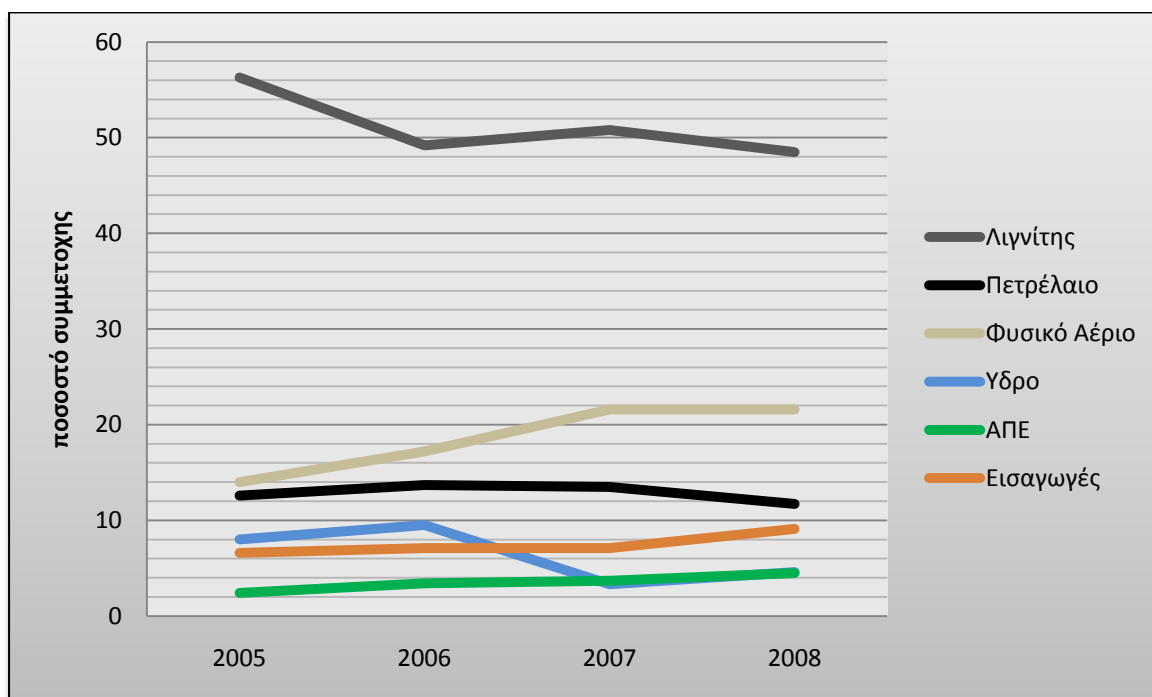
1.6 Ενεργειακό ισοζύγιο στην Ελλάδα

Το εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι η επίσημη καταγραφή των εισροών και εκροών ενέργειας μιας χώρας. Το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας βασίζεται κυρίως στην παραγωγή ενέργειας από λιγνίτη και ακολουθεί το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο (μαζούτ, ντίζελ): υπάρχει συμμετοχή των υδροηλεκτρικών πηγών ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών, το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδος συμπληρώνουν οι εισαγωγές ενέργειας.

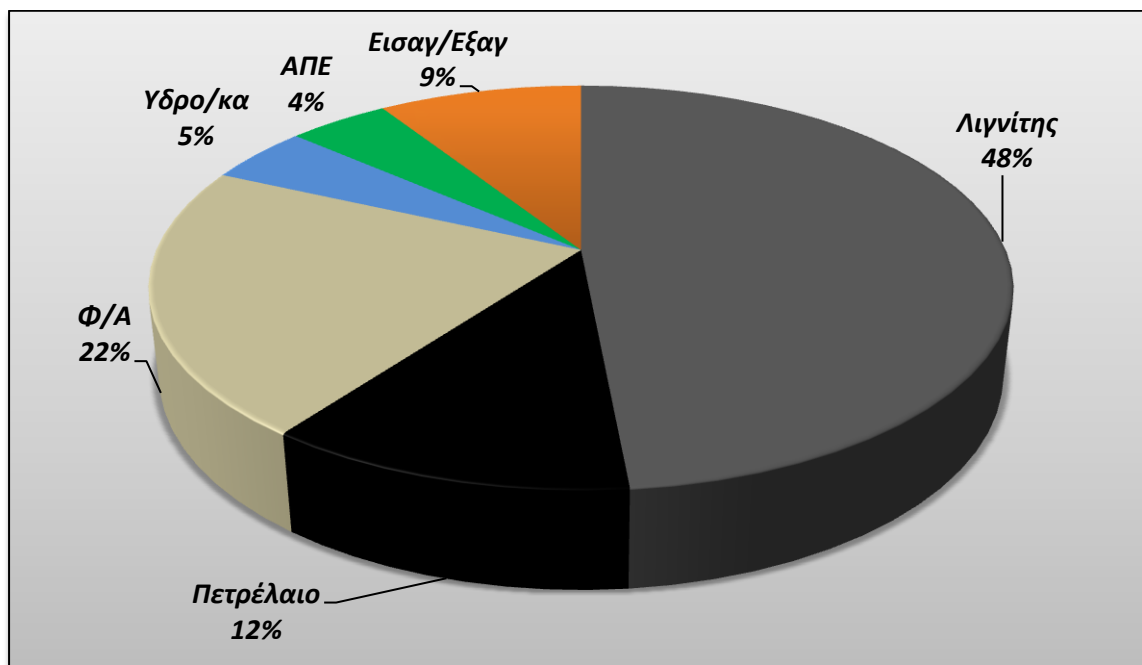
Πίνακας 5 Ενεργειακό ισοζύγιο (2005 - 2008)

Πηγή Ενέργειας	2005 (%)	2006 (%)	2007 (%)	2008 (%)
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	56,3	49,2	50,8	48,5
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	12,6	13,7	13,5	11,7
Φ/Α	14	17,2	21,6	21,6
ΥΔΡΟ/ΚΑ	8	9,5	3,3	4,6
ΑΠΕ	2,4	3,4	3,7	4,5
ΕΙΣΑΓ/ΕΞΑΓ	6,6	7,1	7,1	9,1

Εικόνα 7 Ενεργειακό ισοζύγιο (2005 -2008)



Εικόνα 8 Ενεργειακό ισοζύγιο (2008)



1.7 Λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας

Ιστορική αναδρομή

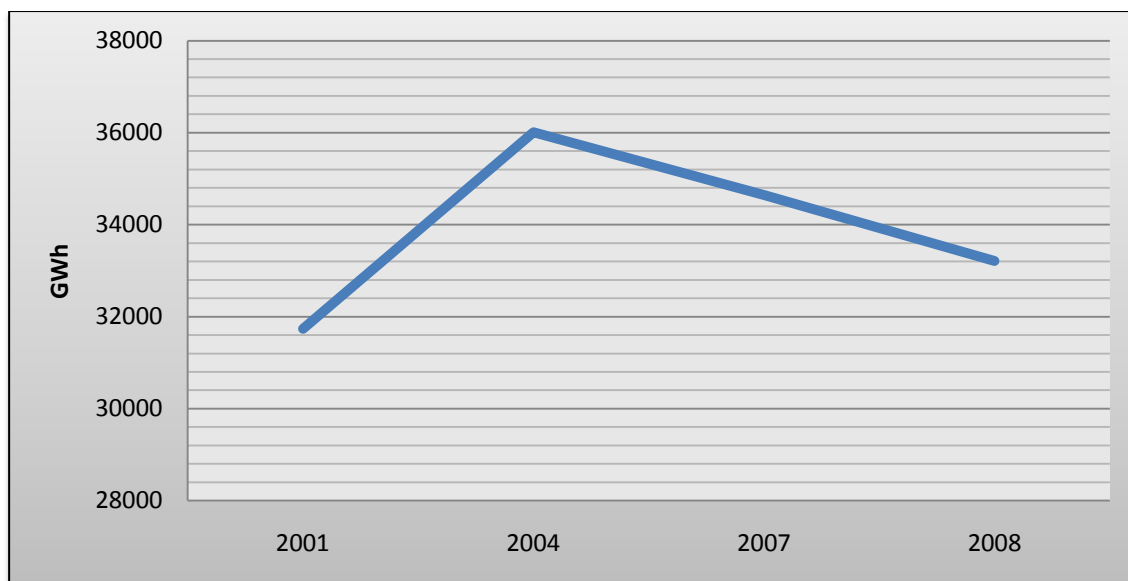
Το 1957 άρχισε η κατασκευή της μονάδας I ΑΗΣ Πτολεμαΐδας ισχύος 70 MW και τέθηκε σε λειτουργία το 1959. Το 1962 συνδέθηκε στο δίκτυο η μονάδα II της Πτολεμαΐδας ισχύος 125 MW. Το 1965 τέθηκε σε λειτουργία η μονάδα III του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Η εγκατάσταση της επόμενης λιγνιτικής μονάδας (μονάδα IV) ισχύος 300 MW μπήκε σε λειτουργία το 1972, όταν το δίκτυο είχε ισχυροποιηθεί και μπορούσε να κρατηθεί τροφοδοτούμενο από μονάδα 300 MW. Παράλληλα, με την ανάπτυξη του νέου λιγνιτωρυχείου Καρδιάς κατασκευάστηκαν και μπήκαν σε λειτουργία το 1975 οι Μονάδες I & II του ΑΗΣ Καρδιάς ισχύος 2 x 300 MW, για να συμπληρωθεί ο σταθμός αυτός με τις Μονάδες III και I V ισχύος 2 x 325 MW το 1980-81.

Στη συνέχεια, οι μονάδες I και II του ΑΗΣ Μεγαλόπολης τέθηκαν σε λειτουργία το 1970, η μονάδα III τέθηκε σε λειτουργία το 1975 και είναι ισχύος 300 MW. Στο δίκτυο το 1984, συνδέθηκαν οι Μονάδες I και II του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου ισχύος 2 X 300 MW και κατά τα έτη 1985 και 1986 οι Μονάδες III & I V ισχύος 2 X 310 MW. Το 1987 τέθηκε σε λειτουργία οι μονάδες I και II του ΑΗΣ Αμυνταίου. Το 1990 τέθηκε σε λειτουργία η μονάδα V στην Μεγαλόπολη ισχύος 300 MW. Ο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου συμπληρώθηκε με την Μονάδα V ισχύος 375 MW που τέθηκε σε λειτουργία το 1997. Τέλος τον Ιούνιο του 2003 τέθηκε σε λειτουργία η Μονάδα I της Μελίτης Φλώρινας 330 MW.

Πίνακας 6 Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί ενέργειας

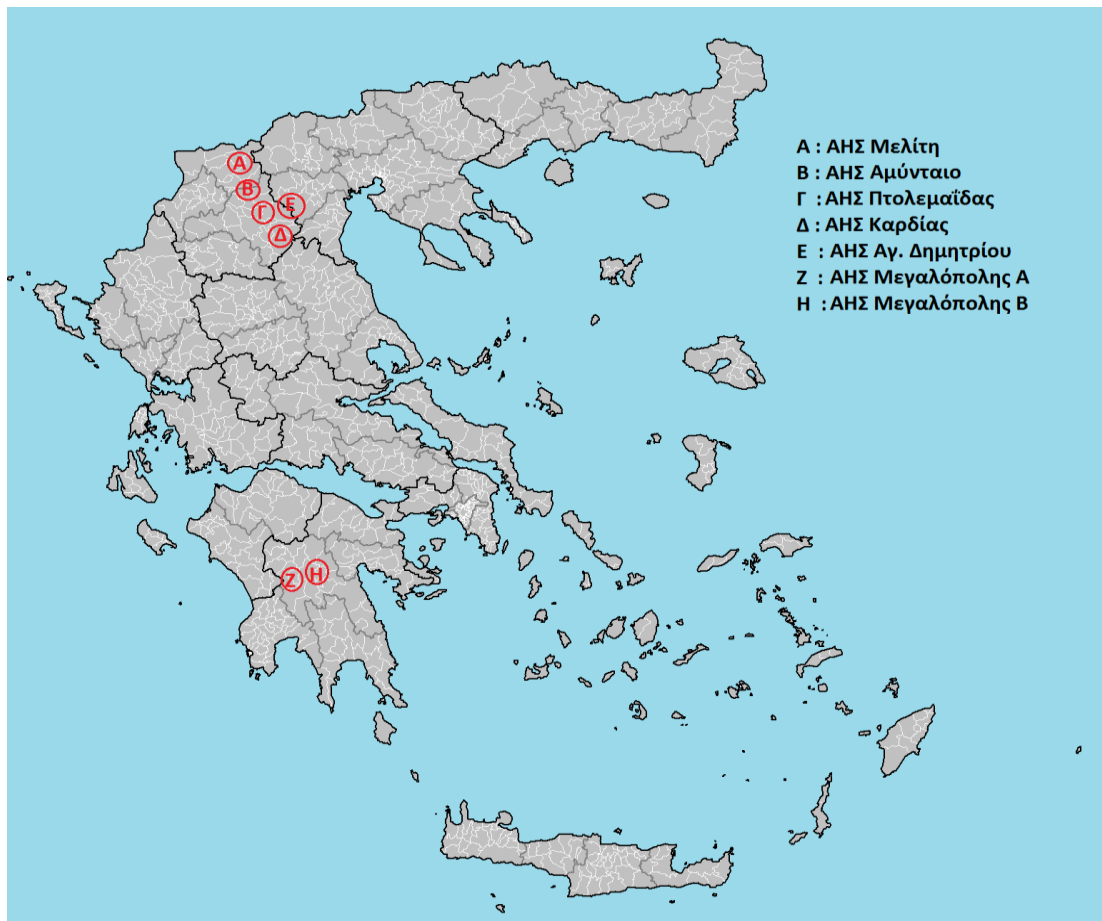
Σταθμός	Μονάδες	Ισχύς (MW)	Περιοχή
Αγ.Δημητρίου	5	1595	Μακεδονία
Καρδιάς	4	1250	Μακεδονία
Πτολεμαΐδας	4	620	Μακεδονία
Αμύνταιου	2	600	Μακεδονία
Μεγαλόπολης Α	3	550	Πελοπόννησος
Μεγαλόπολης Β	1	300	Πελοπόννησος
Μελίτης	1	330	Μακεδονία

Εικόνα 9 Συνολική παραχθείσα ενέργεια



Στην εικόνα 10 παρατίθεται η γεωγραφική τοποθεσία των λιγνιτικών ατμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Παρατηρούμε ότι στο μεγάλο λιγνιτικό κοιτάσμα της δυτικής Μακεδονίας, έχει εγκατασταθεί το μεγαλύτερο μέρος των ΑΗΣ.

Εικόνα 10 Γεωγραφική τοποθεσία



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εκπομπές αερίων ρύπων

Εισαγωγή

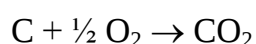
Σε αυτό κεφάλαιο, θα γίνει παρουσίαση των ρυπαντών τους οποίους εκλύουν οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα νιτρικά οξείδια (τα οποία περιλαμβάνουν το νιτρικό οξείδιο (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το υποοξείδιο του αζώτου (N₂O)), τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι οι κύριοι ρυπαντές.

Επίσης, θα γίνει παρουσίαση των βαρέων μετάλλων τα οποία εκλύονται από τους σταθμούς: ο Υδράργυρος (Hg), το Αρσενικό (As), το Χρώμιο (Cr), το Νικέλιο (Ni) και ο Ψευδάργυρος (Zn) είναι τα κύρια βαρέα μέταλλα που εκλύονται από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

2.1 Συμβατικοί ρύποι

2.1.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Σε υψηλές θερμοκρασίες αποκτά μια όξινη οσμή. Το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται από την καύση του άνθρακα σε περίσσεια αέρα

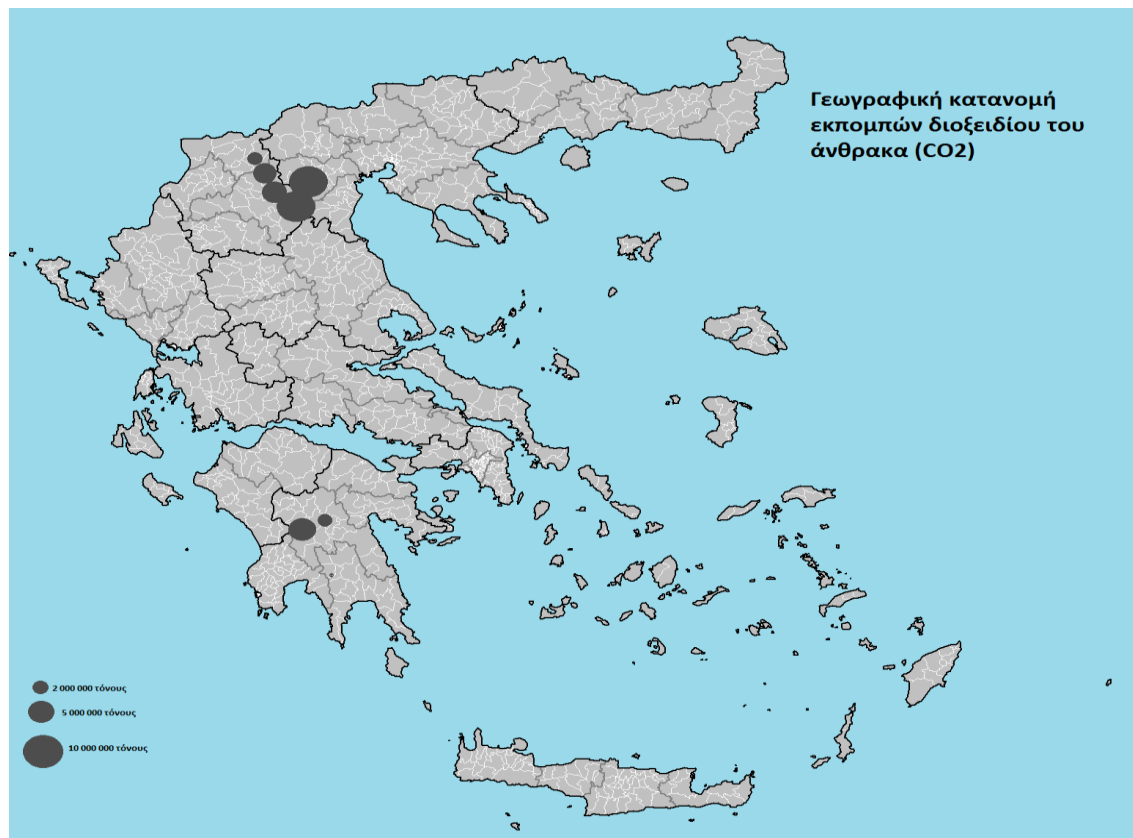


Εικόνα 11 Σύνολο εκπομπών CO₂



Το σύνολο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα από τους λιγνιτικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας την τελευταία δεκαετία έχει μειωθεί κατά 7%. Σε αυτό, έχει συμβάλει το φυσικό αέριο το οποίο έχει πλέον καταλάβει μεγάλο μερίδιο στο εθνικό ισοζύγιο ενέργειας και η εισχώρηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Εικόνα 12 Γεωγραφική κατανομή εκπομπών CO₂ (2008)

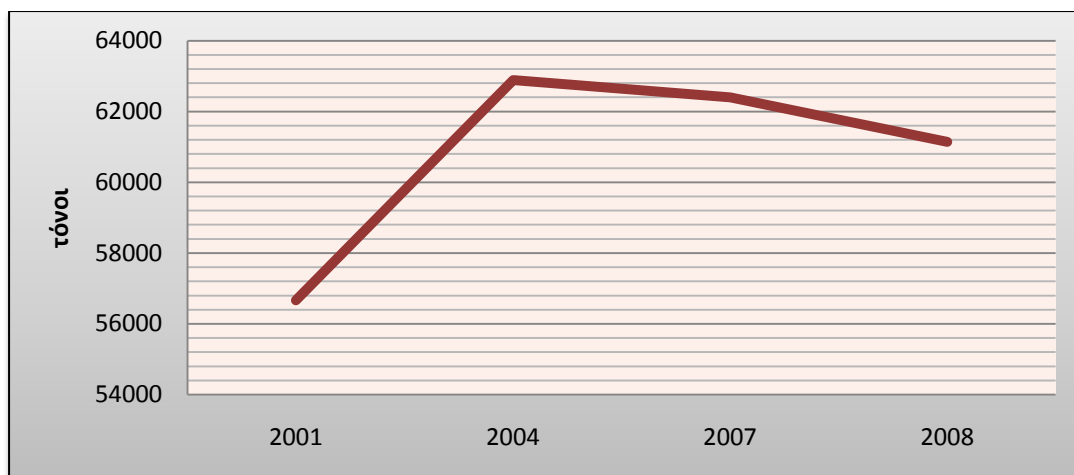


2.1.2 Νιτρικά οξείδια (NO_x)

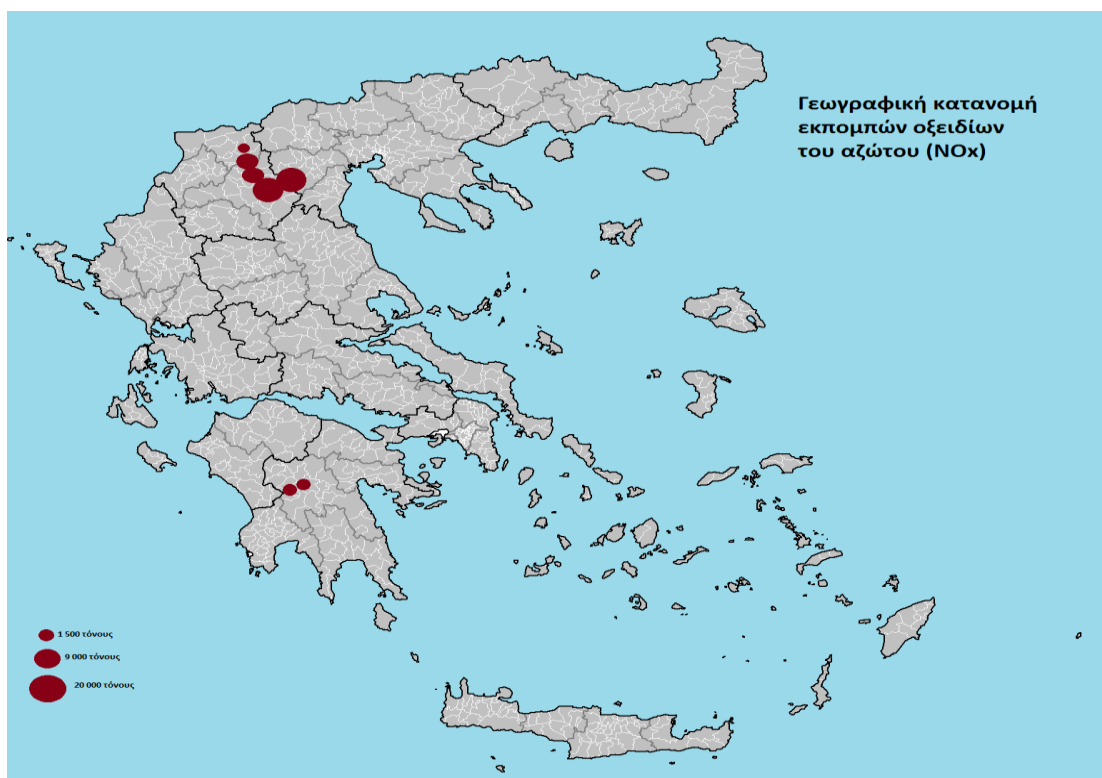
Τα νιτρικά οξείδια αποτελούνται από διάφορες ενώσεις του αζώτου, το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), νιτρικό οξείδιο (NO) και το υποοξείδιο του αζώτου (N₂O).

Στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες, το οξυγόνο και το άζωτο δεν θα αντιδράσουν το ένα με το άλλο. Στους λέβητες των σταθμών, η καύση ενός μείγματος αέρα και καυσίμων παράγει τις θερμοκρασίες καύσης, οι οποίες είναι αρκετά υψηλές, ώστε να οδηγήσει τις ενδοθερμικές αντιδράσεις μεταξύ ατμοσφαιρικού αζώτου και οξυγόνου στη φλόγα και να παραγάγει νιτρικά οξείδια. Είναι αέρια με καφεκίτρινο χρώμα.

Εικόνα 13 Σύνολο εκπομπών NOx



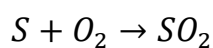
Εικόνα 14 Γεωγραφική κατανομή εκπομπών NOx (2008)

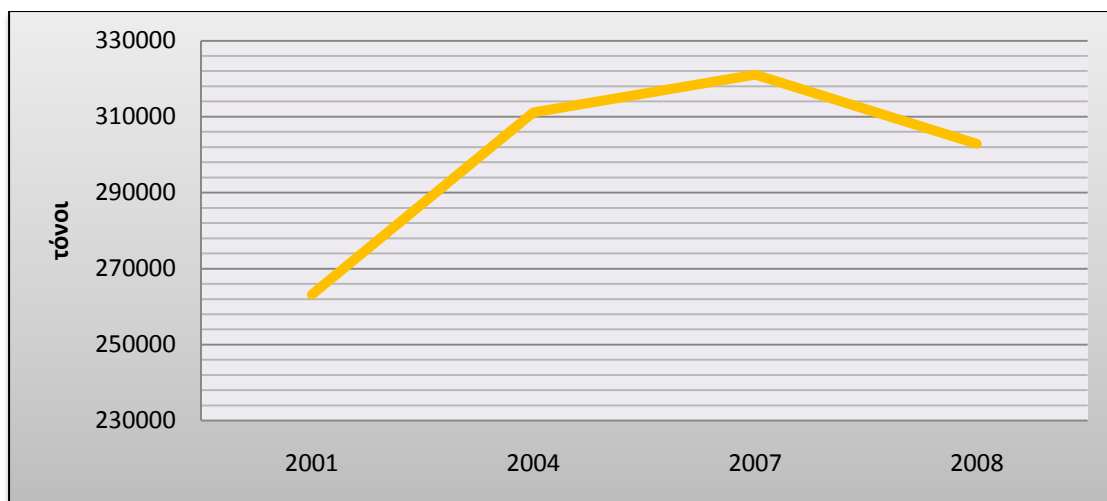


2.1.3 Διοξείδιο του θείου (SO_2)

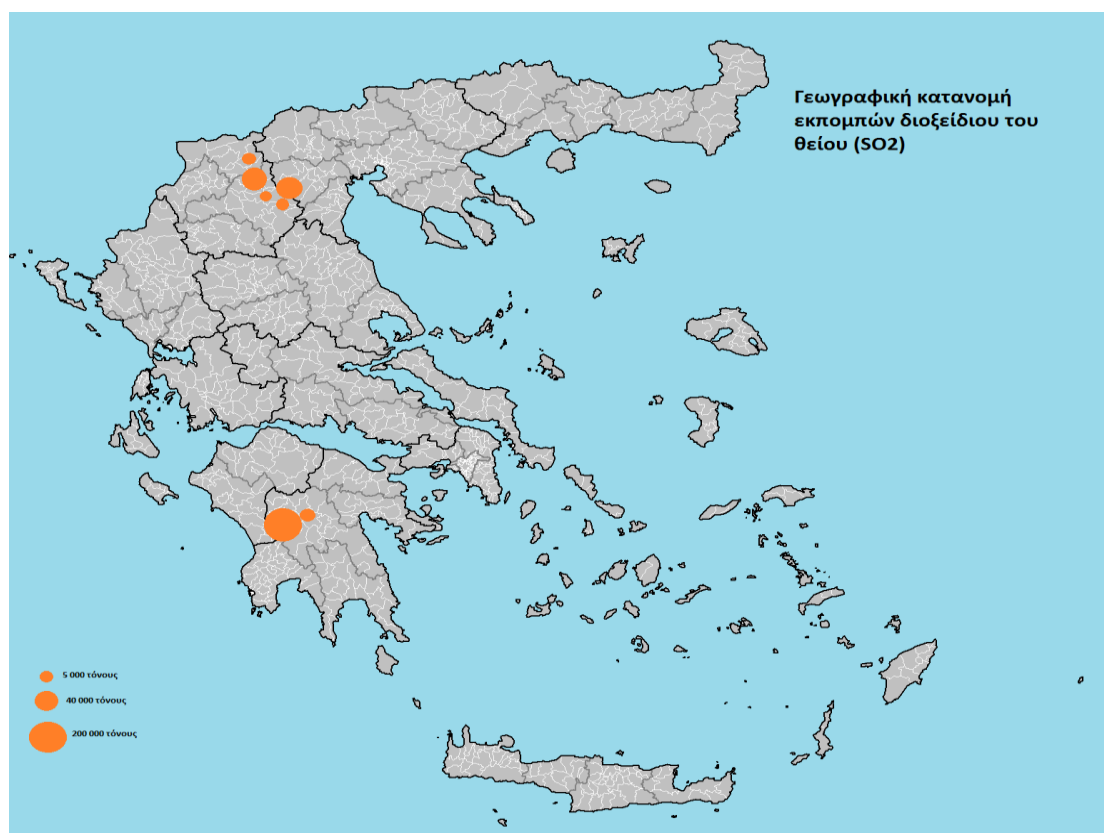
Το διοξείδιο του θείου είναι σταθερή ένωση σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Το διοξείδιο του θείου χαρακτηρίζεται ως τοξική ουσία. Με την παρουσία υγρασίας είναι διαβρωτικό (λόγω δημιουργίας θειώδους οξέος), κάτι που δεν ισχύει σε ξηρή ατμόσφαιρα για τα περισσότερα στοιχεία, εκτός από τον ψευδάργυρο.

Όταν γίνεται η καύση του λιγνίτη, το θείο το οποίο περιέχει συνδυάζεται με την περίσσεια αέρα και παράγει το διοξείδιο του θείου,



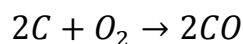
Εικόνα 15 Σύνολο εκπομπών SO₂

Οι προσμίξεις του θείου είναι ιδιαίτερα επιζήμιες για το περιβάλλον, και μια ιδιαίτερα ζημιογόνος δραστηριότητα του διοξειδίου του θείου είναι η όξινη βροχή, η οποία δημιουργείται όταν με την παρουσία υγρασίας και περισσότερο κάποιου καταλύτη όπως το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται, με συνέπεια να δημιουργείται στην ατμόσφαιρα το φαινόμενο της όξινης βροχής.

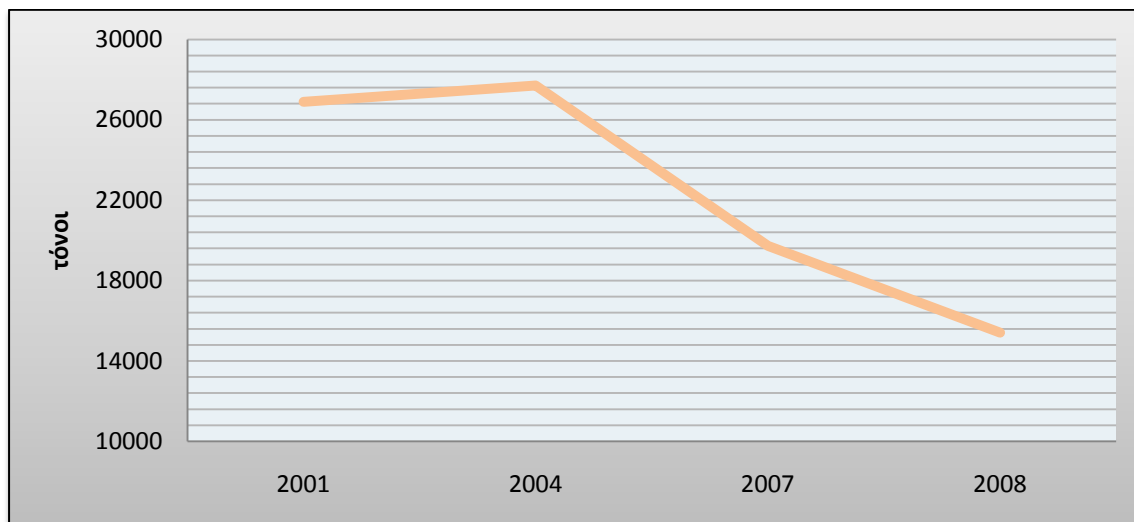
Εικόνα 16 Γεωγραφική κατανομή εκπομπών SO₂ (2008)

2.1.4 Μονοξείδιο του θείου (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο και τοξικό αέριο. Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται με καύση άνθρακα ή ανθρακούχων ενώσεων σε περιβάλλον με έλλειψη οξυγόνου



Εικόνα 17 Σύνολο εκπομπών CO

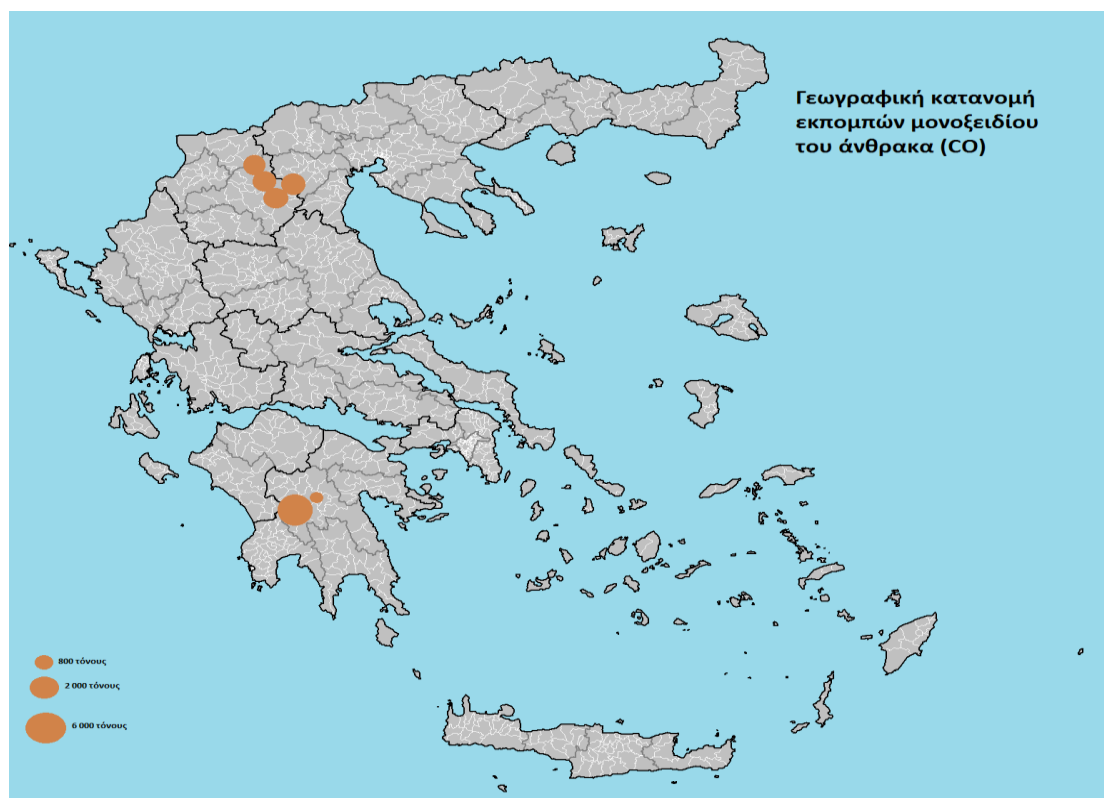


Το σύνολο εκπομπών του μονοξειδίου του άνθρακα από τους λιγνιτικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας έχει μειωθεί δραστικά τα τελευταία δέκα χρόνια.

Σε αυτό έχει συμβάλει η μείωση της συμμετοχής του λιγνίτη στο ενεργειακό ισοζύγιο και μια σειρά από πρωτογενή αντιρρυπαντικά μέτρα (η διαβάθμιση του καυσίμου και την ανάκαυση του και η διαβάθμιση του αέρα και η μετάκαυση του), τα οποία βοήθησαν στην μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα.

Στην εικόνα 8 παρατηρούμε την γεωγραφική κατανομή των εκπομπών του μονοξειδίου του άνθρακα το έτος 2008, με την μεγαλύτερη τιμή εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα να είναι στον ατμοηλεκτρικό σταθμό της Μεγαλόπολης Α.

Εικόνα 18 Γεωγραφική κατανομή εκπομπών CO (2008)

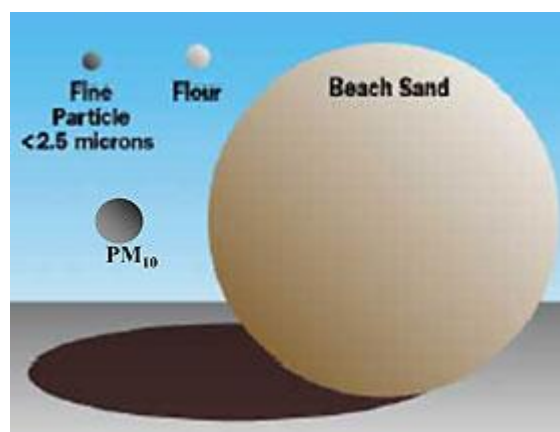


2.1.5 Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter) είναι μικροσκοπικές υποδιαιρέσεις στερεής ή υγρής ύλης. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση το μέγεθός τους, που συχνά αναφέρεται ως η αεροδυναμική διάμετρος.

Τα χονδρά σωματίδια είναι εκείνα των οποίων η διάμετρος είναι μεταξύ $10\mu\text{m}$ (PM_{10}) και $2.5\mu\text{m}$ ($PM_{2.5}$). Επίσης, υπάρχει η κατηγορία των λεπτών σωματιδίων, των οποίων η διάμετρος είναι μικρότερη από $2.5\mu\text{m}$, και τα πολύ λεπτά σωματίδια των οποίων η διάμετρος δεν ξεπερνάει τα $0.1\mu\text{m}$. Για σύγκριση, η τρίχα των μαλλιών έχει διάμετρο $70\mu\text{m}$ και έχει επτά φορές το μέγεθος του μεγαλύτερου σωματιδίου.

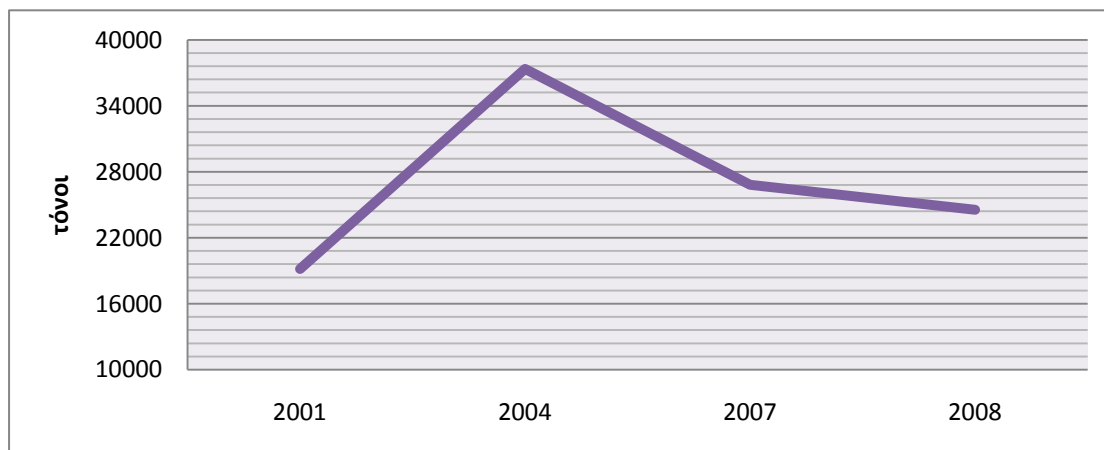
Στην εικόνα 9 παρατηρούμε μια σταδιακή μείωση των συνολικών εκπομπών των αιωρούμενων σωματιδίων, η οποία οφείλεται στην μείωση της παραγωγής ενέργειας από



Εικόνα 19 Σύγκριση μεγεθών

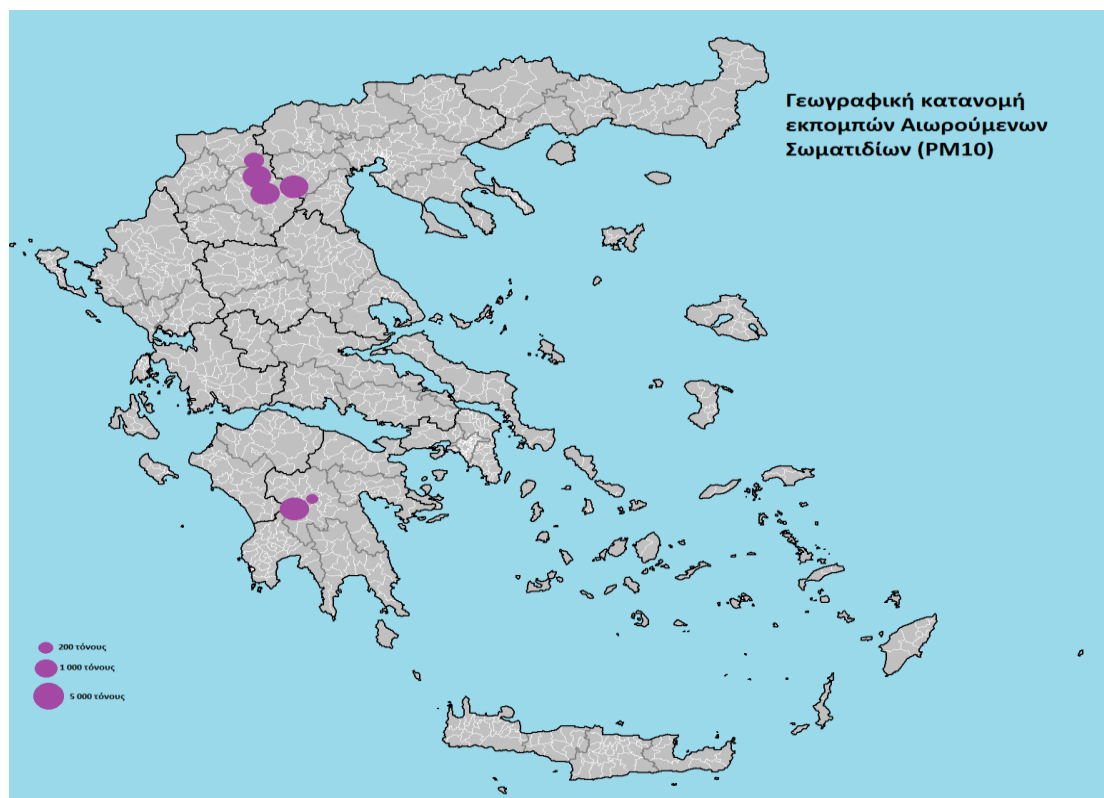
τους λιγνιτικούς σταθμούς και στην αναβάθμιση των ηλεκτροστατικών κατακρημνιστών.

Εικόνα 20 Σύνολο εκπομπών PM10



Τα αιωρούμενα σωματίδια, επίσης, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση την χημική τους σύσταση. Η τοξικότητα των σωματιδίων συχνά εξαρτάται από το μέγεθος και την χημική τους σύσταση.

Εικόνα 21 Γεωγραφική κατανομή εκπομπών PM (2008)



2.2 Βαρέα μέταλλα

Βαρέα μέταλλα, είναι μια κατηγορία χημικών στοιχείων με μεγάλα μοριακά βάρη (όπως **υδράργυρος**, νικέλιο, βανάδιο, **αρσενικό**, βηρύλλιο, κάδμιο, βάριο, **χρώμιο**, χαλκός, μολυβδαίνιο, **ψευδάργυρος**, μόλυβδος, **νικέλιο** κ.α) τα οποία έχουν χημική συμπεριφορά μετάλλου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Τα βαρέα μέταλλα υπάρχουν μέσα στην τέφρα του λιγνίτη και μετά την καύση του, ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα μέσω της ιπτάμενης τέφρας. Η ιπτάμενη τέφρα είναι τα λεπτά υπολείμματα της καύσης του λιγνίτη στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας που απάγεται από τα καυσαέρια.

Αν και τα στοιχεία αυτά βρίσκονται σε μικρές ποσότητες, ακόμη και η ίδια η ύπαρξή τους και η πιθανότητα απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον θα πρέπει να κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου, καθώς τα στοιχεία αυτά είναι ιδιαίτερα τοξικά.

Κανένα από τα στοιχεία αυτά δεν συναντάται στους ζωντανούς οργανισμούς, ενώ επιπλέον είναι ιδιαίτερα τοξικά για τον άνθρωπο ή τα ζώα ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Τα βαρέα μέταλλα έρχονται σε επαφή με τον άνθρωπο κυρίως μέσω της απελευθέρωσής τους στην ατμόσφαιρα από καμινάδες εργοστασίων ηλεκτρικής ενέργειας, από το έδαφος ή τα ύδατα όπου έχουν αποτεθεί ως ρύποι και μέσω της τροφικής αλυσίδας.

Υδράργυρος

Ο υδράργυρος είναι ένα νευροτοξικό βαρύ μέταλλο το οποίο βιοσυσσωρεύεται μέσω της τροφικής αλυσίδας και είναι πολύ επικίνδυνο κυρίως για τα υδατικά οικοσυστήματα. Τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας ευθύνονται για την παραγωγή τόνων υδραργύρου ετησίως και αποτελούν την μεγαλύτερη πηγή ρύπανσης υδραργύρου. Σε παγκόσμια κλίμακα εκπέμπουν 750-1500 τόνους υδραργύρου ετησίως.

Στην εικόνα 11 παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή των εκπομπών υδραργύρου το έτος 2008. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα υδραργύρου εκπέμπεται από τους λιγνιτικούς σταθμούς της βόρεια Μακεδονίας, οι οποίοι έχουν και μεγαλύτερη συμμετοχή στην παραγωγή ενέργειας.

Εικόνα 22 Γεωγραφική κατανομή εκπομπών Hg (2008)



Αρσενικό

Το αρσενικό είναι φυσικό συστατικό του φλοιού της Γής και υπάρχει σε μικρές ποσότητες στο νερό, στα υποθαλάσσια ιζήματα και στο έδαφος. Ίχνη αρσενικού υπάρχουν στην τέφρα του λιγνίτη, και όταν για την παραγωγή ενέργειας γίνεται η καύση του, τότε το αρσενικό απελευθερώνεται σε πολύ μικρές ποσότητες στον αέρα, η ποσότητα του αρσενικού που περιέχεται στην ιπτάμενη τέφρα διαφέρει αναλόγως με τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται για καύσιμο.

Χρώμιο

Το χρώμιο είναι ένα σκληρό μέταλλο, το οποίο είναι άοσμο και εύπλαστο. Έχει υψηλή αντίσταση στην διάβρωση και σε μεγάλες ποσότητες είναι τοξικό. Το χρώμιο μέσω της ιπτάμενης τέφρας η οποία απάγεται από τα καυσαέρια εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και η ποσότητα του χρωμίου που περιέχεται στην ιπτάμενη τέφρα διαφέρει αναλόγως με τον λιγνίτη που χρησιμοποιείται για καύσιμο.

Επίσης, ο **Ψευδάργυρος** και το **Νικέλιο**, εξέρχονται μέσω της ιπτάμενης τέφρας στην ατμόσφαιρα.

2.3 Συνολικές εκπομπές συμβατικών ρύπων και βαρέων μετάλλων

Παρακάτω, παρατίθενται οι συνολικές εκπομπές των ατμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας, όσον αφορά τους συμβατικούς ρύπους και τα βαρέα μέταλλα.

Πίνακας 7 Συνολικές εκπομπές αέριων ρύπων

	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO₂	42840000	44250000	41790000	41190000
CO	26900	27700	19730	15411
NO_x/NO₂	56660	64880	64150	62613
SO_x/SO₂	317200	314160	323670	305420
PM₁₀	19166	37585	26940	24556

Πίνακας 8 Συνολικές εκπομπές βαρέων μετάλλων

	2001 (kg)	2004 (kg)	2007 (kg)	2008 (kg)
Hg	x	x	902	1552
As	x	1204	1896	2412
Cr	6106	5314	1566	6641
Ni	8560	13990	14876	35793
Zn	5779	8820	12706	17085

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εκπομπές αερίων ρύπων ατμοηλεκτρικών σταθμών

Εισαγωγή

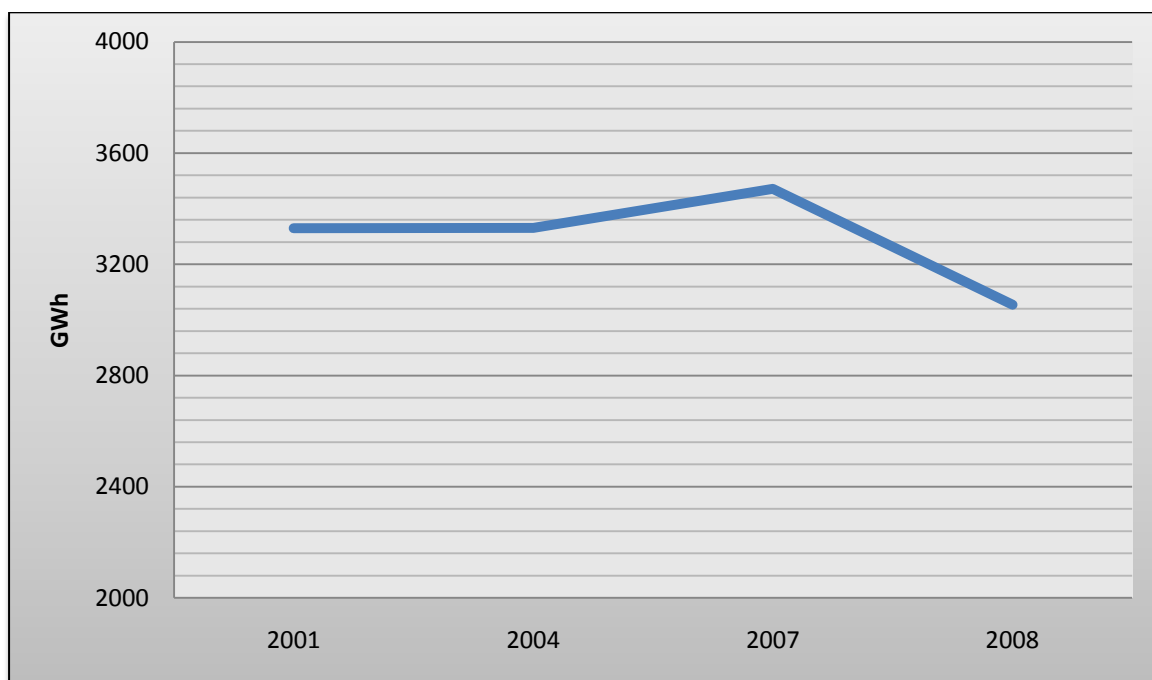
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι εκπομπές αερίων ρύπων των ατμοηλεκτρικών σταθμών (ΑΗΣ), οι οποίοι έχουν ως καύσιμη ύλη τον λιγνίτη. Οι συμβατικοί ρύποι και τα βαρέα μέταλλα, δίνουν μια ολοκληρωτική εικόνα της κατάστασης των λιγνιτικών σταθμών ενέργειας. Τα στοιχεία για τις εκπομπές αερίων ρύπων, όσον αφορά τους σταθμούς ενέργειας έχουν αρχίσει να καταγράφονται την τελευταία δεκαετία από τον ευρωπαϊκό κατάλογο εκπομπών και μεταφορές ρύπων.

3.1 ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α

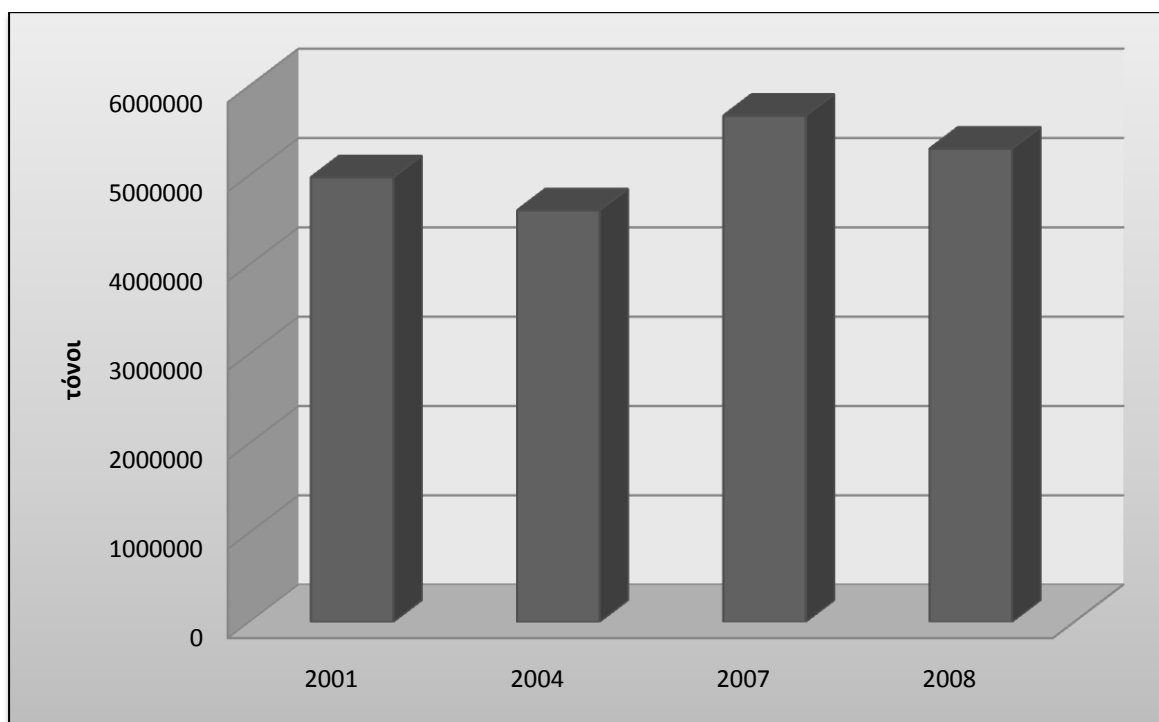
Ρυπαντές	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO ₂	4980000	4610000	5670000	5300000
CO	13200	10200	6160	6750
NO _x /NO ₂	4100	3380	3690	2560
SO _x /SO ₂	215000	209000	229000	210000
PM ₁₀	4420	6550	5670	4660
Βαρέα Μέταλλα	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Hg	x	x	x	94
As	x	x	x	1530
Cr	x	570	x	4230
Ni	x	1730	x	8550
Zn	x	2420	x	8000

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

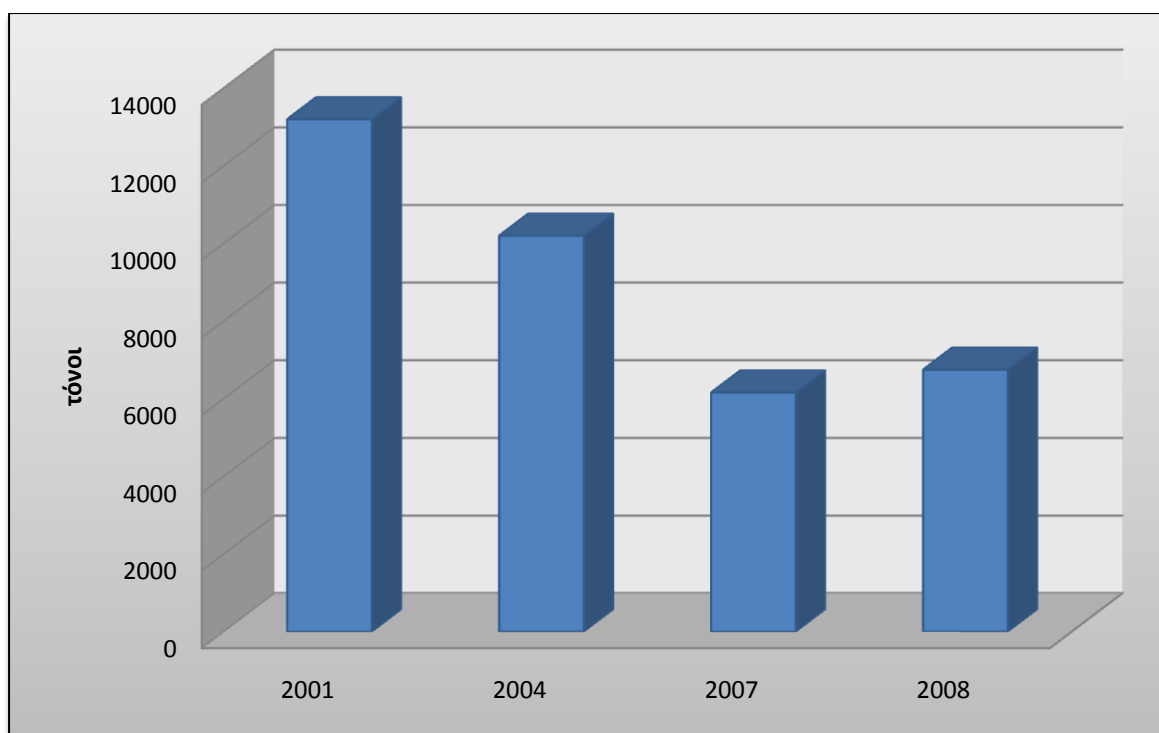
Εικόνα 23 Παραχθείσα ενέργεια



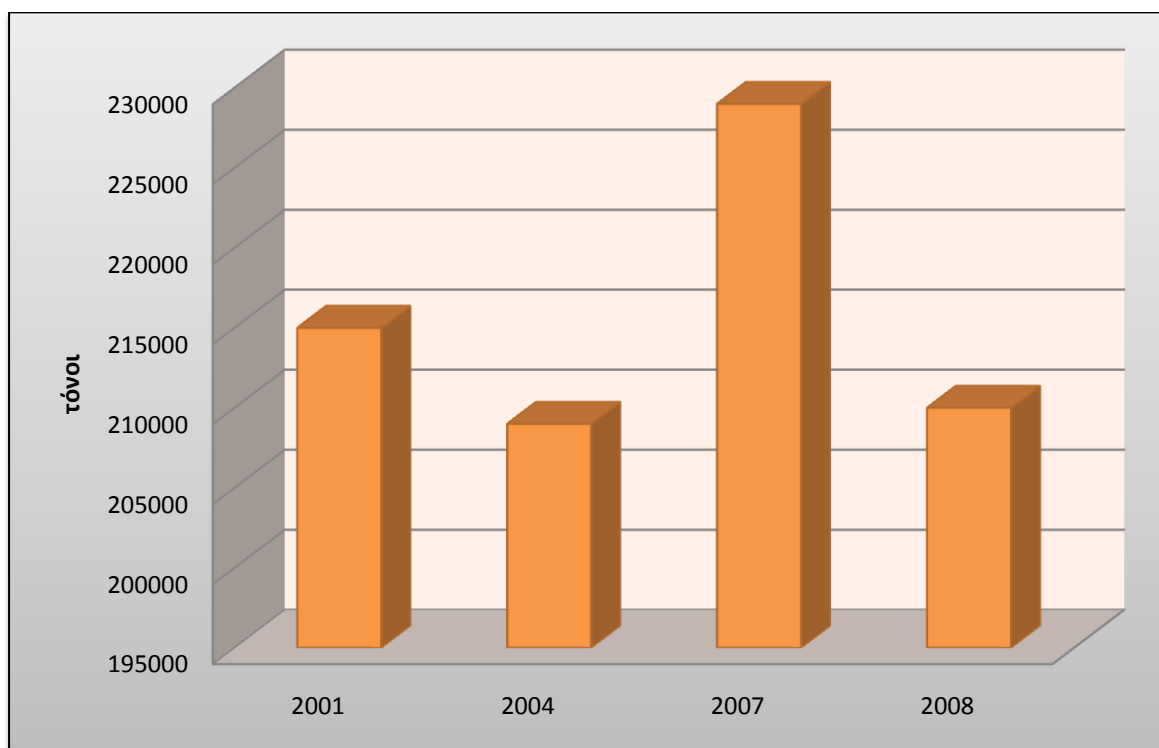
Εικόνα 24 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα



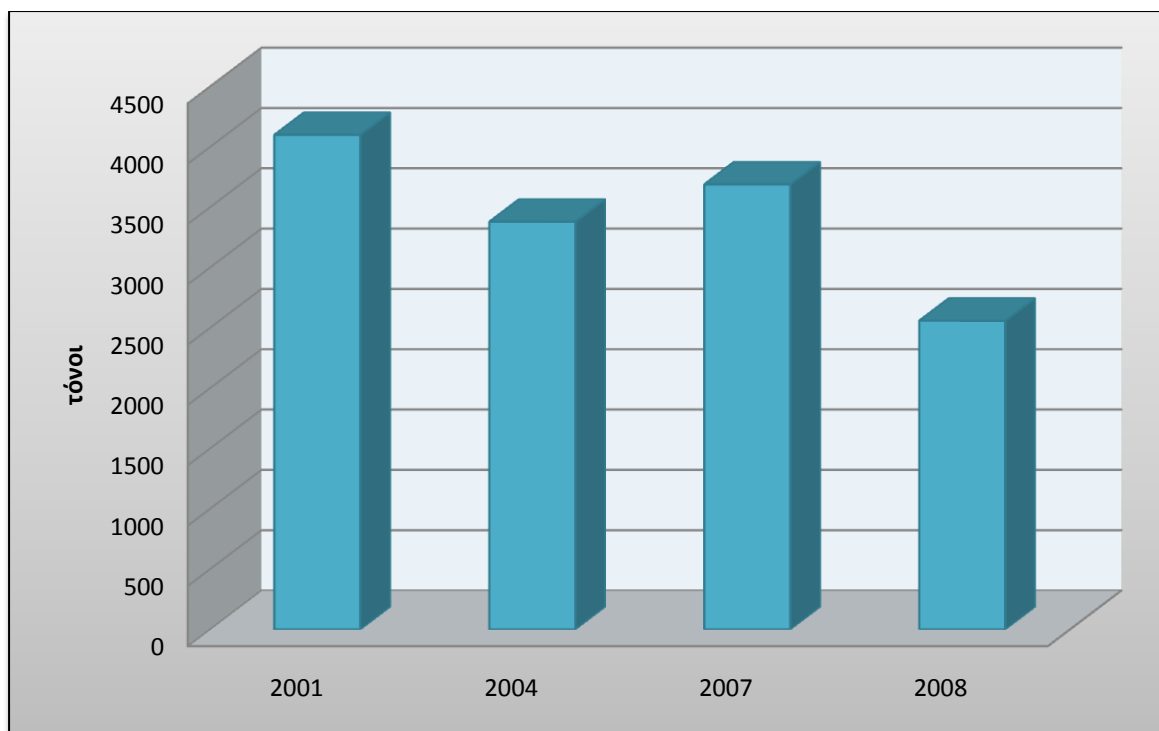
Εικόνα 25 Εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα



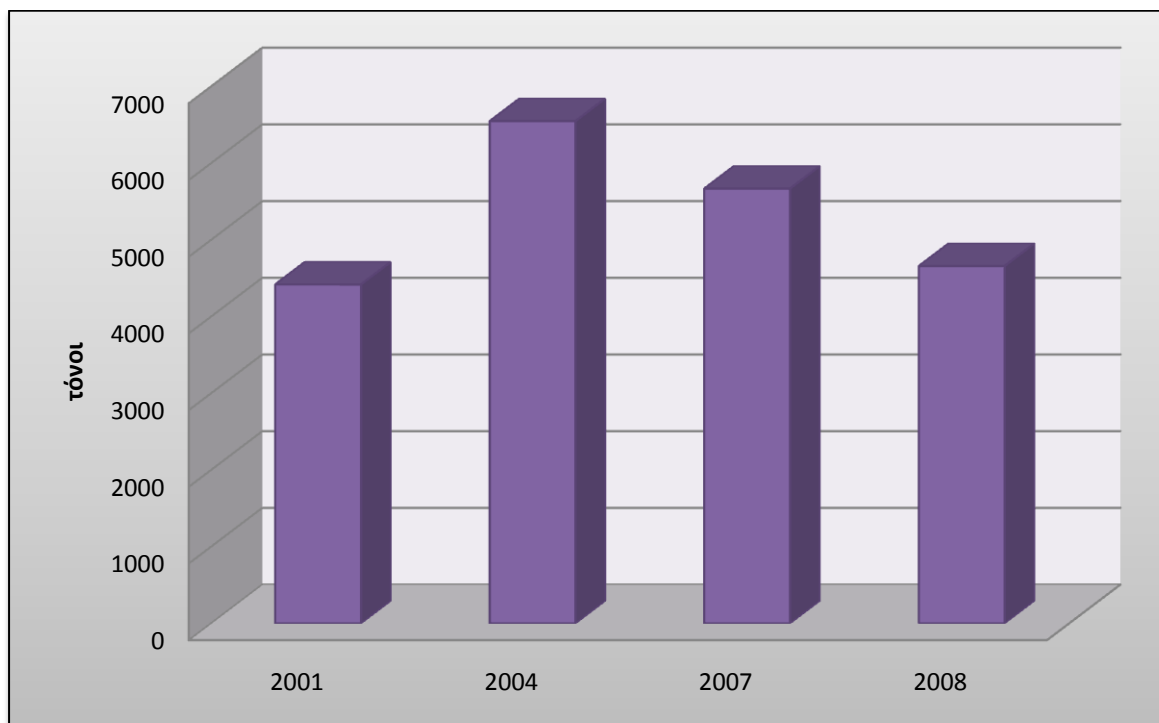
Εικόνα 26 Εκπομπές διοξειδίου του θείου



Εικόνα 27 Εκπομπές νιτρικών οξειδίων



Εικόνα 28 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων



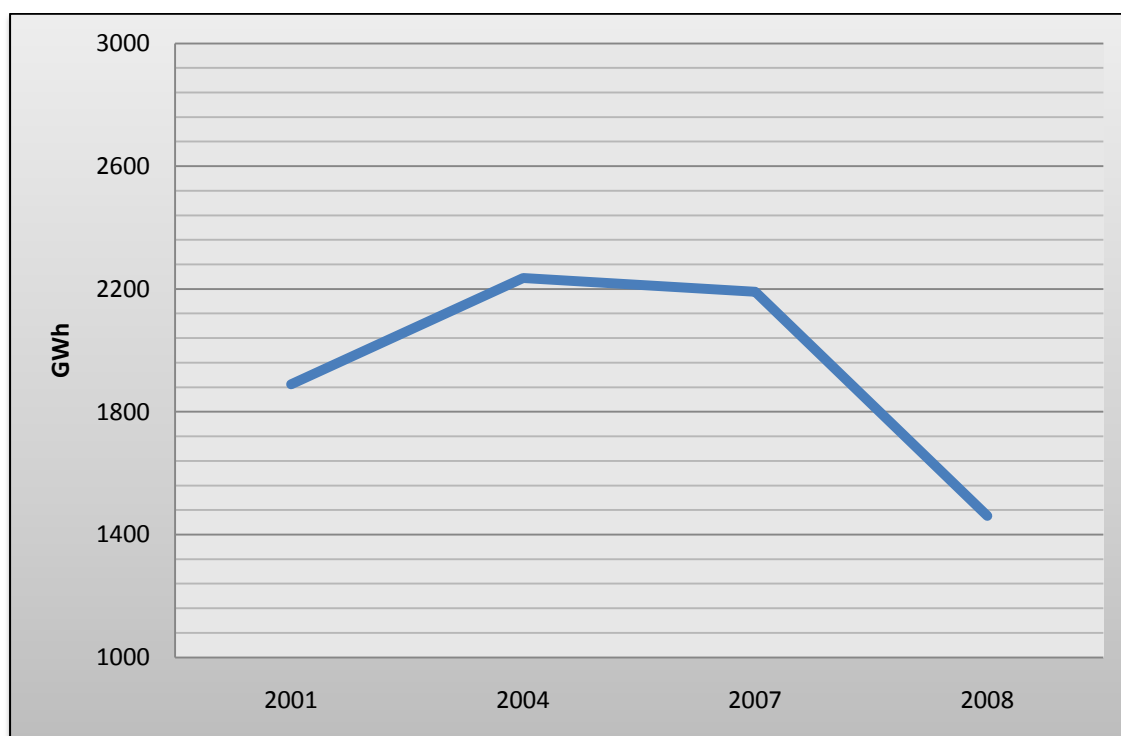
3.2 ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β

Ρυπαντές	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO ₂	2770000	2700000	3330000	2190000
CO	1480	1790	1520	881
NO _x /NO ₂	3760	2870	2980	743
SO _x /SO ₂	27900	33700	19800	3730
PM ₁₀	186	457	257	176

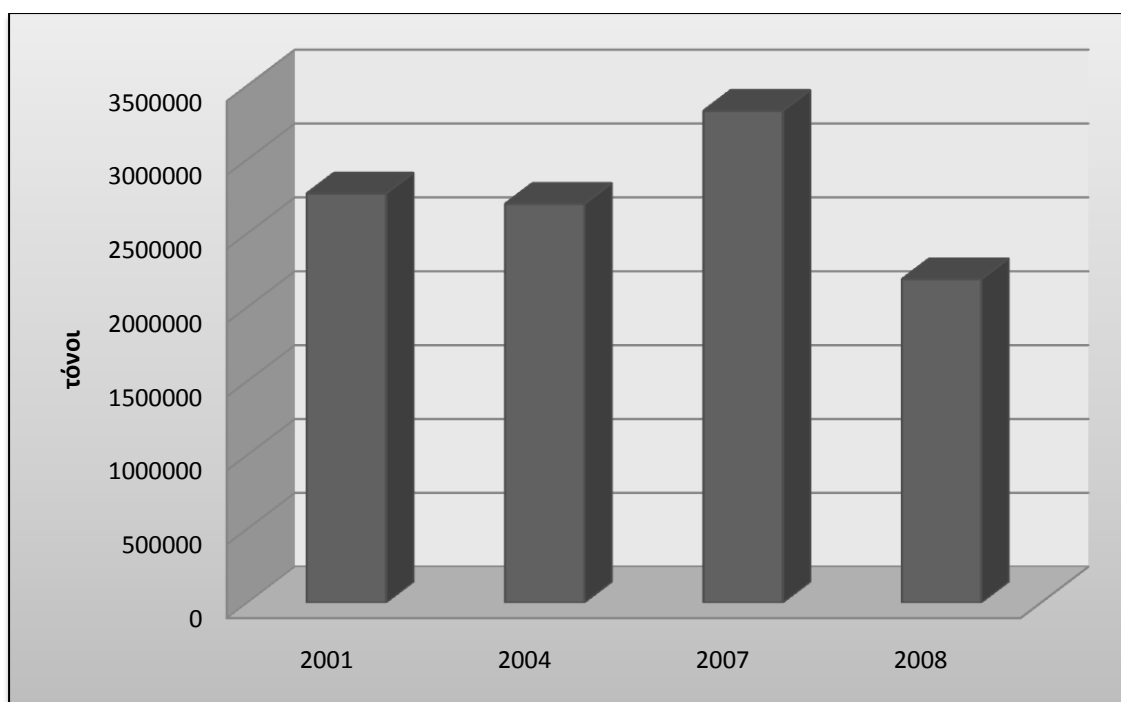
Βαρέα Μέταλλα	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Hg	x	x	x	49
As	x	52	x	39
Cr	x	190	x	158
Ni	x	577	x	293
Zn	x	807	x	268

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

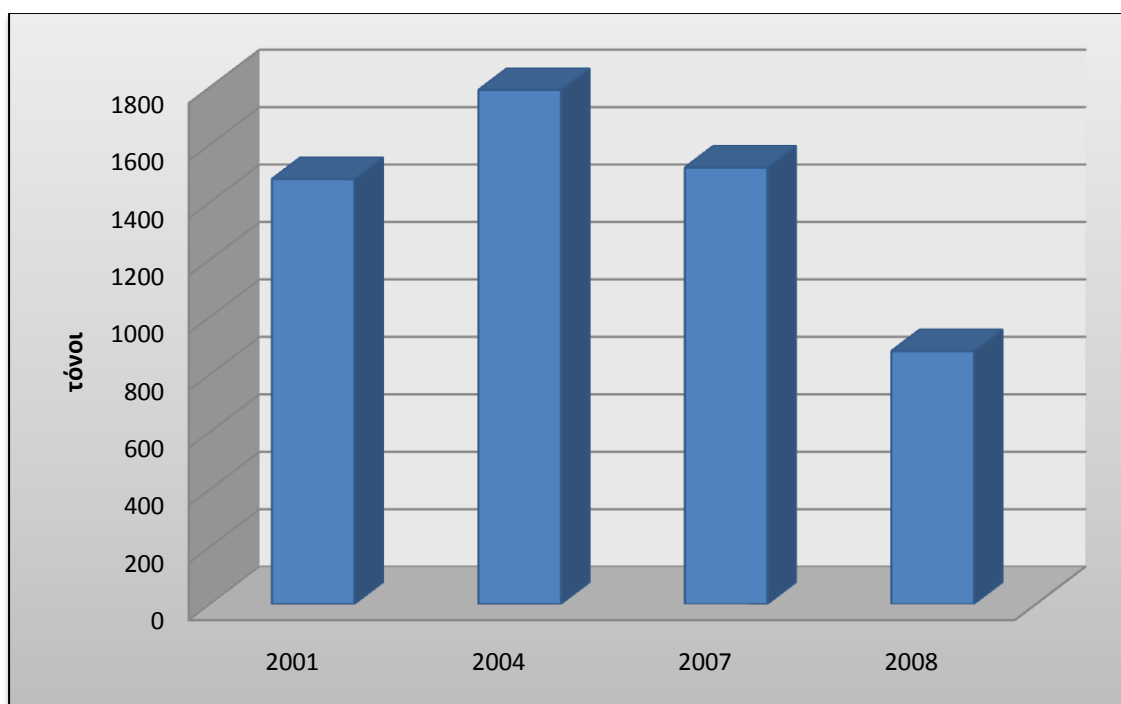
Εικόνα 29 Παραχθείσα ενέργεια



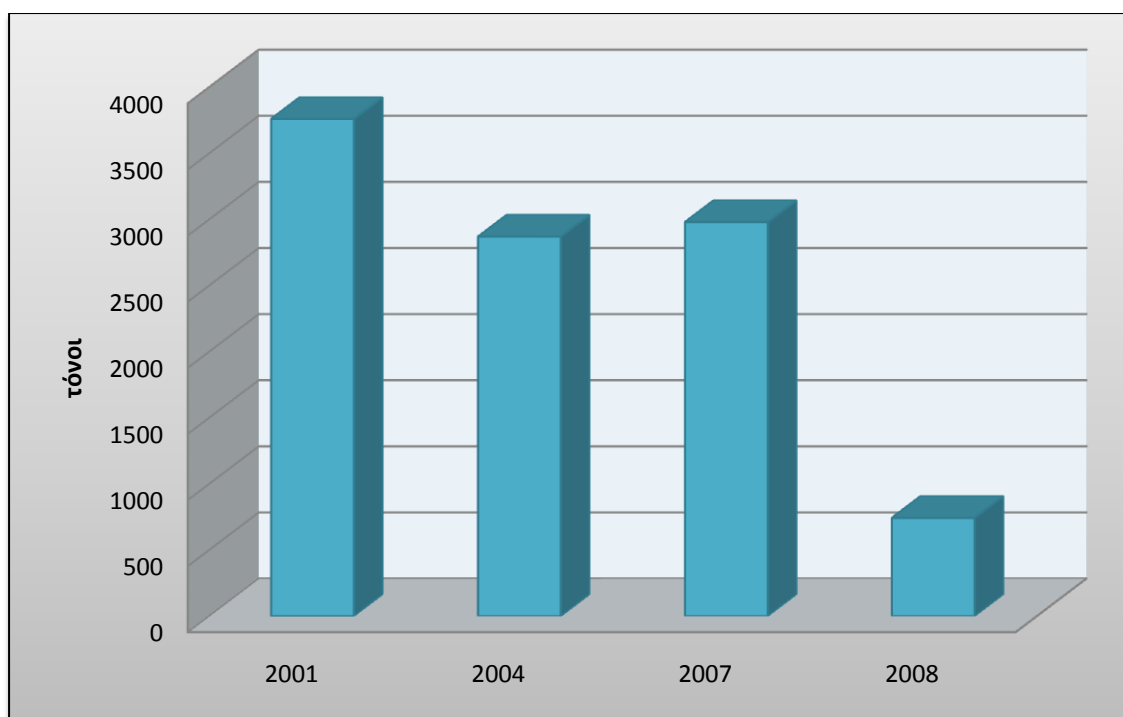
Εικόνα 30 Εκπομπές διοξειδίων του άνθρακα



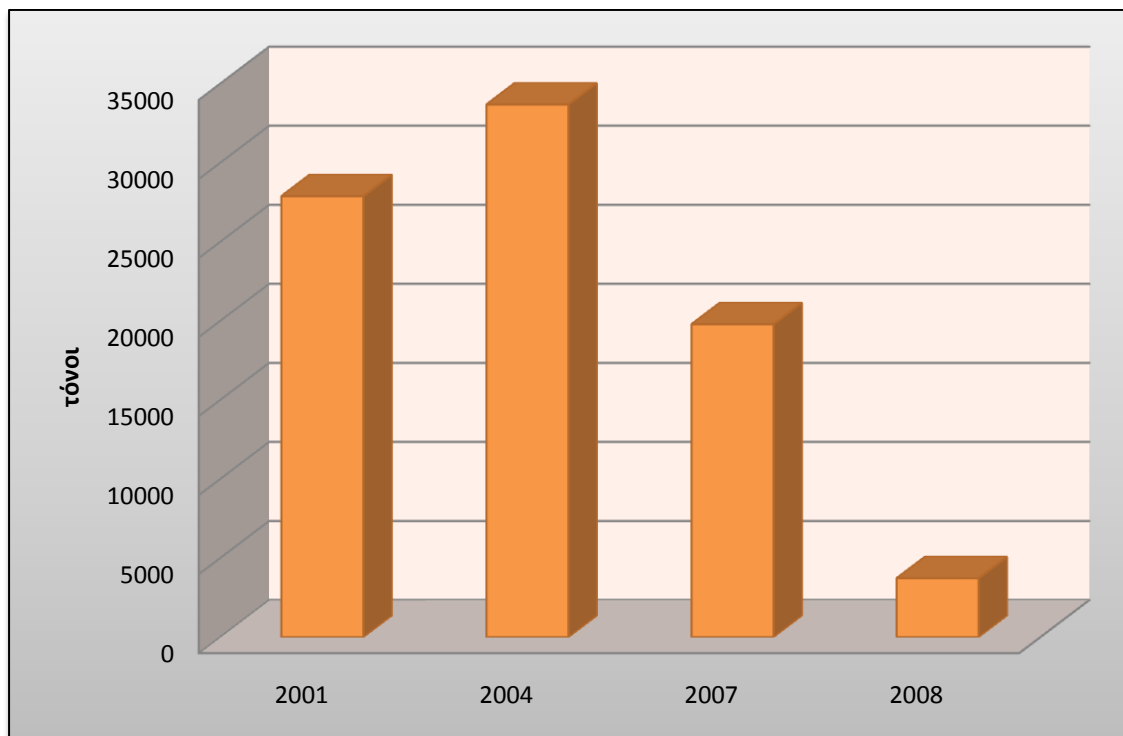
Εικόνα 31 Εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα



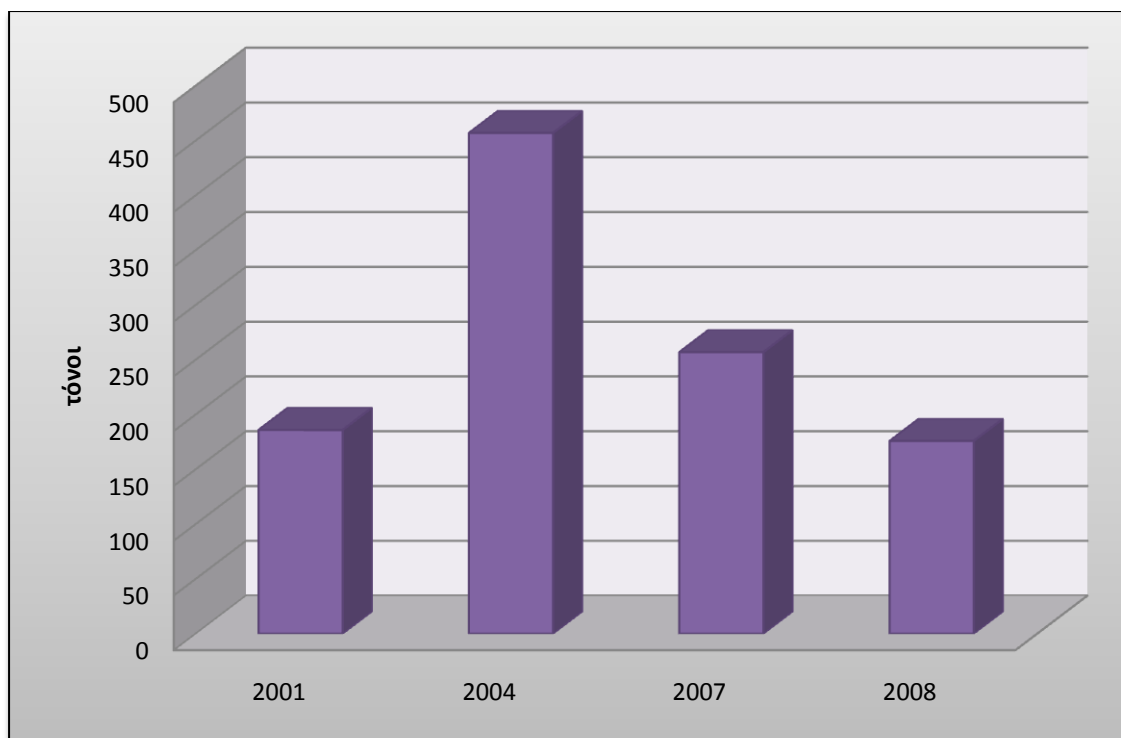
Εικόνα 32 Εκπομπές νιτρικών οξείδων



Εικόνα 33 Εκπομπές διοξειδίου του θείου



Εικόνα 34 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων

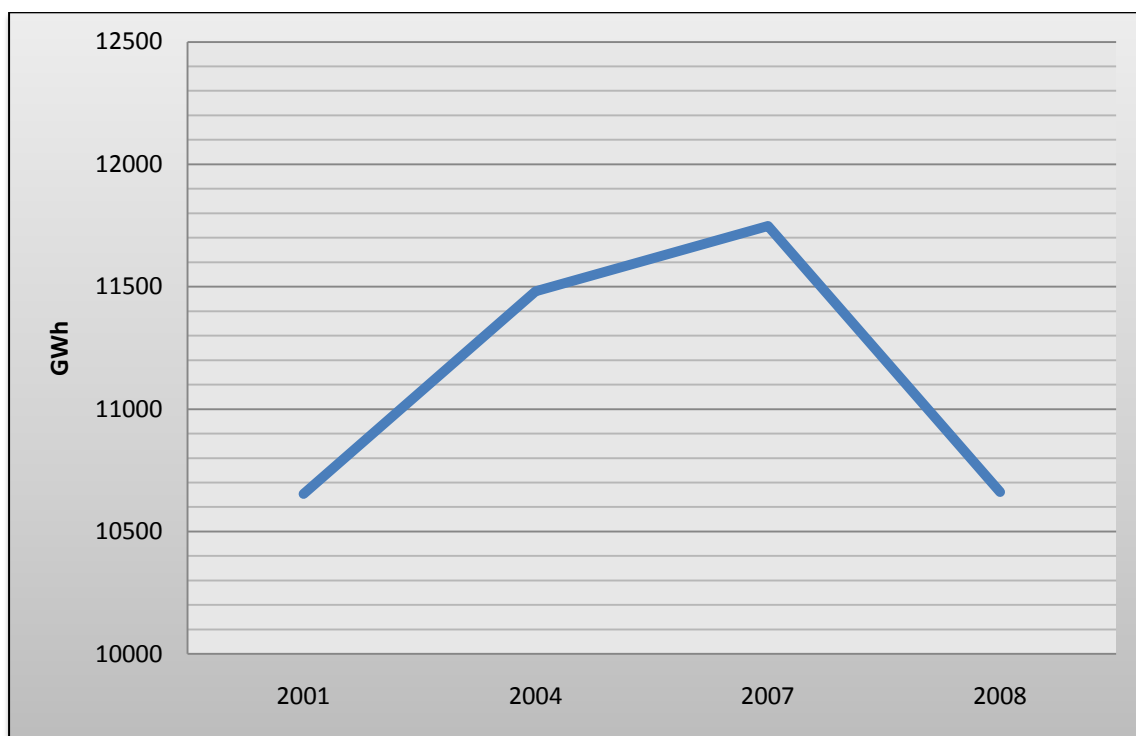


3.3 ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου

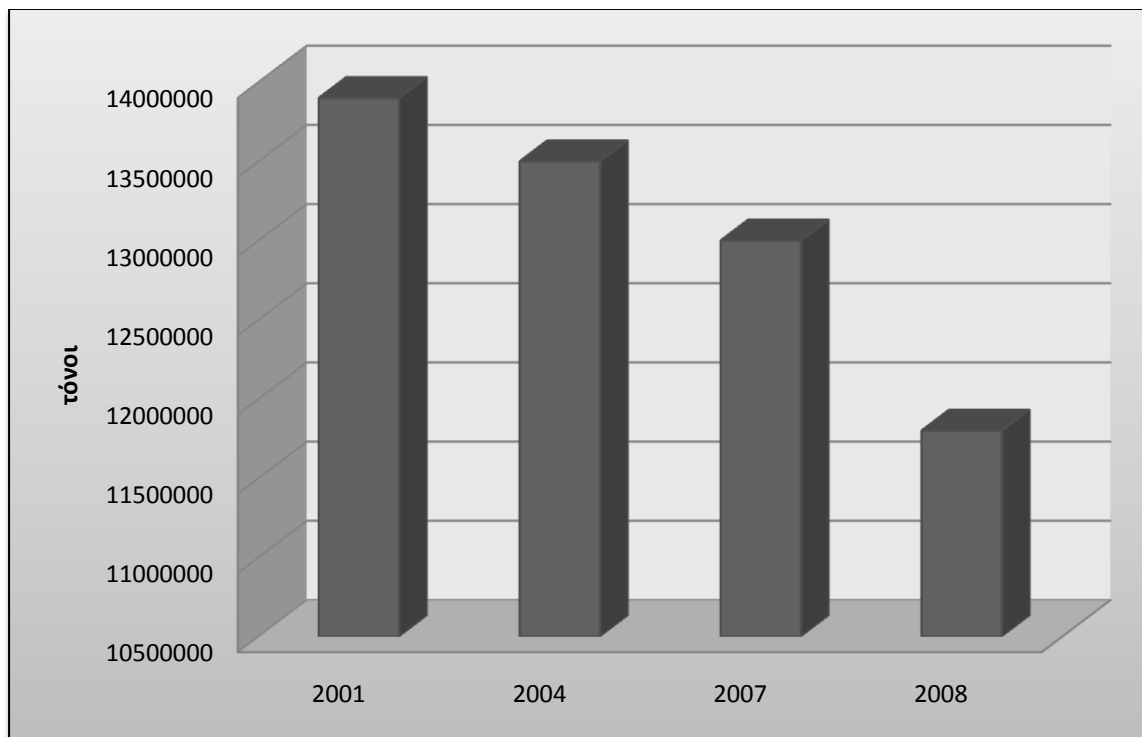
Ρυπαντές	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO ₂	13900000	13500000	13000000	11800000
CO	5100	5540	3920	1940
NO _x /NO ₂	19800	21600	24300	22600
SO _x /SO ₂	23600	6950	41400	48000
PM ₁₀	6380	19900	5010	5690
Βαρέα Μέταλλα				
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Hg	x	x	516	932
As	x	52	50	108
Cr	3830	1570	388	762
Ni	4460	5620	9130	19100
Zn	1310	2650	1940	4250

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

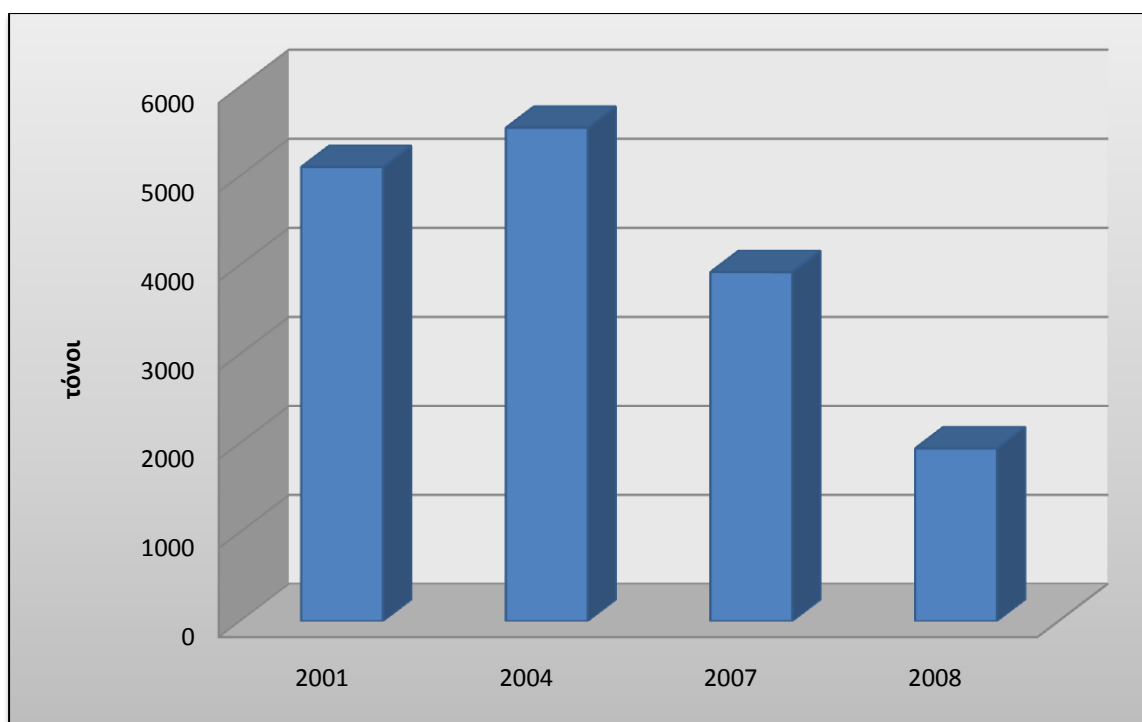
Εικόνα 35 Παραχθείσα ενέργεια



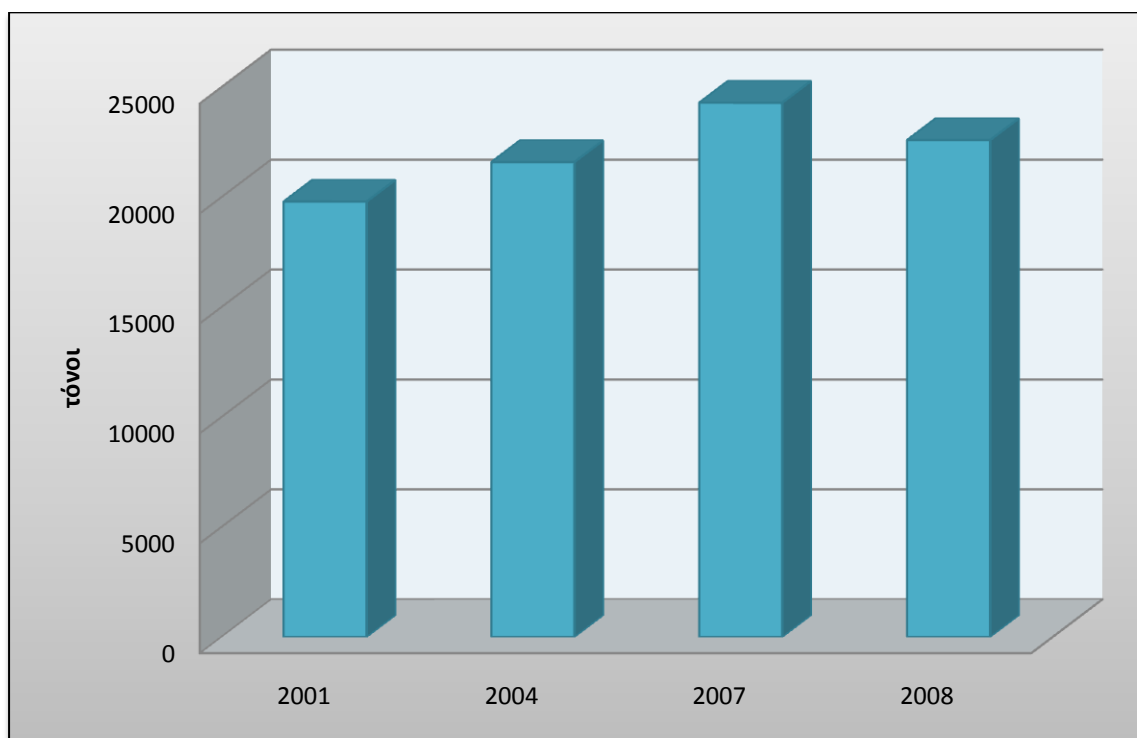
Εικόνα 36 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα



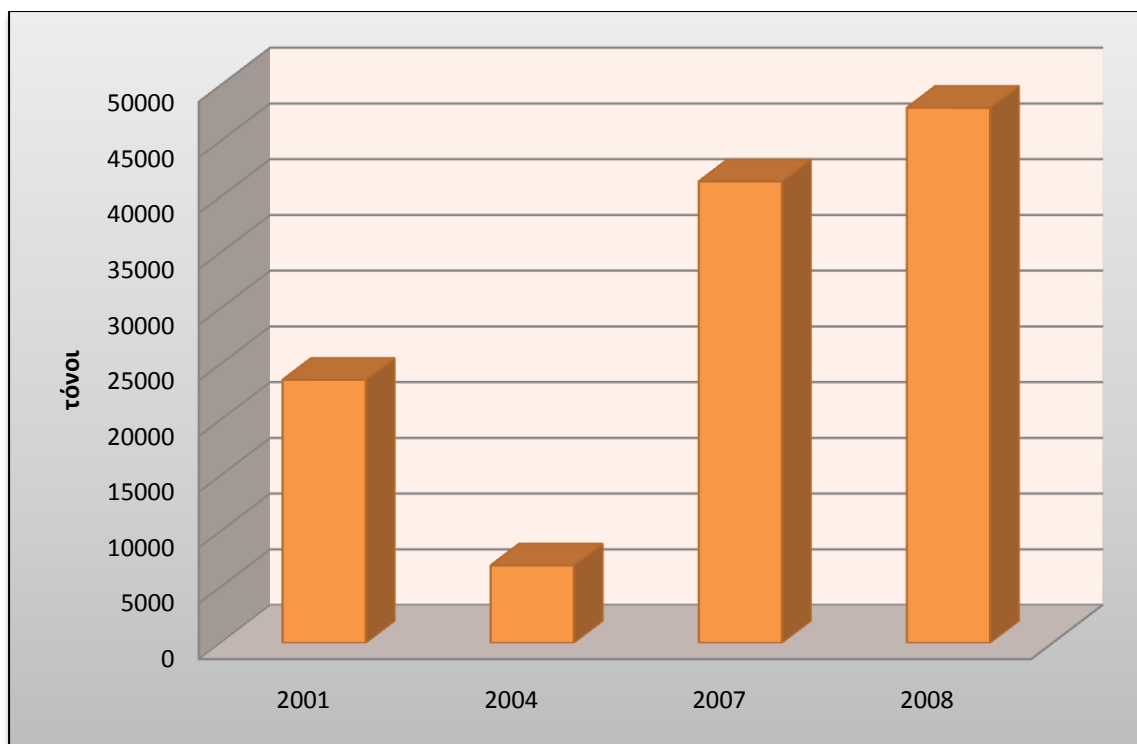
Εικόνα 37 Εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα



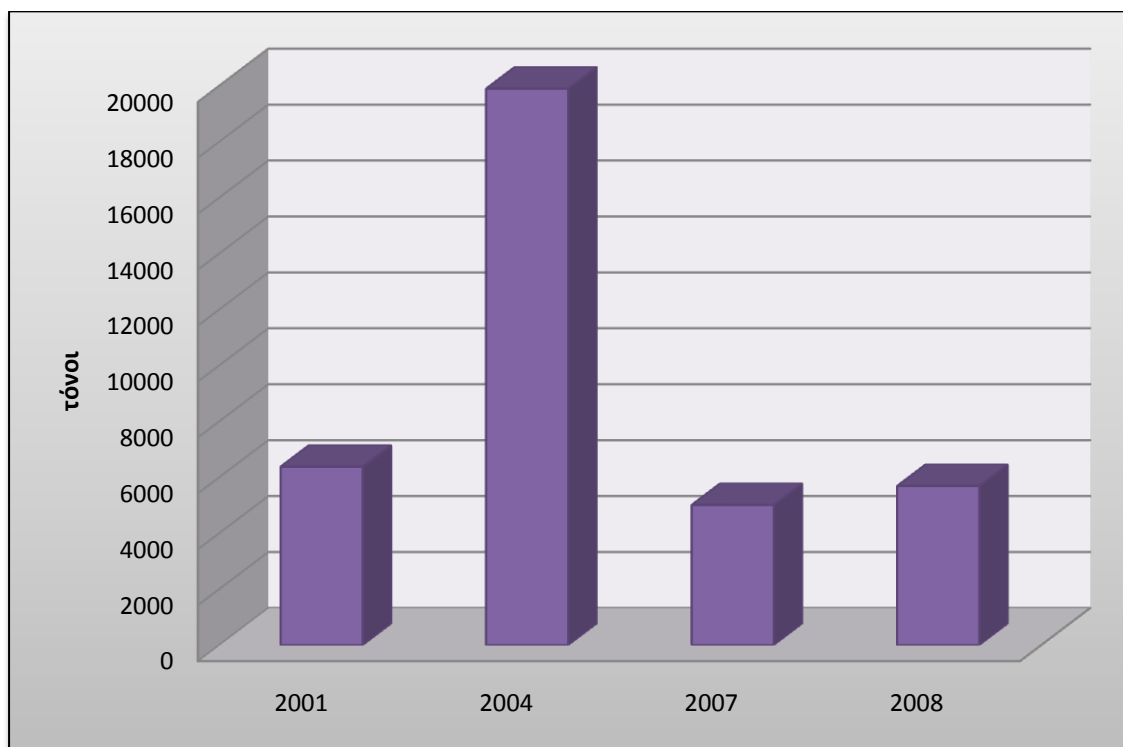
Εικόνα 38 Εκπομπές νιτρικών οξειδίων



Εικόνα 39 Εκπομπές διοξειδίου του θείου

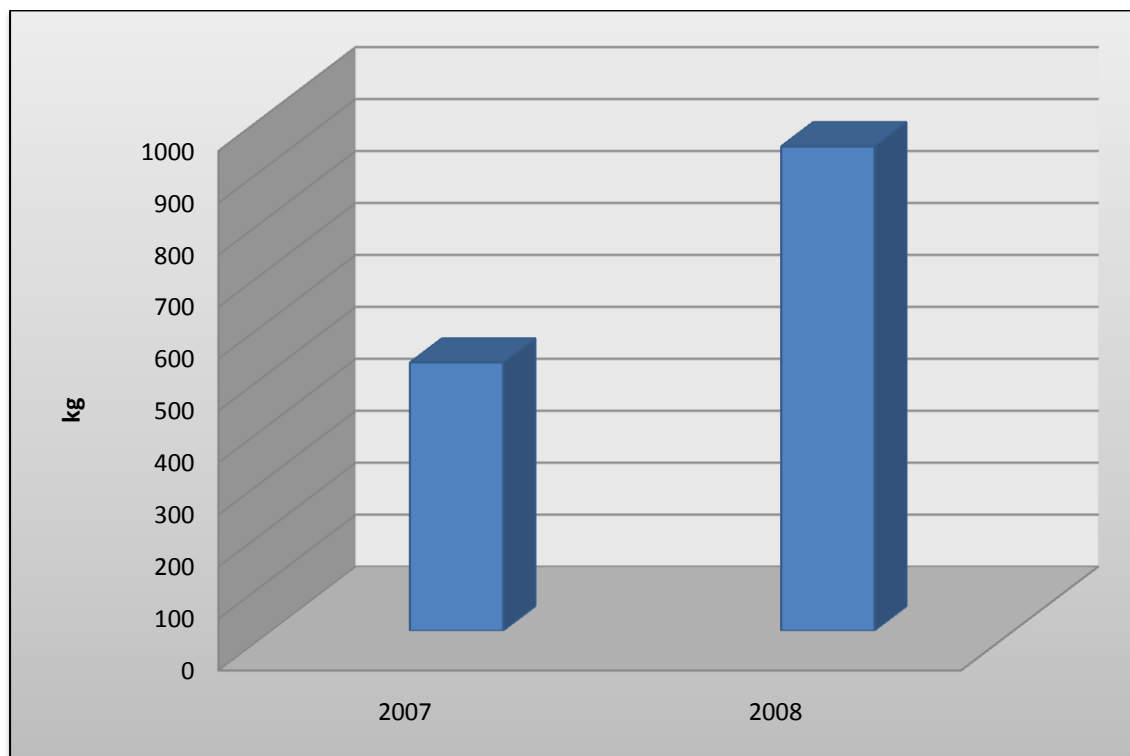


Εικόνα 40 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων

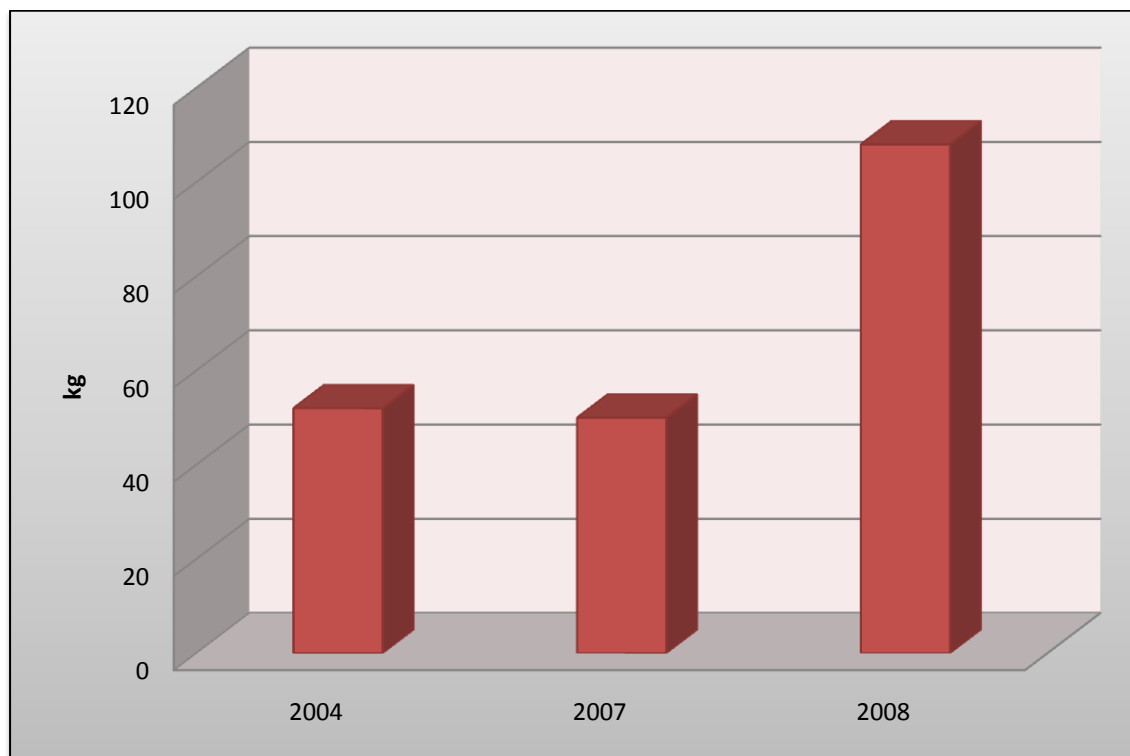


Βαρέα μέταλλα

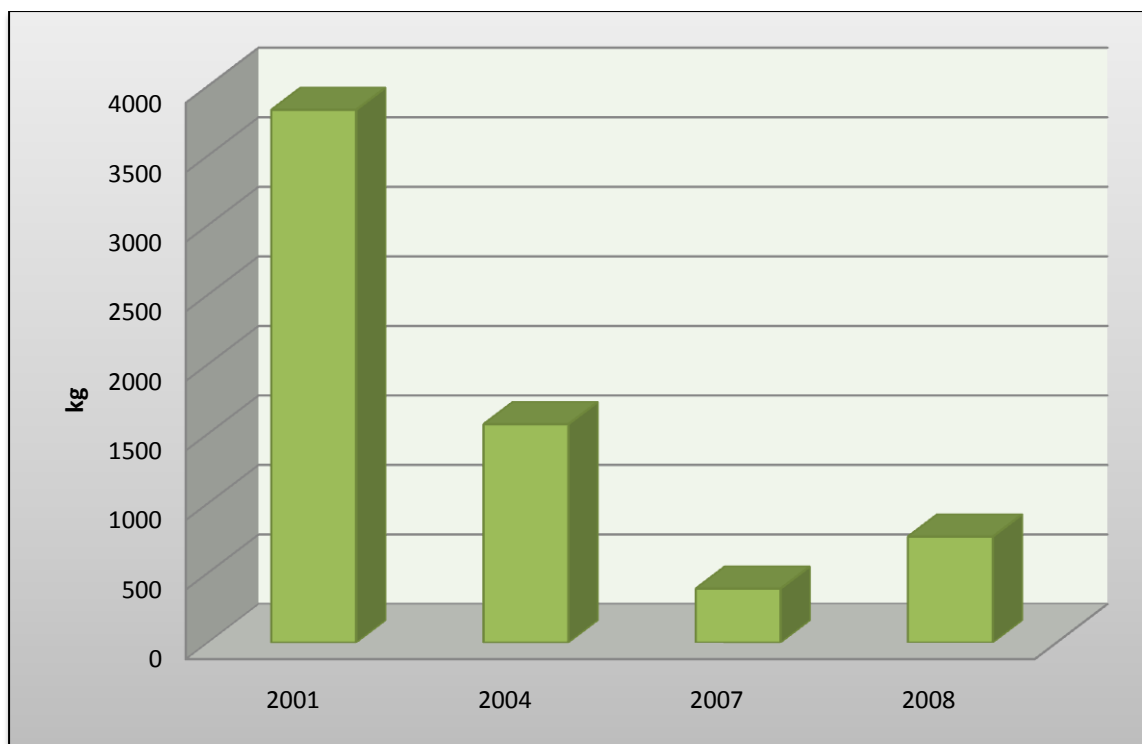
Εικόνα 41 Εκπομπές υδραργύρου



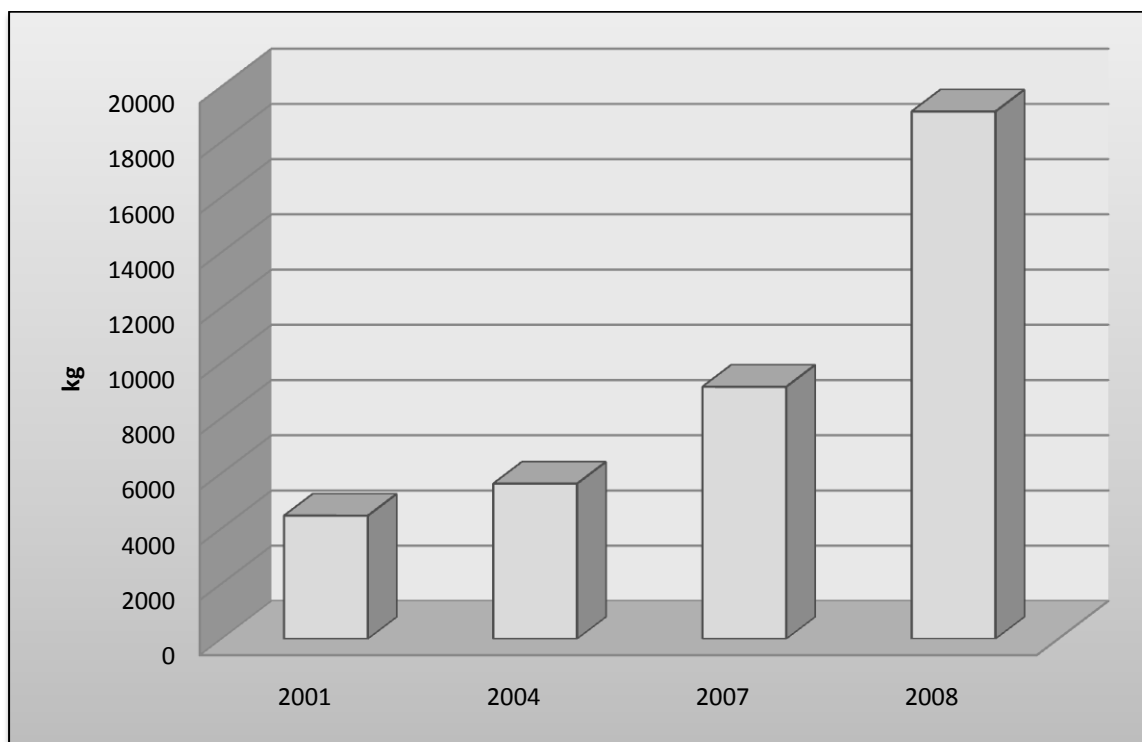
Εικόνα 42 Εκπομπές αρσενικού



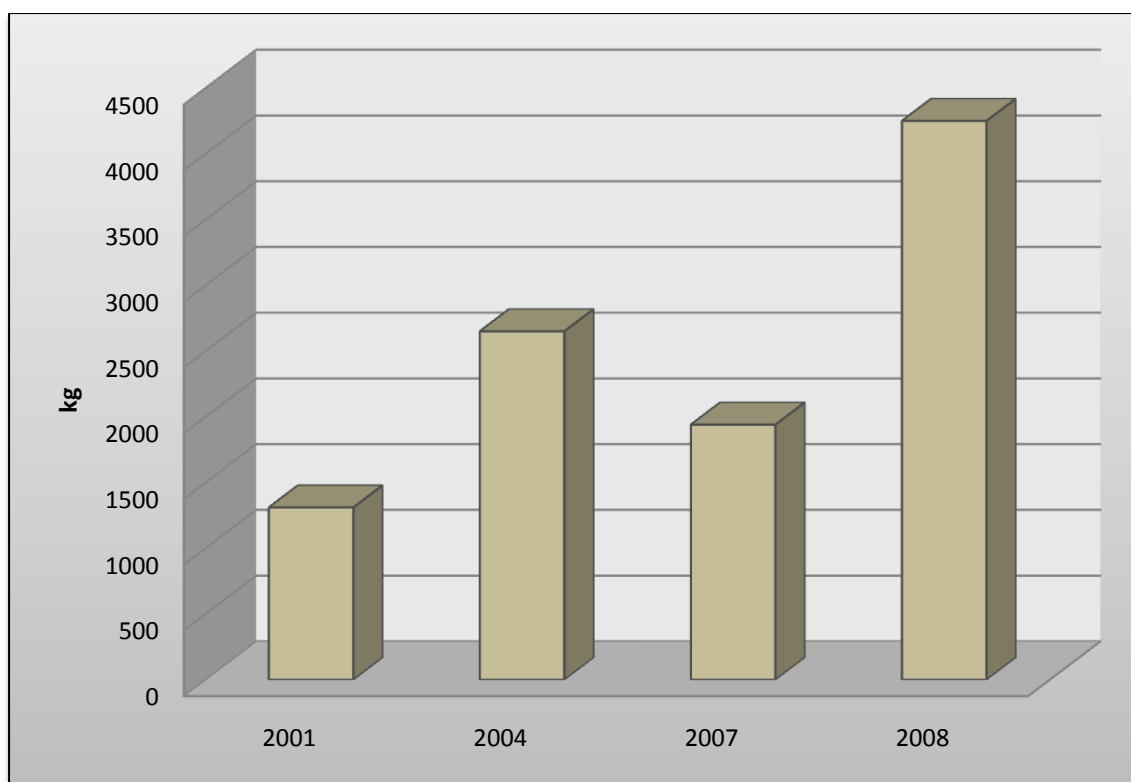
Εικόνα 43 Εκπομπές χρωμίου



Εικόνα 44 Εκπομπές νικελίου



Εικόνα 45 Εκπομπές ψευδαργύρου

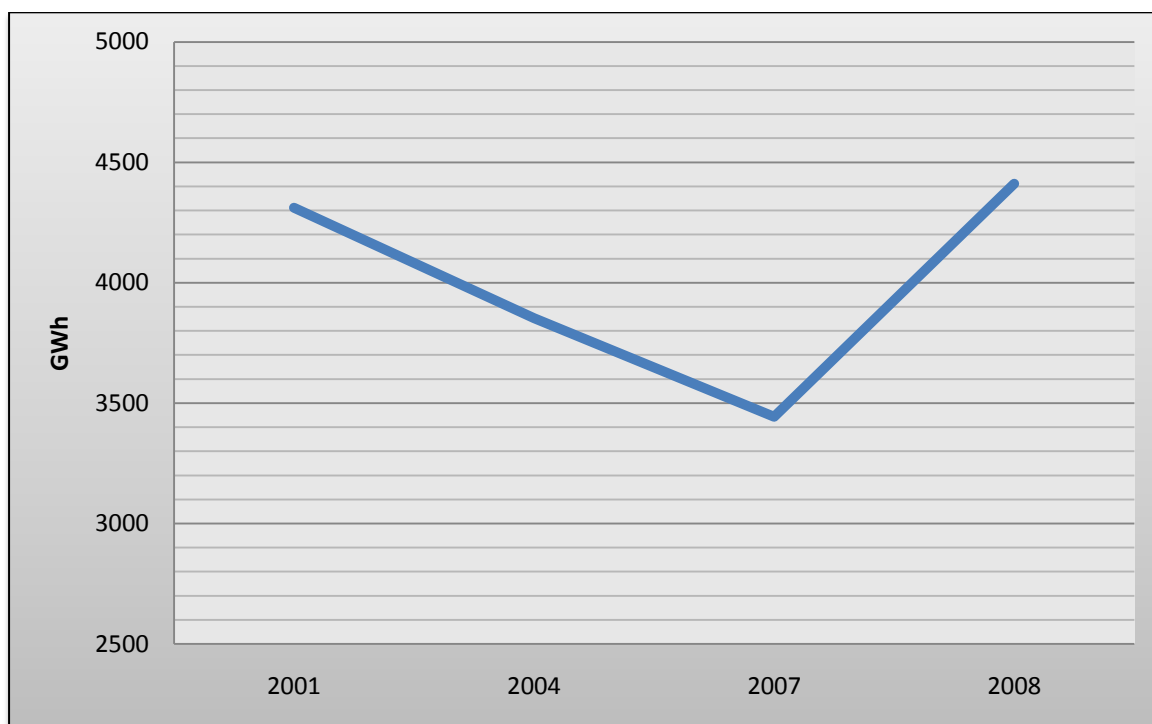


3.4 ΑΗΣ Αμυνταίου

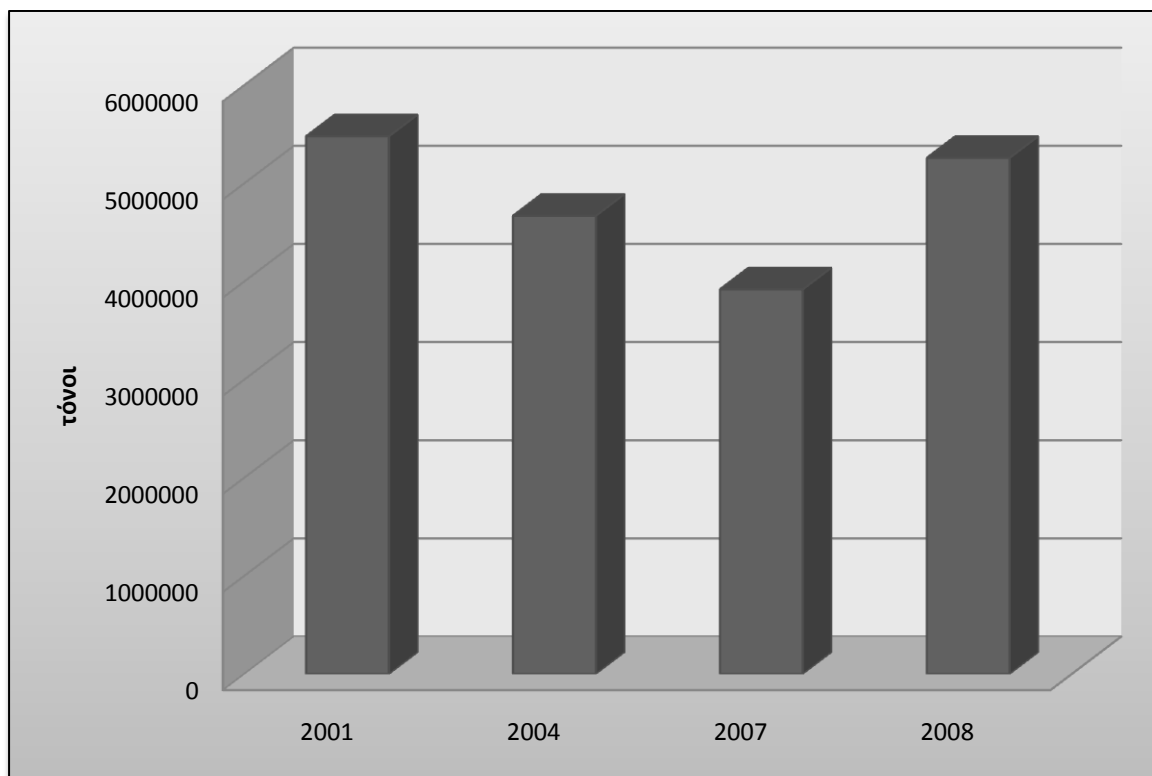
Ρυπαντές	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO ₂	5480000	4670000	3920000	5260000
CO	3270	5060	3610	2530
NO _x /NO ₂	6000	7500	8030	10900
SO _x /SO ₂	24200	35800	22700	30600
PM ₁₀	1280	1830	581	1060
Βαρέα Μέταλλα				
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Hg	x	x	100	245
As	x	x	x	37
Cr	180	292	x	246
Ni	217	803	2160	5290
Zn	x	313	376	967

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

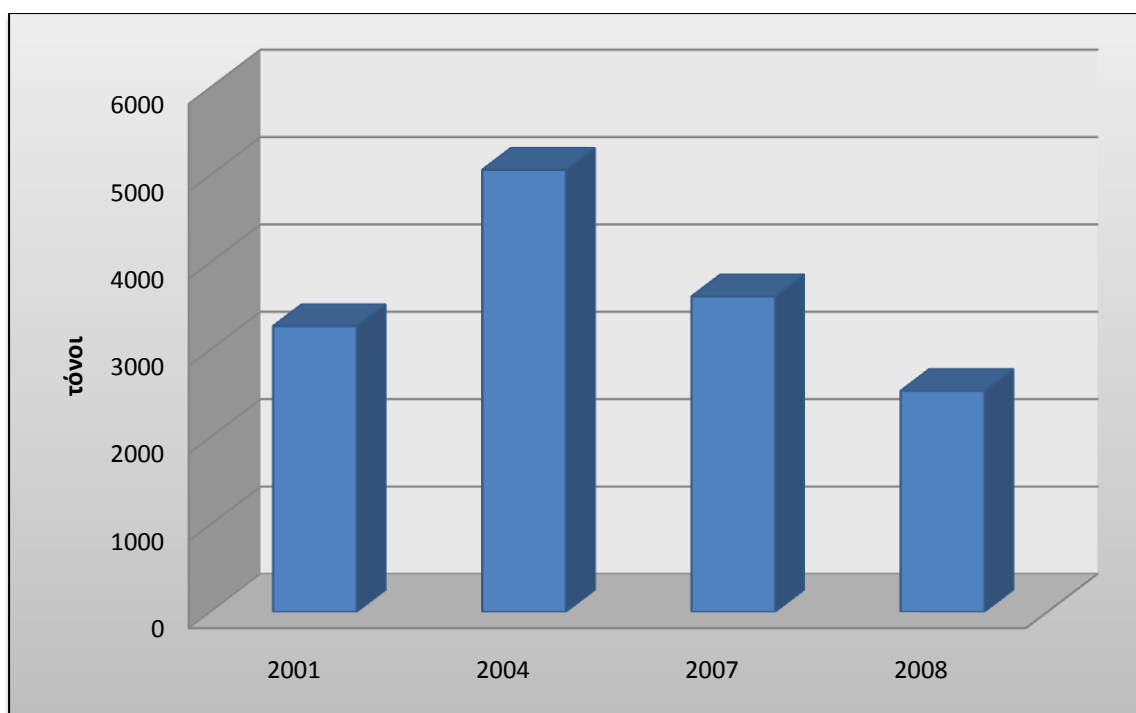
Εικόνα 46 Παραχθείσα ενέργεια



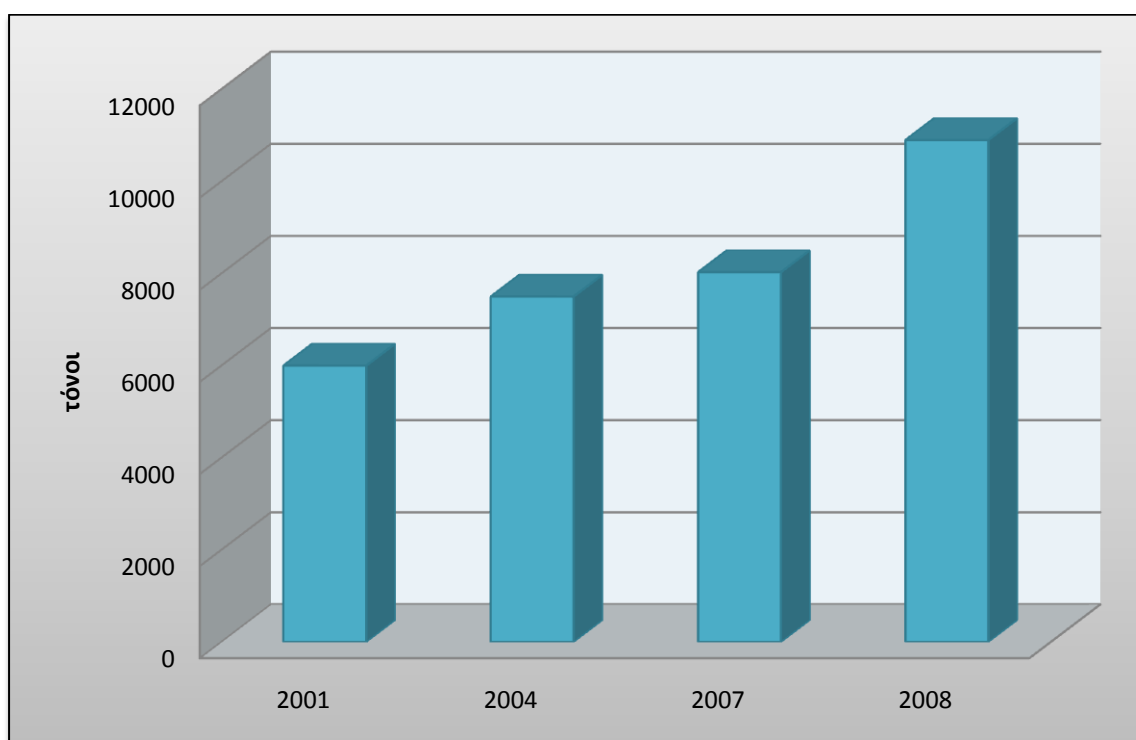
Εικόνα 47 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα



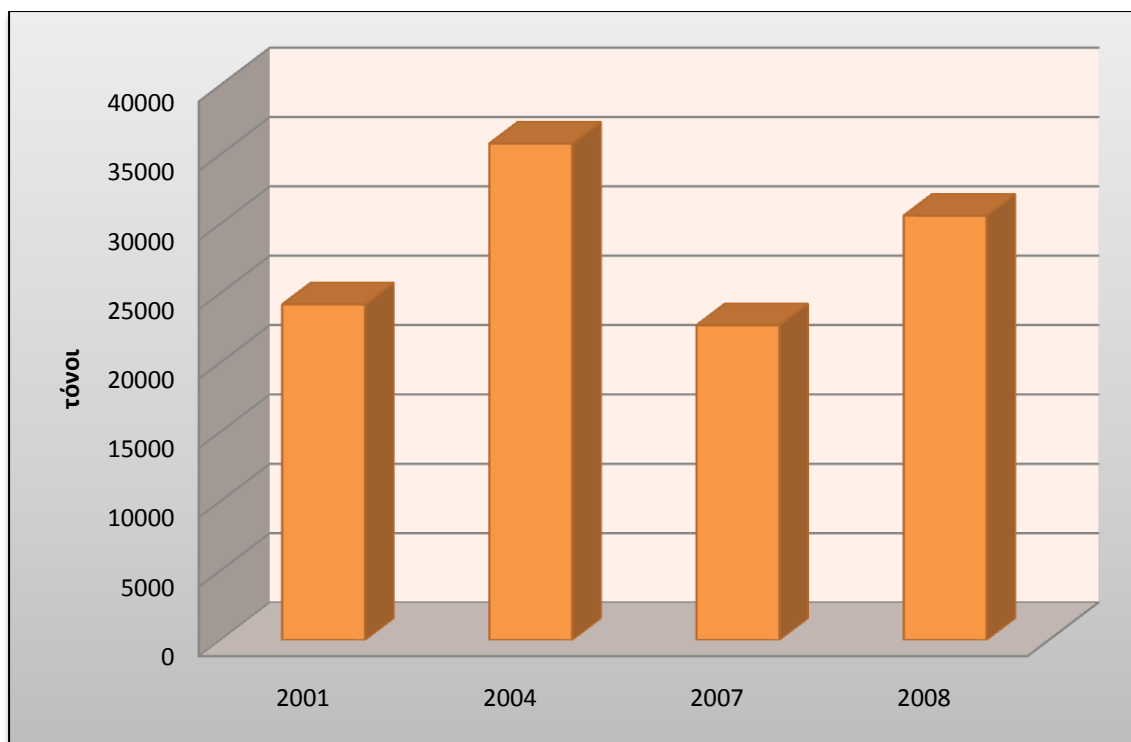
Εικόνα 48 Εκπομπές μονοξειδίου το άνθρακα



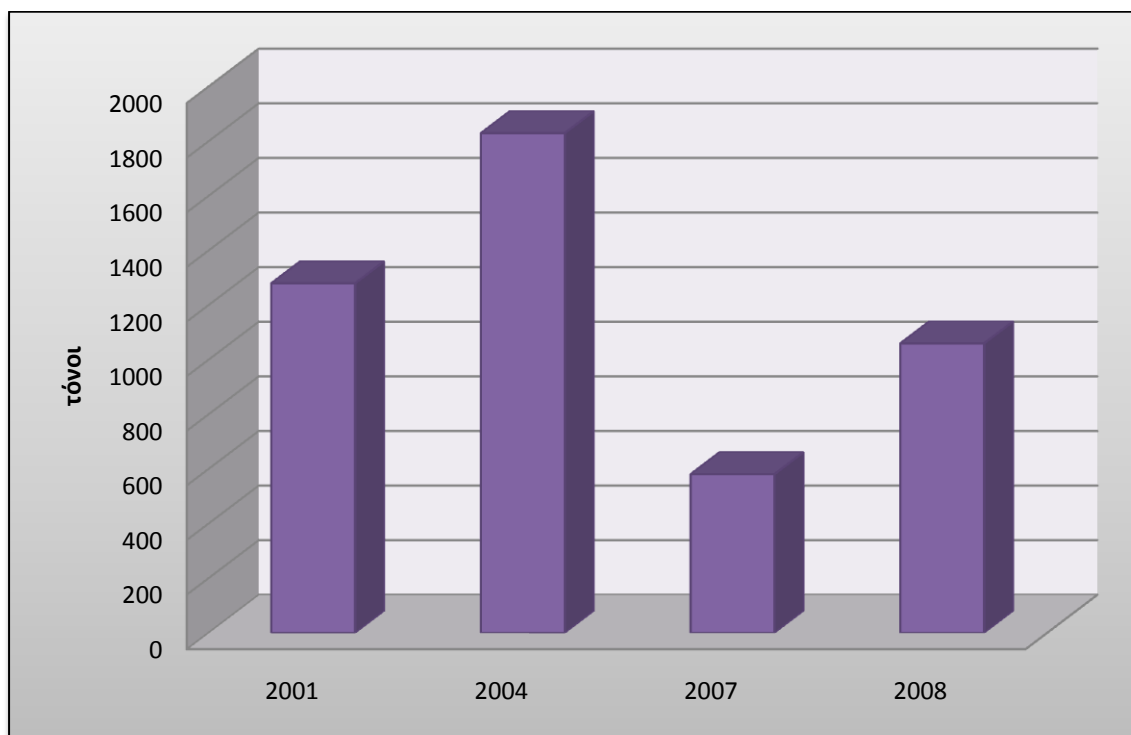
Εικόνα 49 Εκπομπές νιτρικών οξείδων



Εικόνα 50 Εκπομπές διοξειδίου του θείου

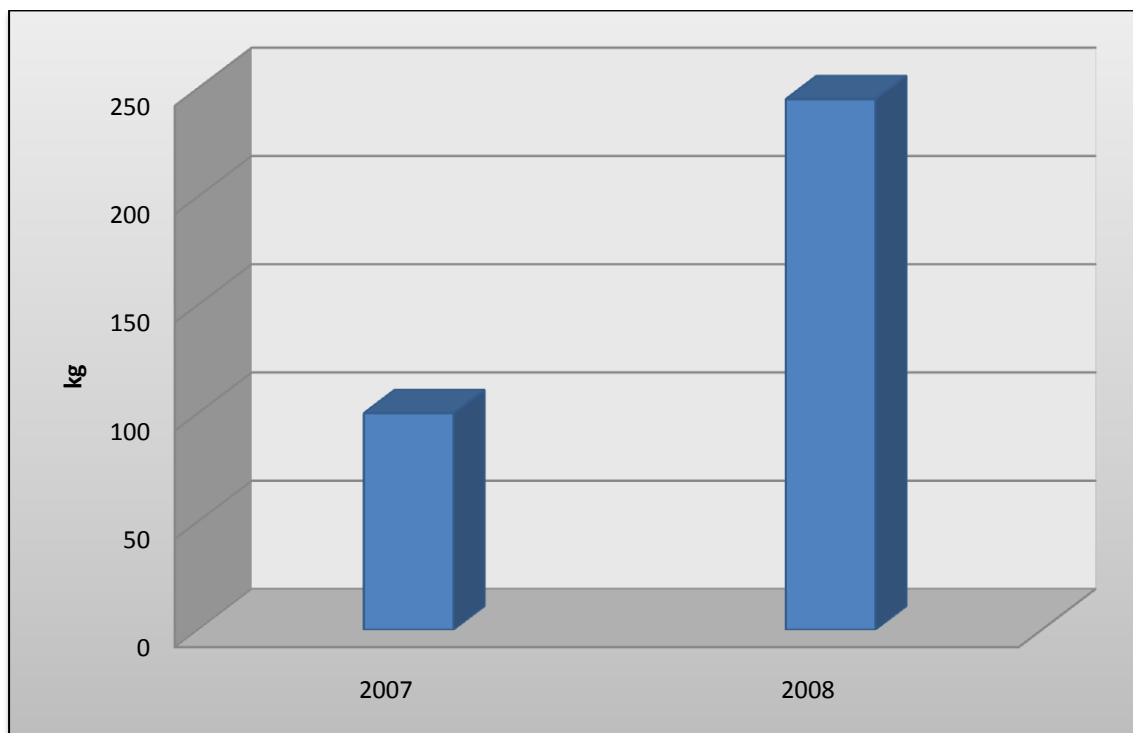


Εικόνα 51 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων

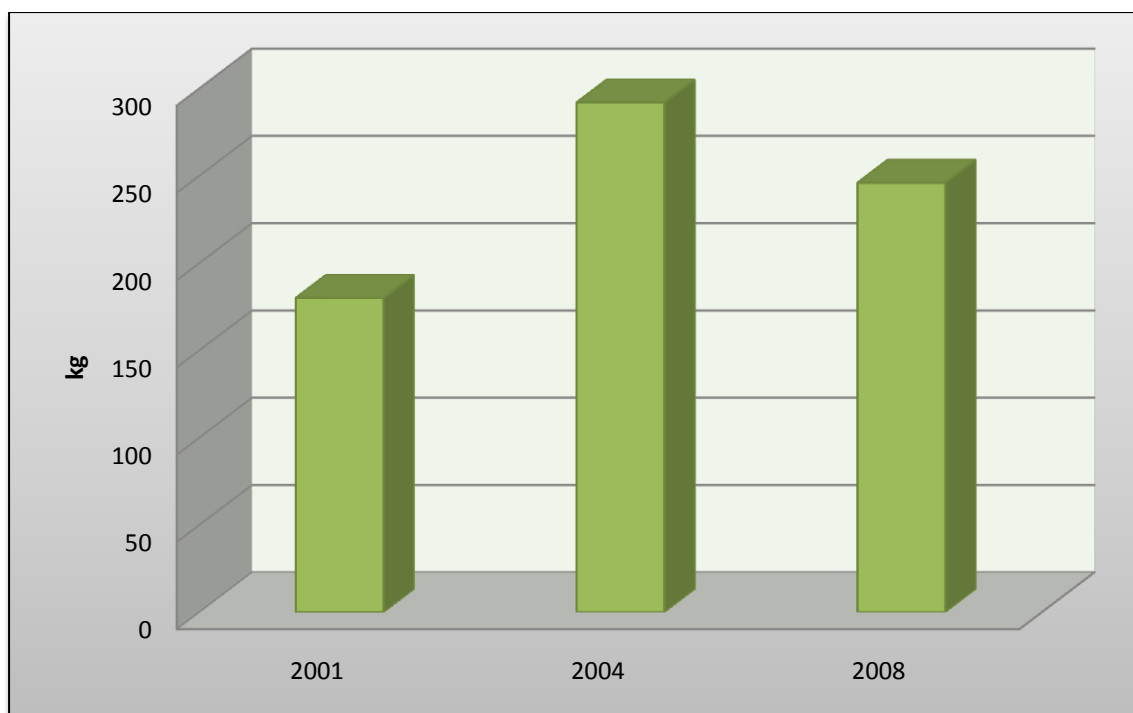


Βαρέα μέταλλα

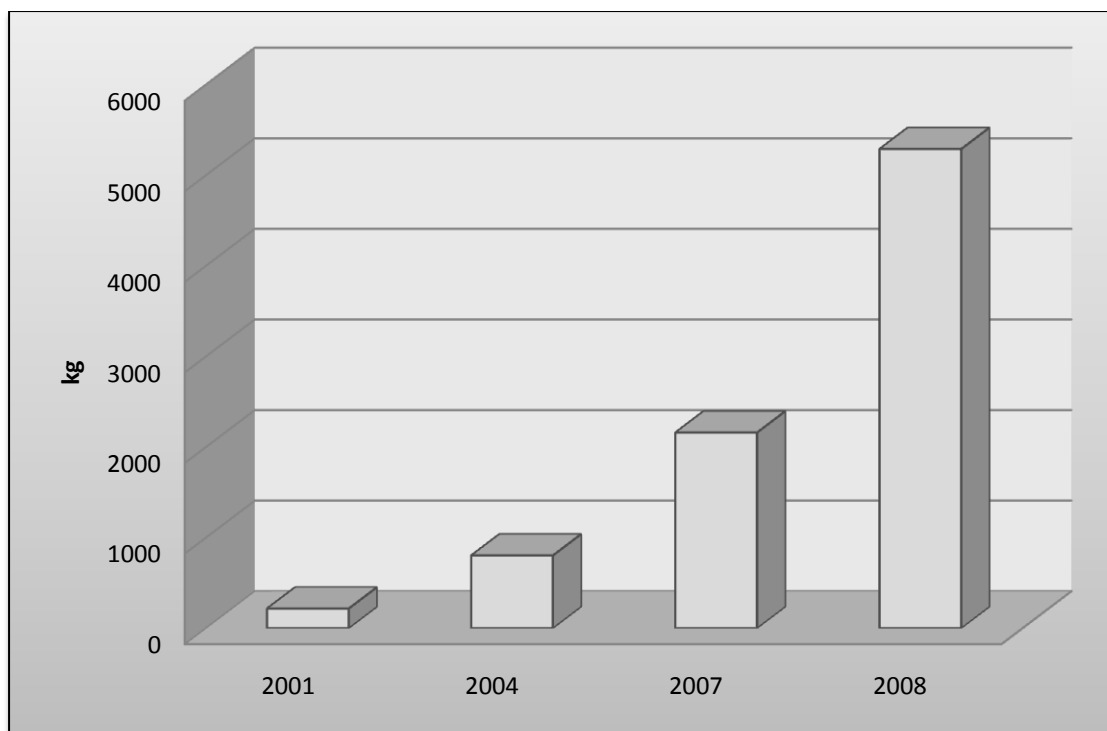
Εικόνα 52 Εκπομπές υδραργύρου



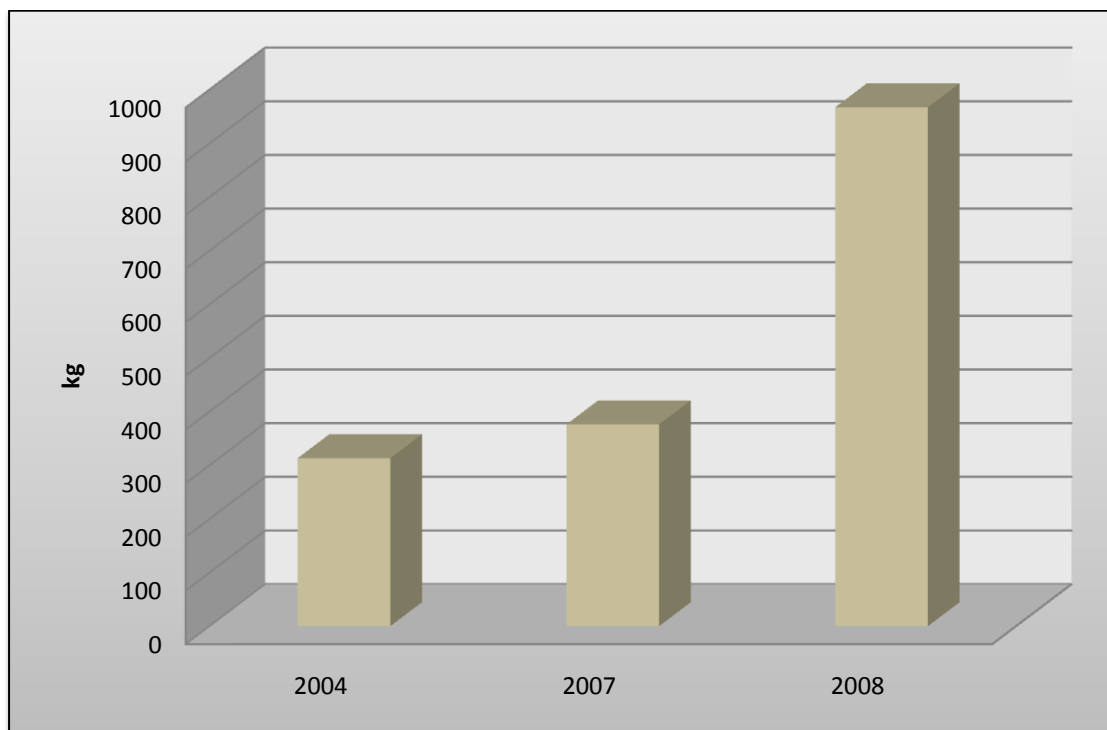
Εικόνα 53 Εκπομπές χρωμίου



Εικόνα 54 Εκπομπές νικελίου



Εικόνα 55 Εκπομπές ψευδαργύρου

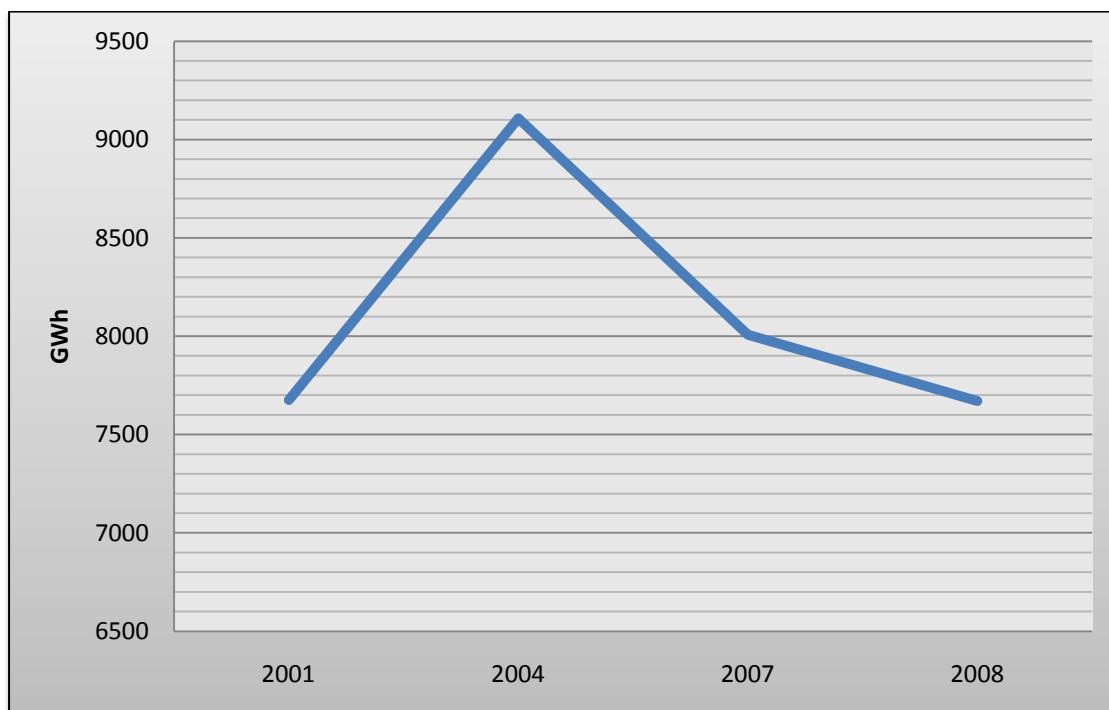


3.5 ΑΗΣ Καρδιάς

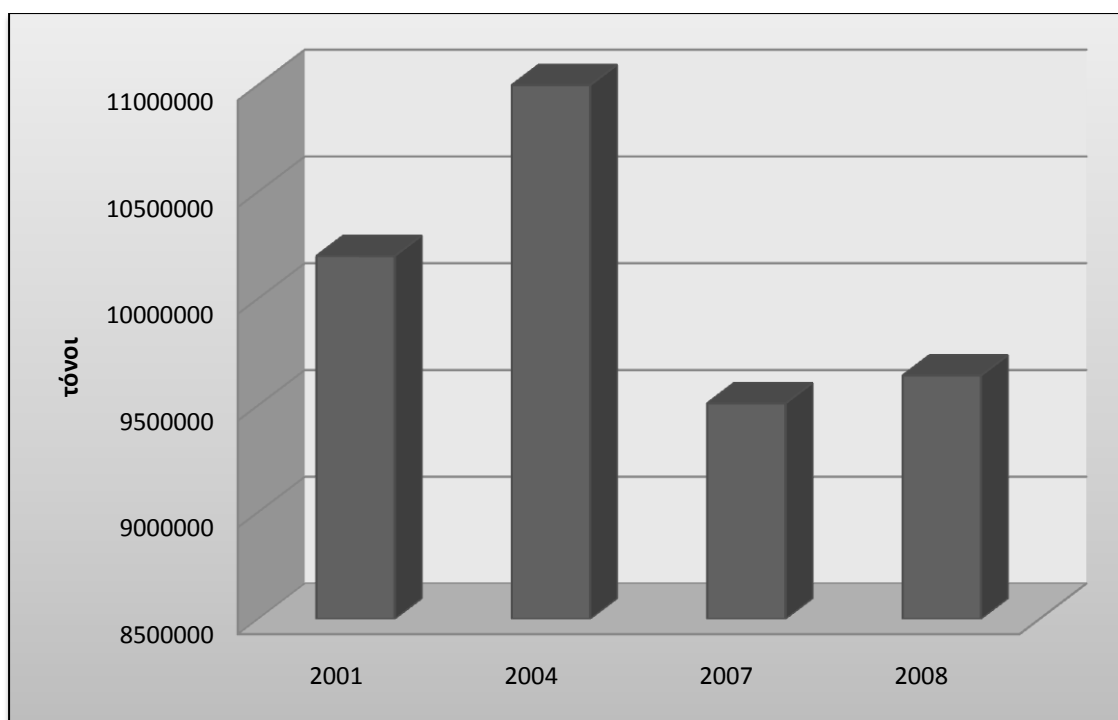
Ρυπαντές	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO ₂	10200000	11000000	9510000	9640000
CO	2160	2290	2600	1850
NO _x /NO ₂	15800	19900	17400	17400
SO _x /SO ₂	17200	11700	3180	7110
PM ₁₀	4350	4560	5330	5800
Βαρέα Μέταλλα	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Hg	x	x	69	151
As	30,4	1100	57	403
Cr	1780	2360	126	749
Ni	1340	4260	249	1430
Zn	713	1610	952	2320

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

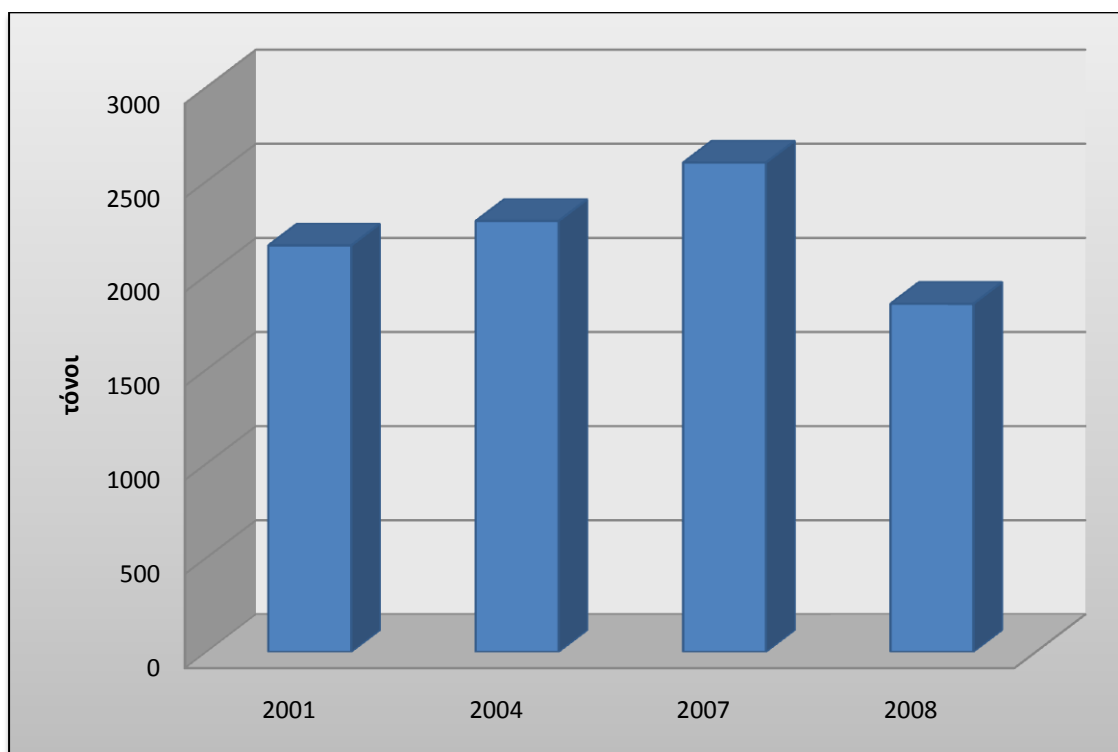
Εικόνα 56 Παραχθείσα ενέργεια



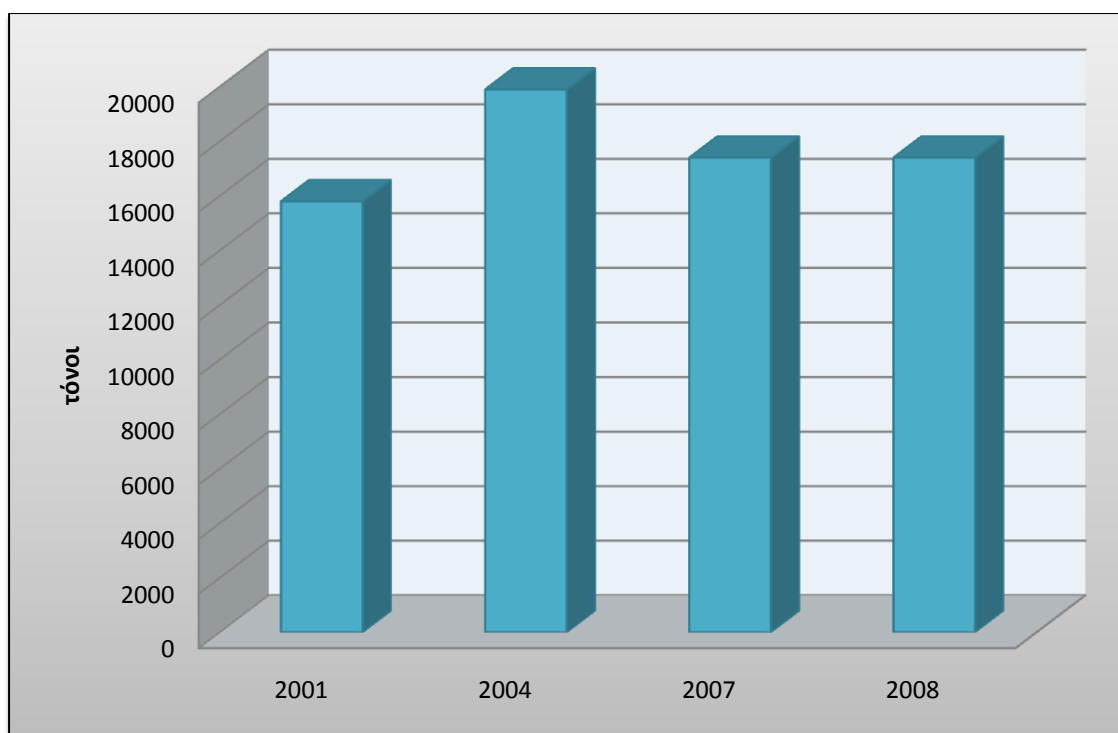
Εικόνα 57 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα



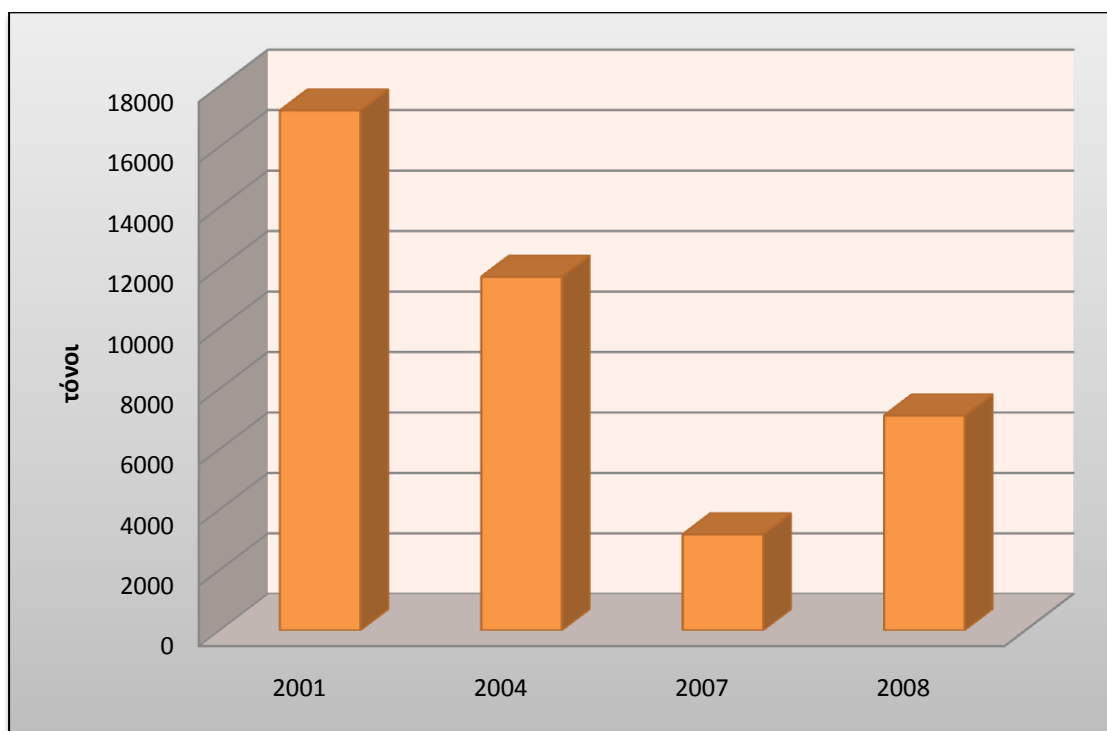
Εικόνα 58 Εκπομπές μονοξειδίου το άνθρακα



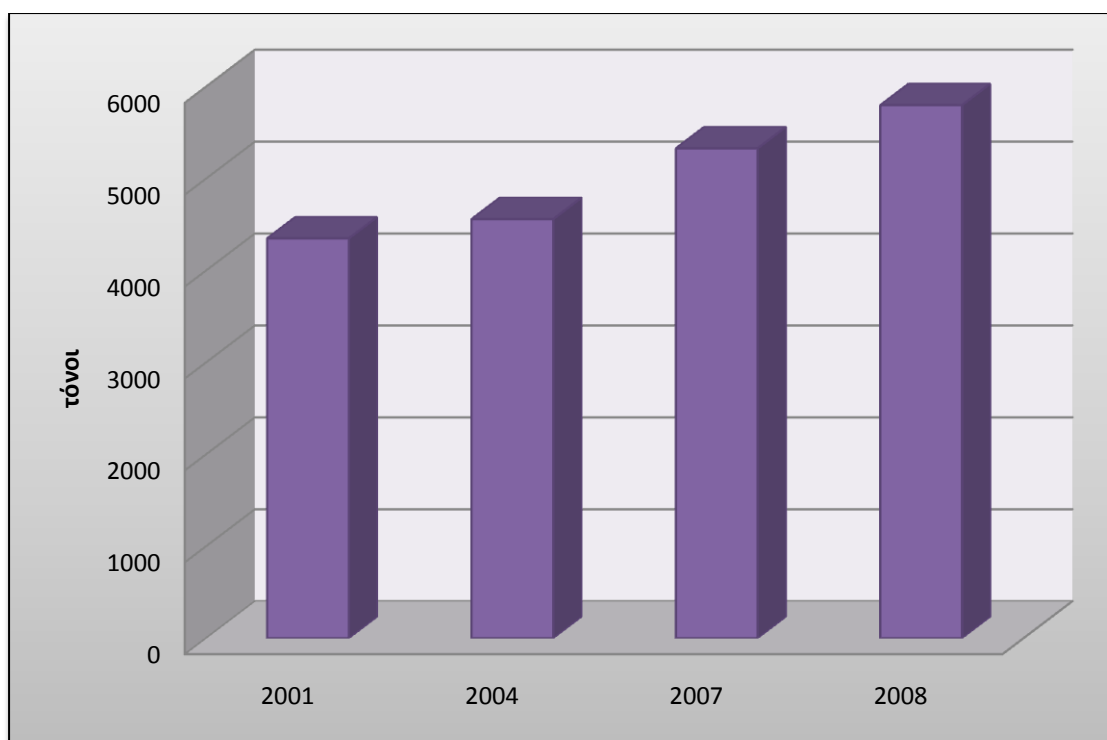
Εικόνα 59 Εκπομπές νιτρικών οξείδων



Εικόνα 60 Εκπομπές διοξειδίου του θείου

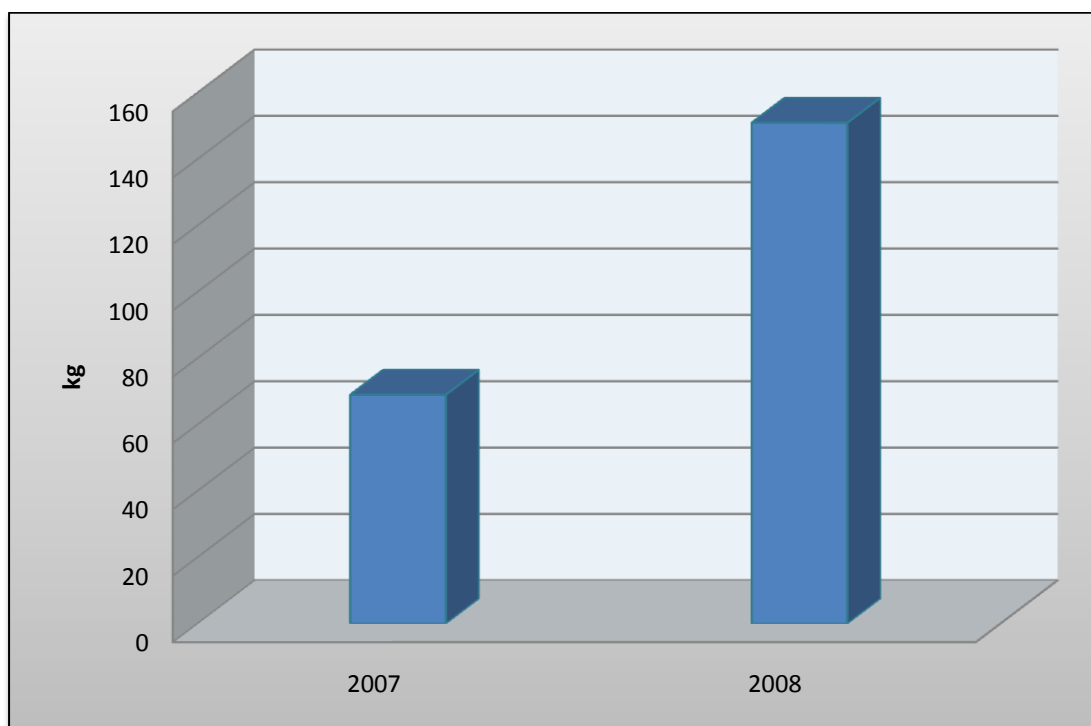


Εικόνα 61 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων

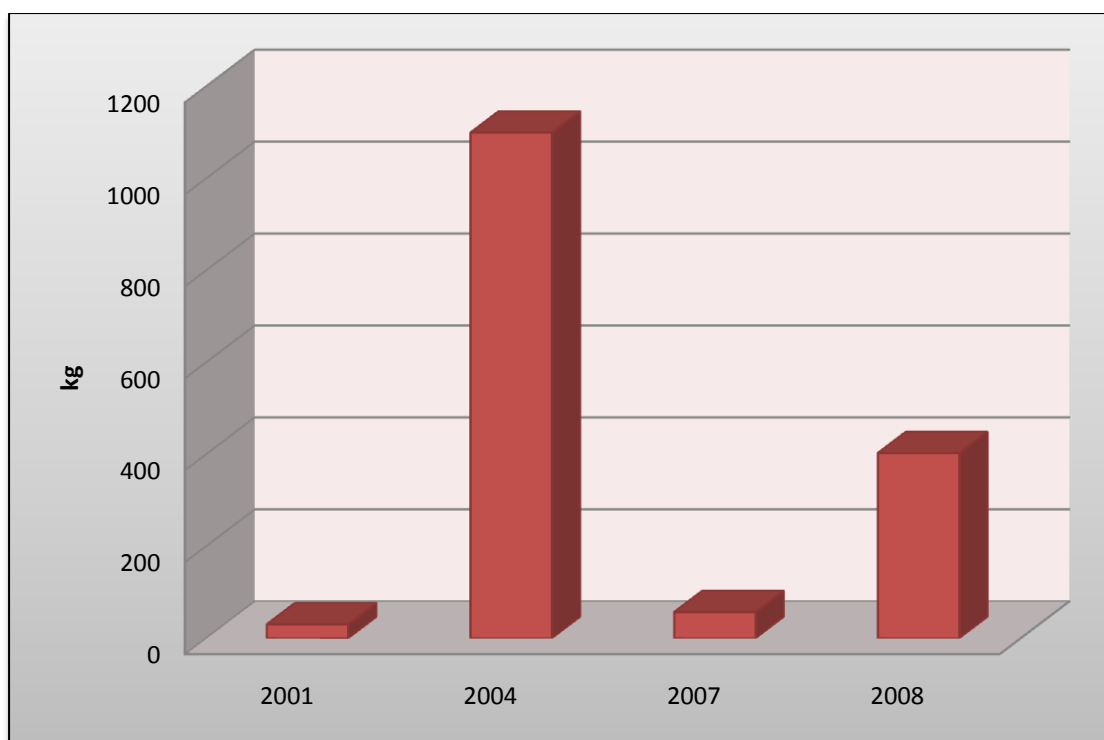


Βαρέα μέταλλα

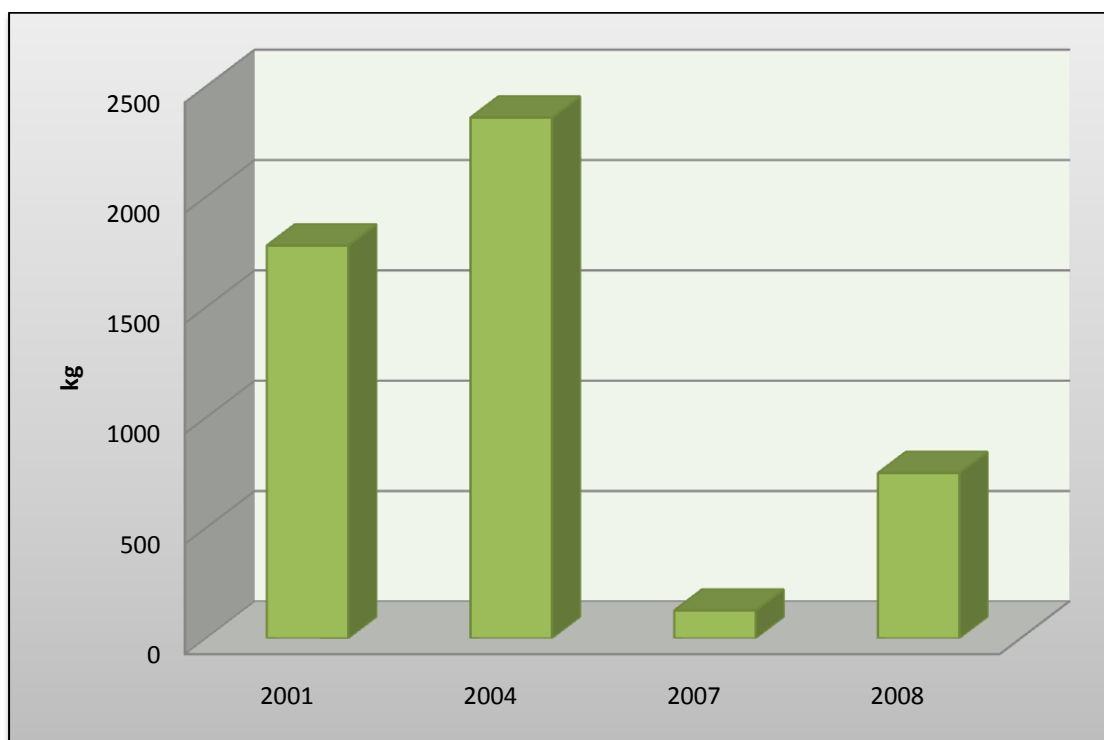
Εικόνα 62 Εκπομπές υδραργύρου



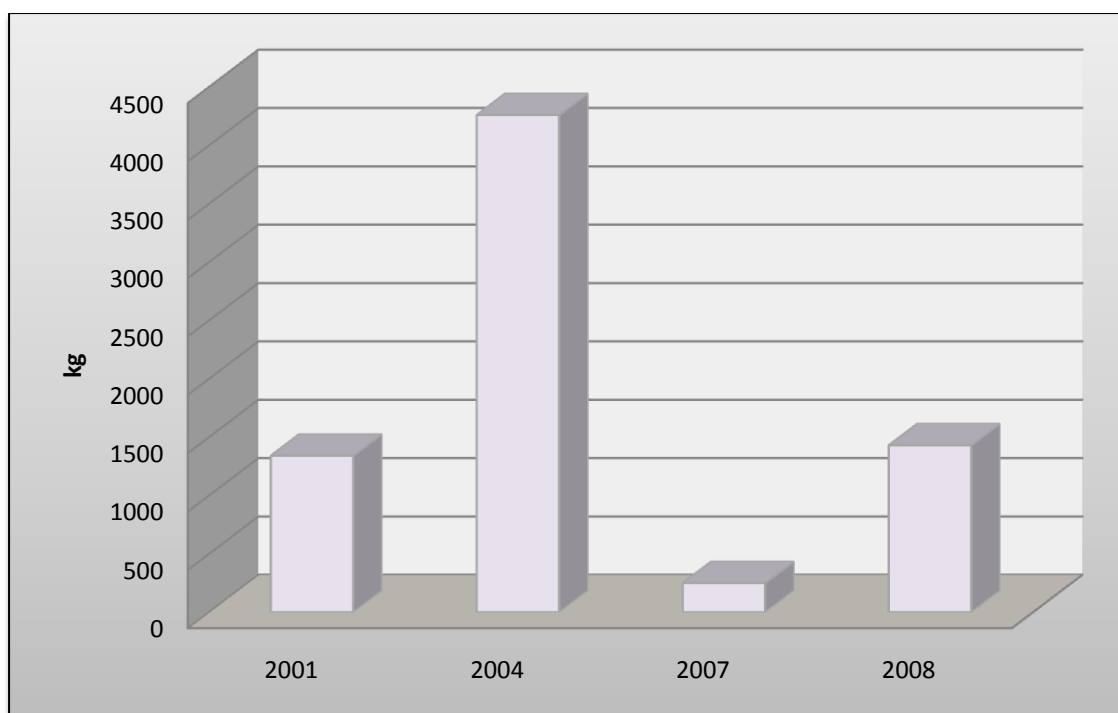
Εικόνα 63 Εκπομπές αρσενικού



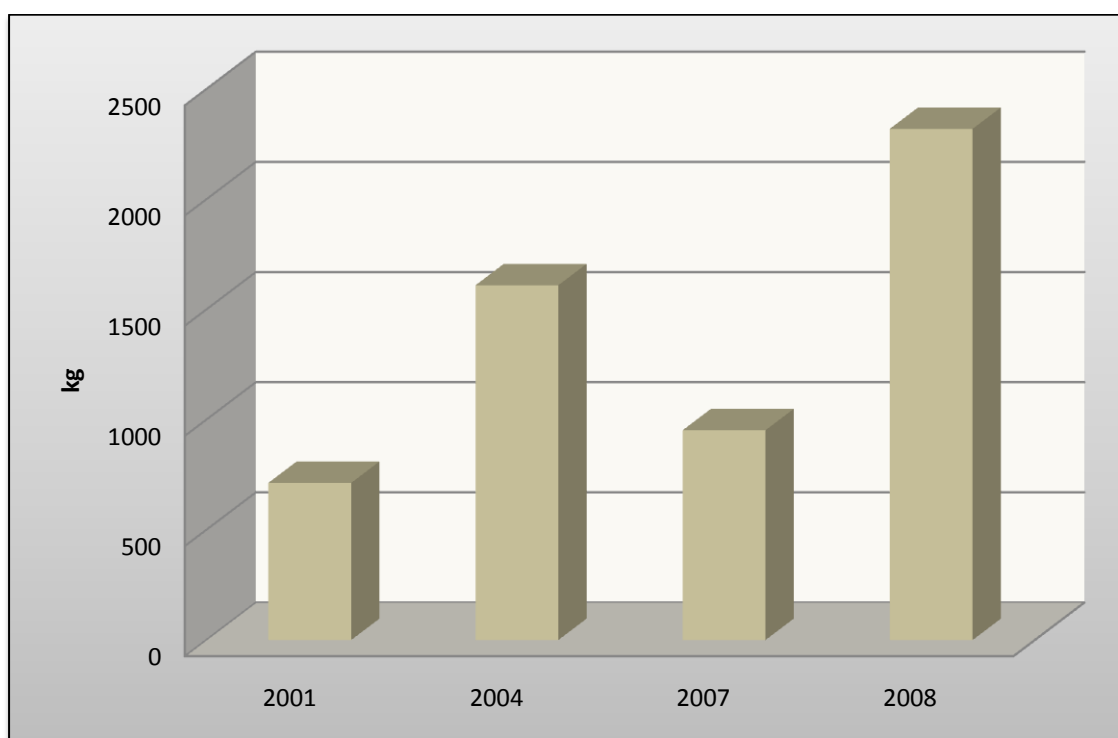
Εικόνα 64 Εκπομπές χρωμίου



Εικόνα 65 Εκπομπές νικελίου



Εικόνα 66 Εκπομπές ψευδαργύρου

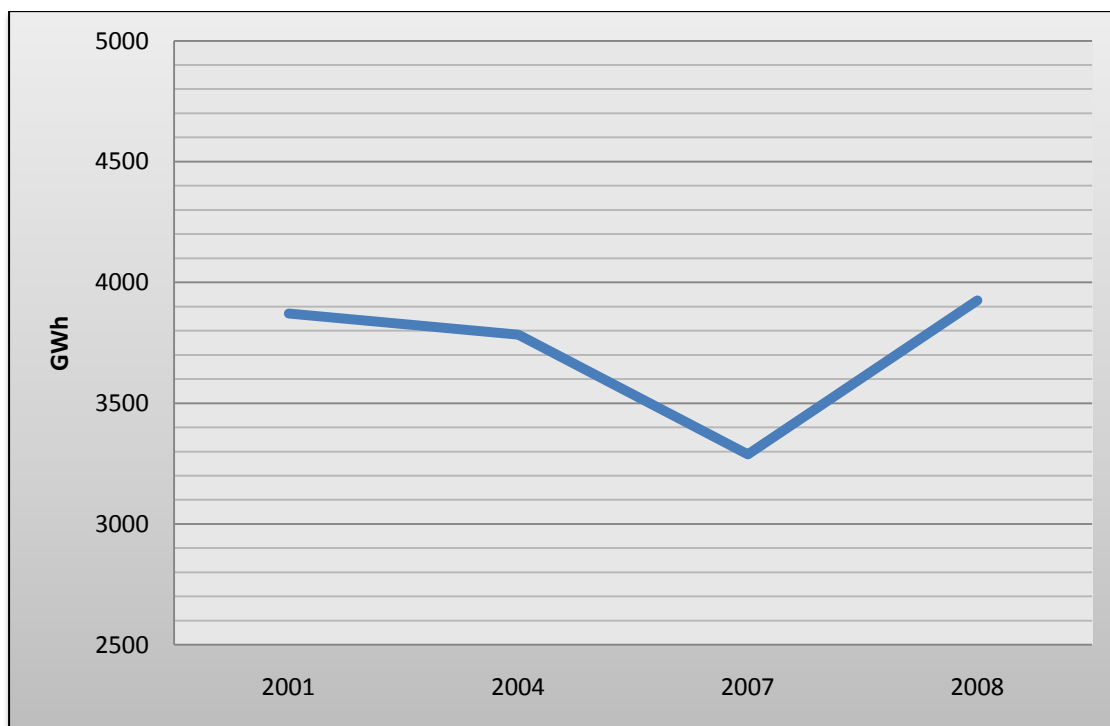


3.6 ΑΗΣ Πτολεμαΐδας

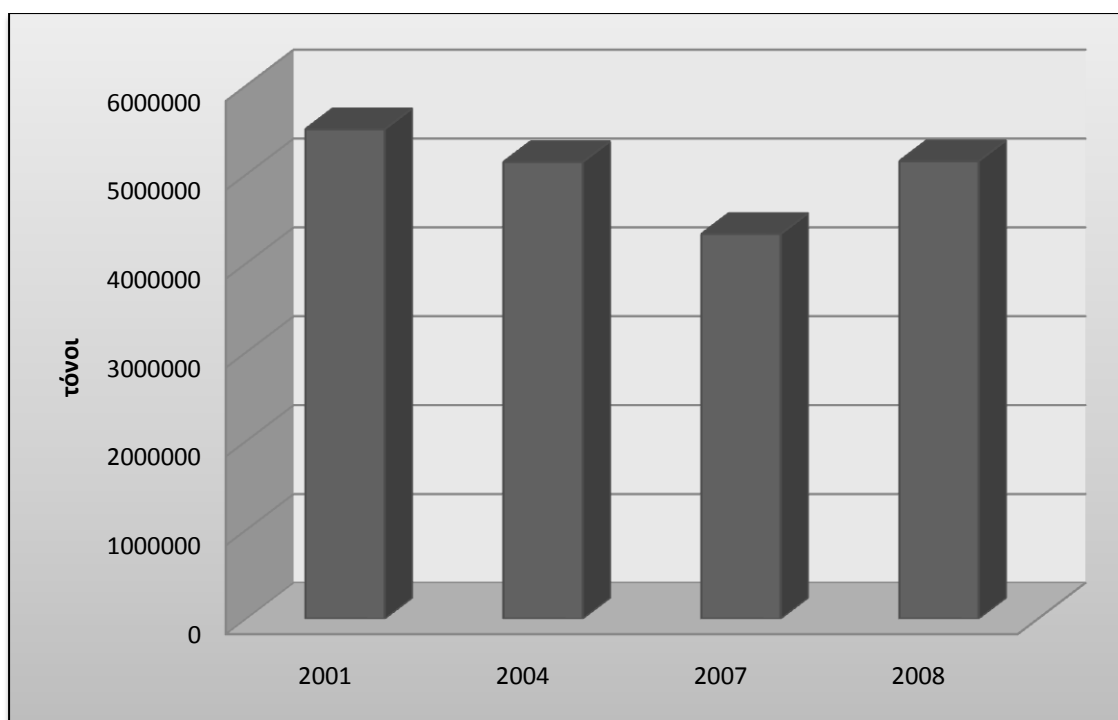
Ρυπαντές	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO ₂	5510000	5140000	4330000	5150000
CO	1690	2820	1920	1460
NO _x /NO ₂	7200	7640	6000	6940
SO _x /SO ₂	9300	14000	4980	3470
PM ₁₀	2550	4050	9980	7170
Βαρέα Μέταλλα	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Hg	x	x	74	81
As	x	x	269	295
Cr	316	332	454	496
Ni	236	1000	1030	1130
Zn	216	1020	1170	1280

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

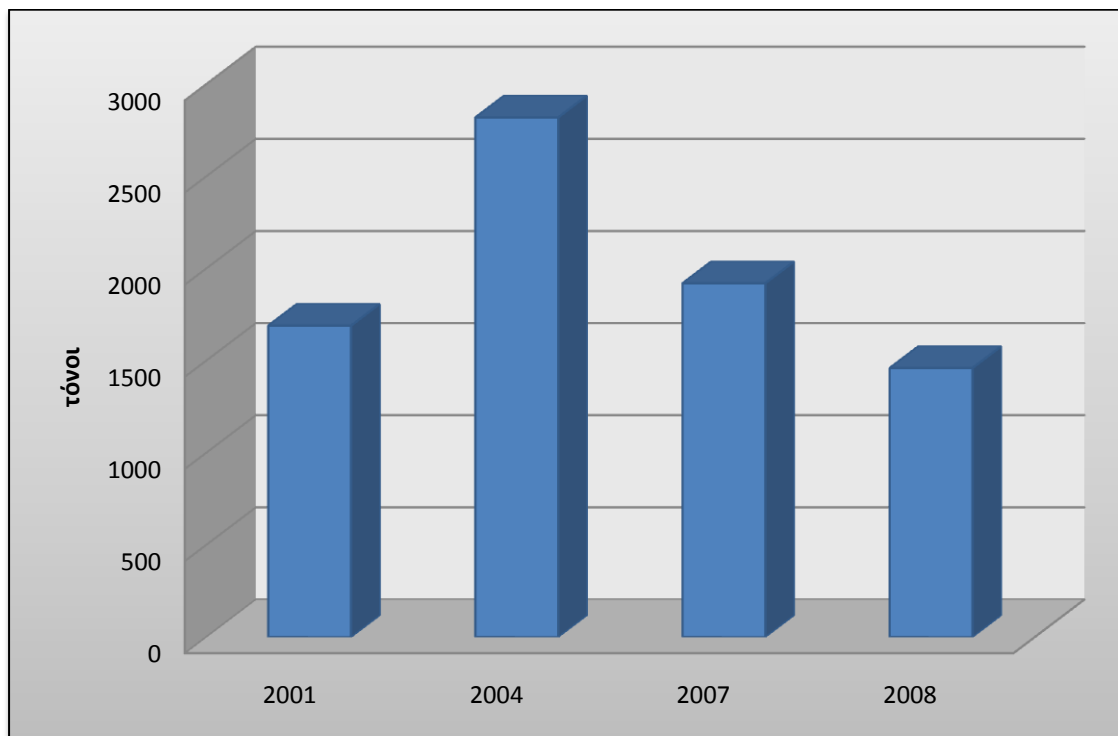
Εικόνα 67 Παραχθείσα ενέργεια



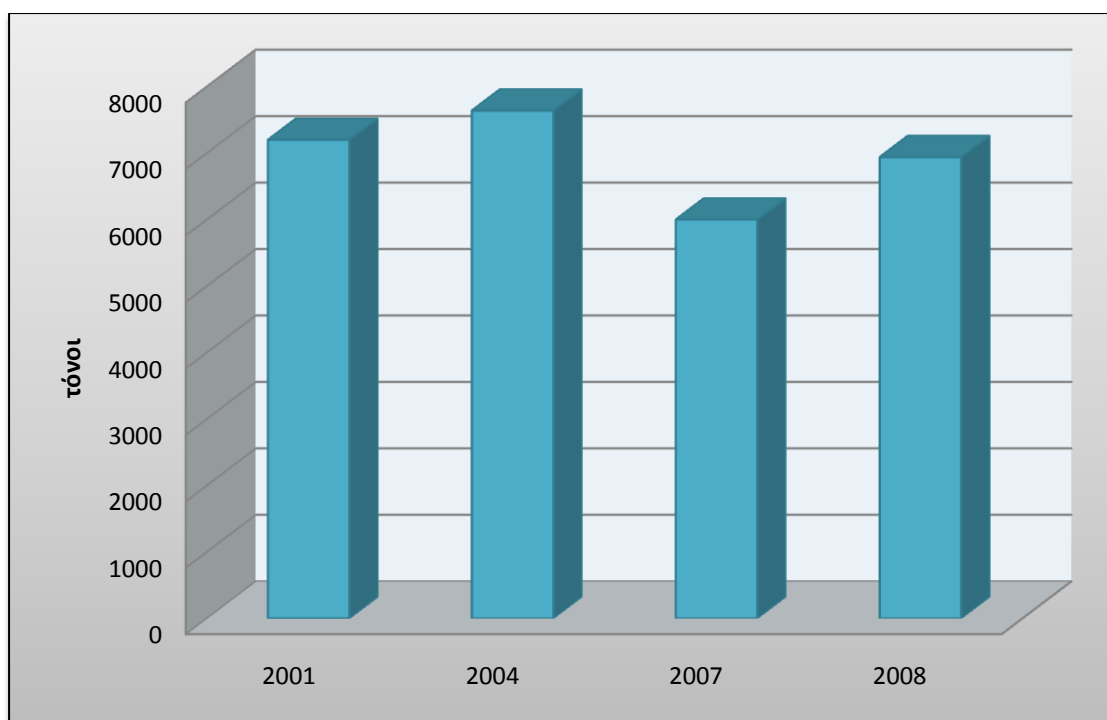
Εικόνα 68 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα



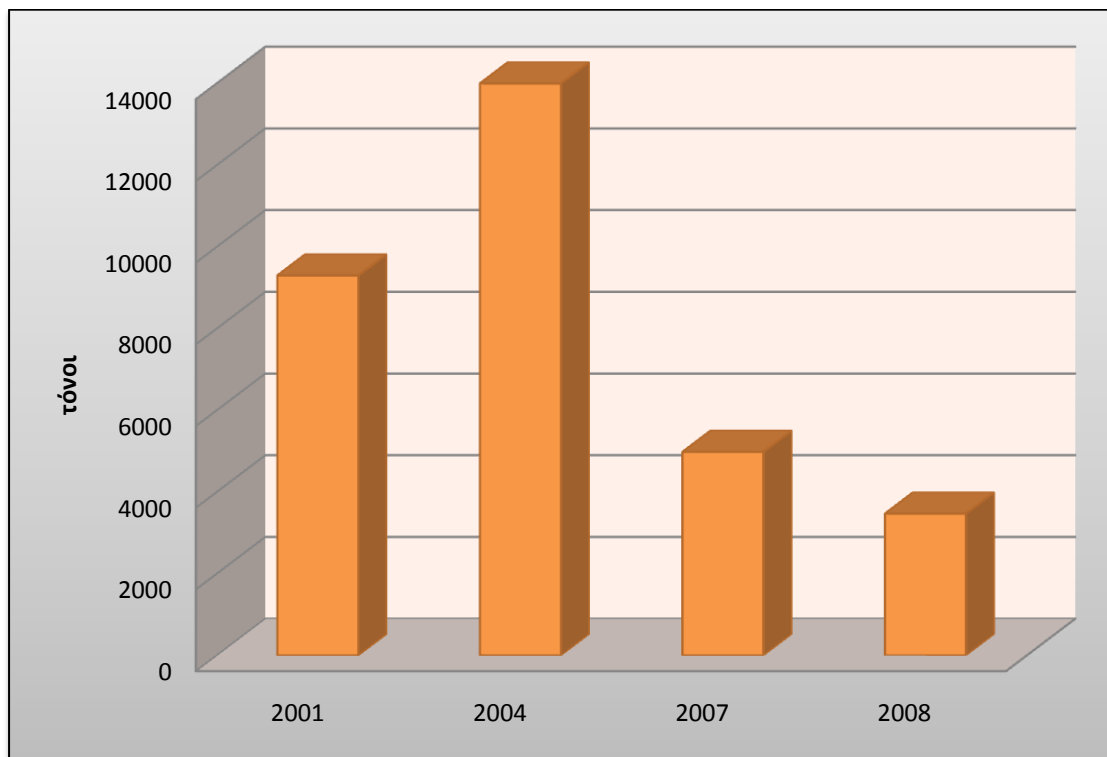
Εικόνα 69 Εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα



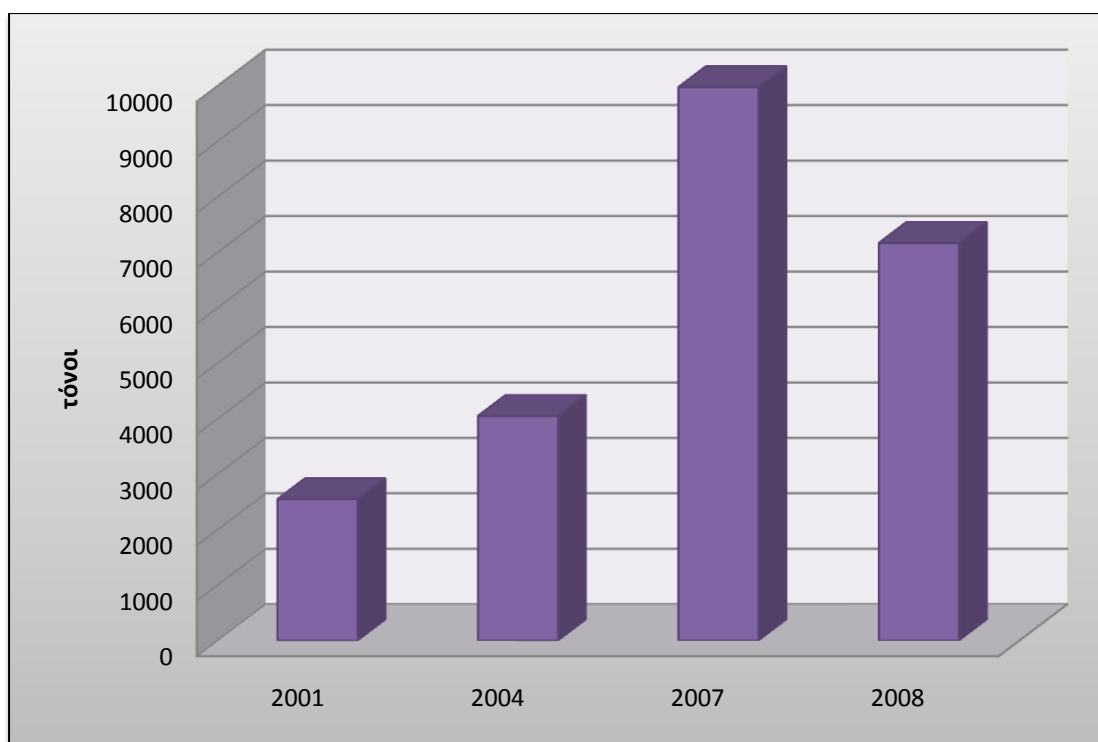
Εικόνα 70 Εκπομπές νιτρικών οξειδίων



Εικόνα 71 Εκπομπές διοξειδίου του θείου

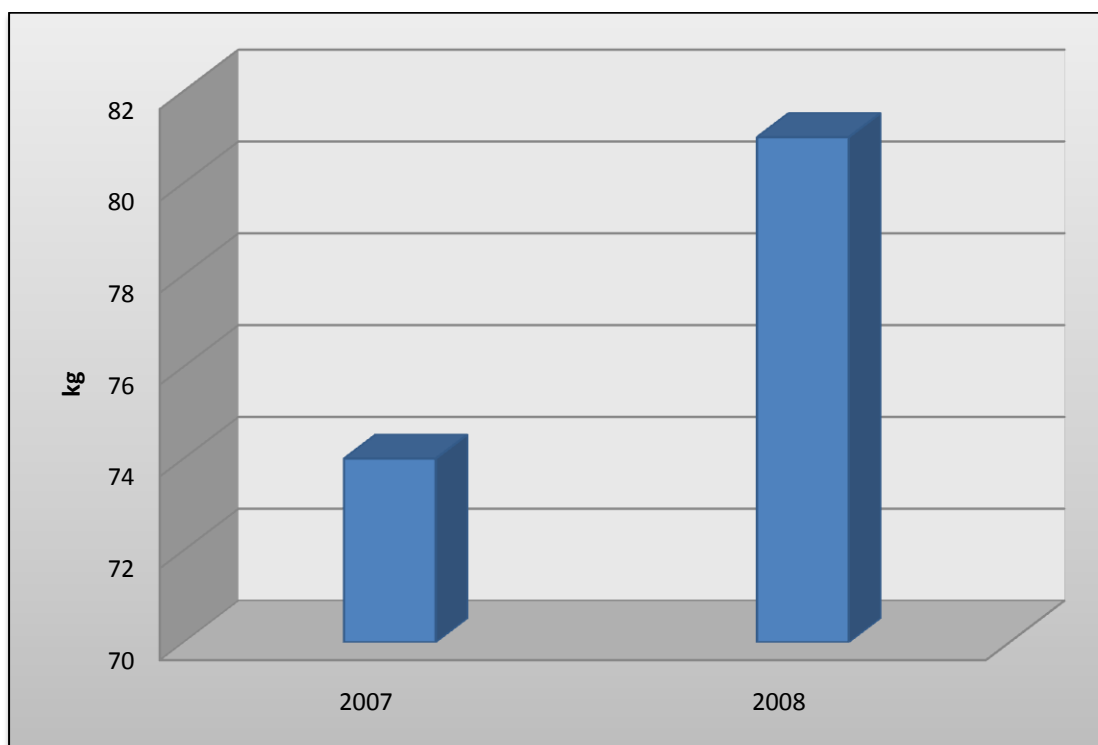


Εικόνα 72 Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων

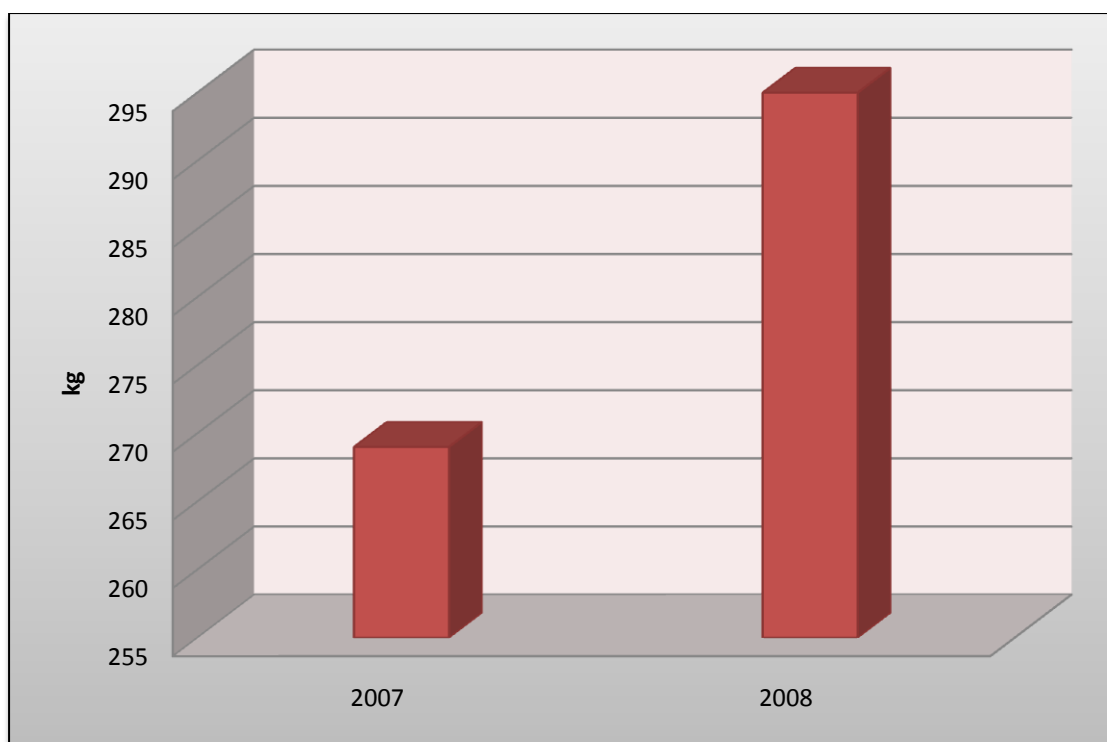


Βαρέα μέταλλα

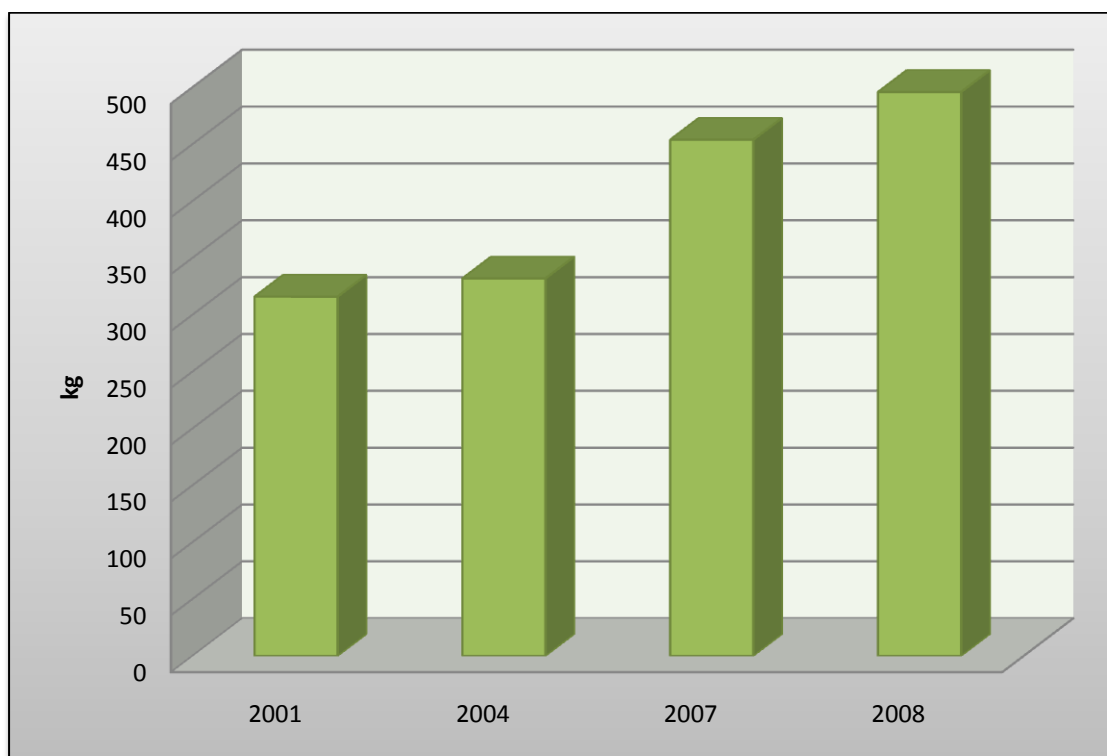
Εικόνα 73 Εκπομπές υδραργύρου



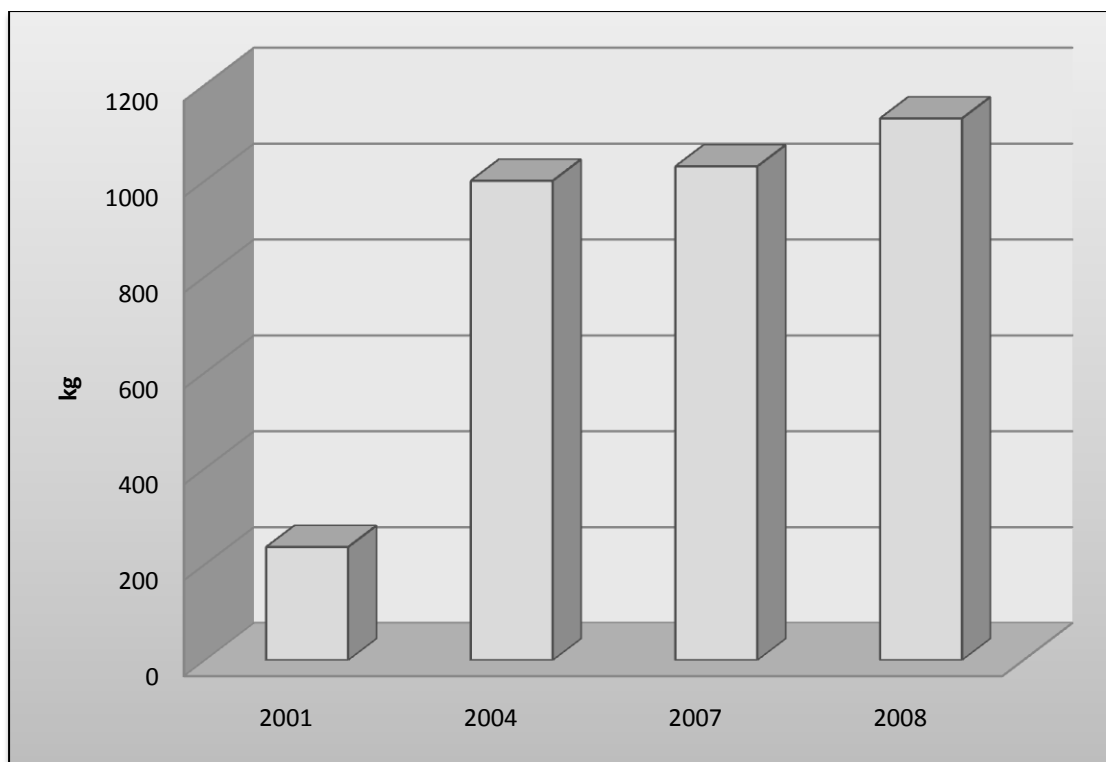
Εικόνα 74 Εκπομπές αρσενικού



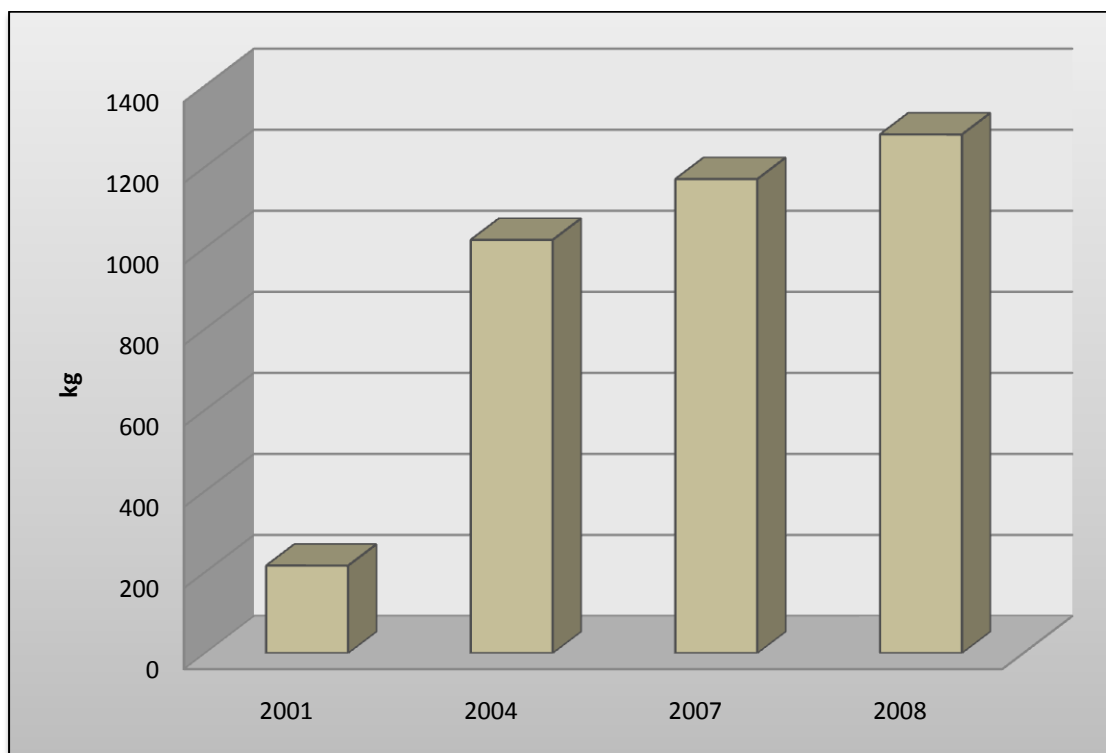
Εικόνα 75 Εκπομπές χρωμίου



Εικόνα 76 Εκπομπές νικελίου



Εικόνα 77 Εκπομπές ψευδαργύρου

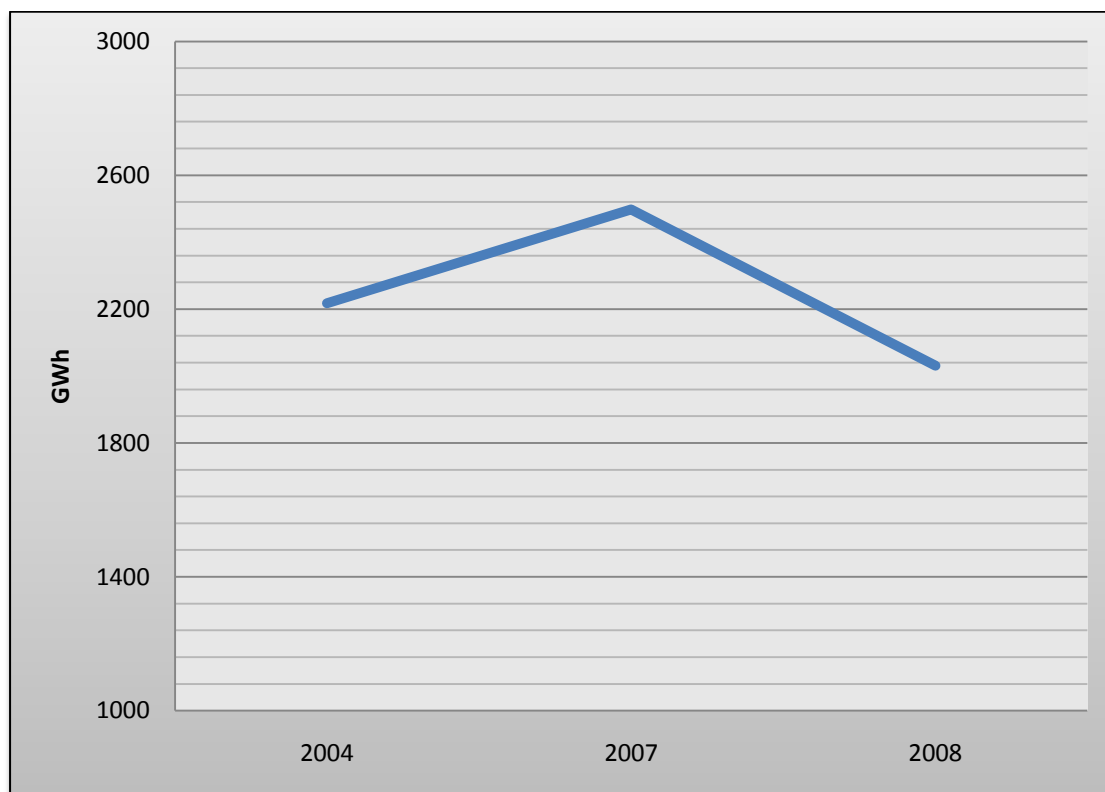


3.7 ΑΗΣ Μελίτης

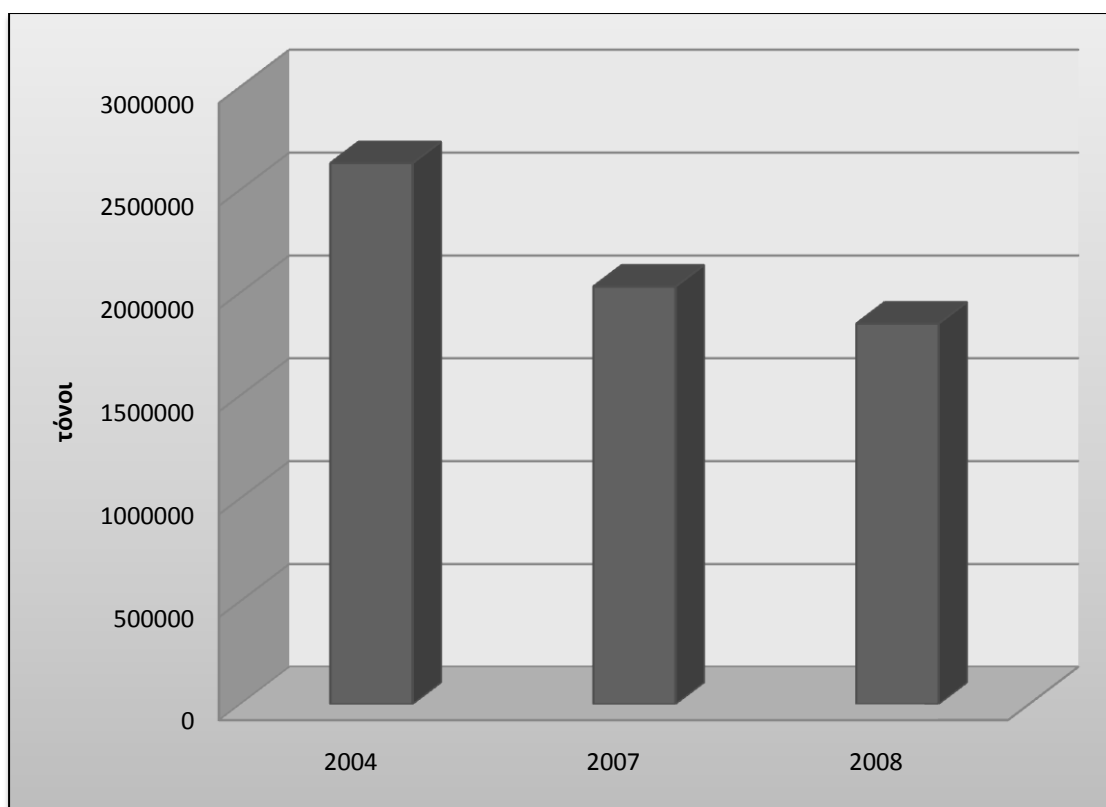
Ρυπαντές	2001 (t)	2004 (t)	2007 (t)	2008 (t)
CO ₂	x	2630000	2030000	1850000
CO	x	x	x	x
NO _x /NO ₂	x	1990	1750	1470
SO _x /SO ₂	x	3010	2610	2510
PM ₁₀	x	238	112	x
Βαρέα Μέταλλα	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Hg	x	x	x	x
As	x	x	x	x
Cr	x	x	x	x
Ni	x	x	x	x
Zn	x	x	x	x

x : δεν υπάρχουν στοιχεία

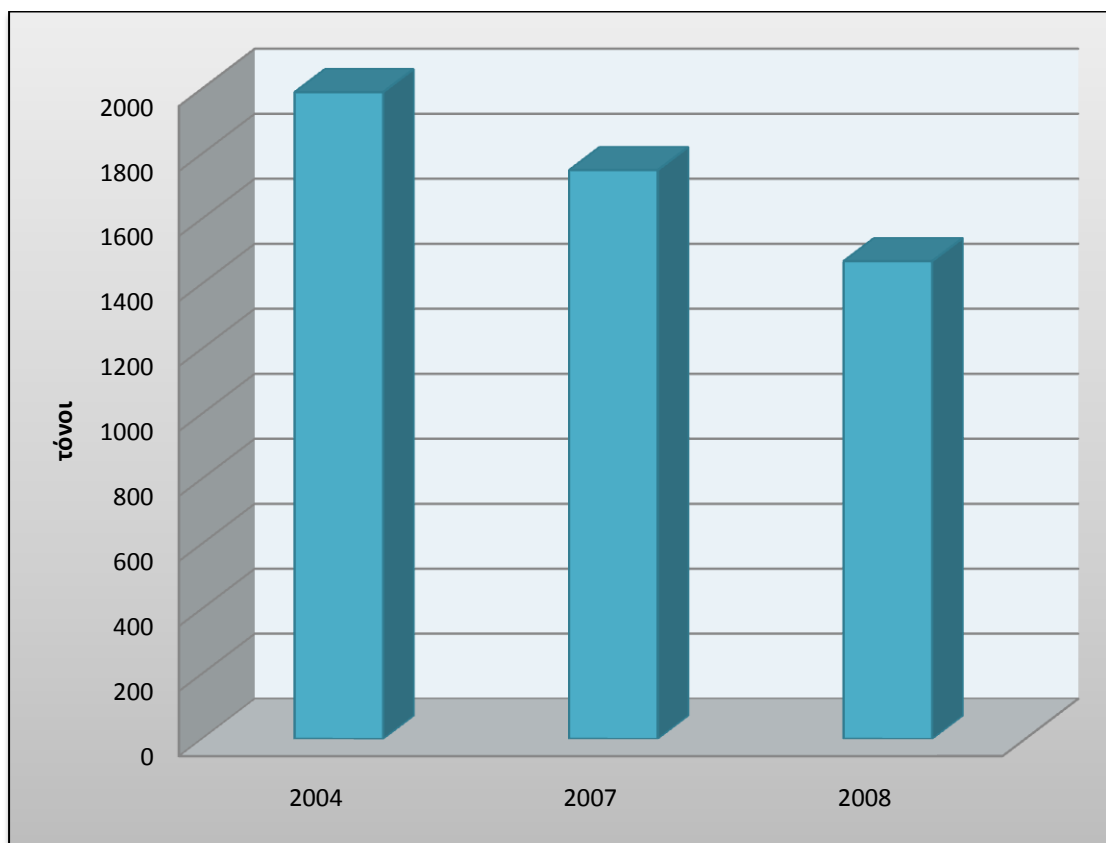
Εικόνα 78 Παραχθείσα ενέργεια



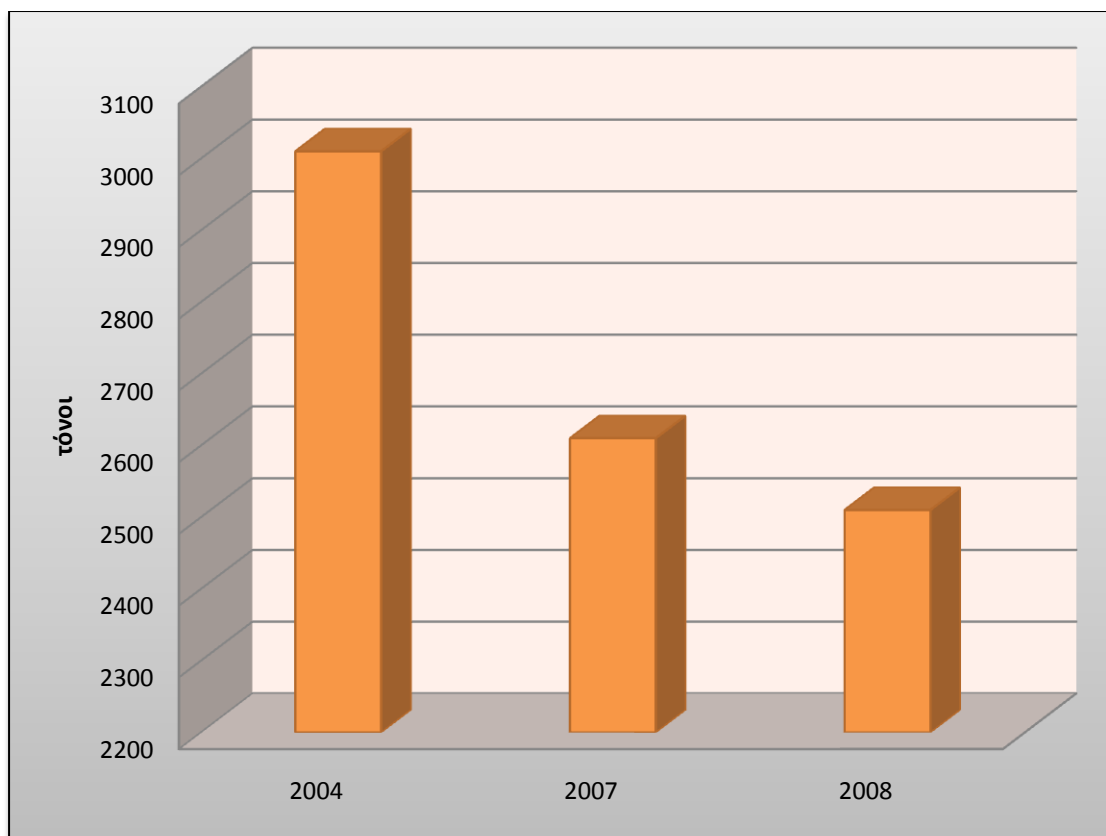
Εικόνα 79 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα



Εικόνα 80 Εκπομπές νιτρικών οξείδων



Εικόνα 81 Εκπομπές διοξειδίου του θείου

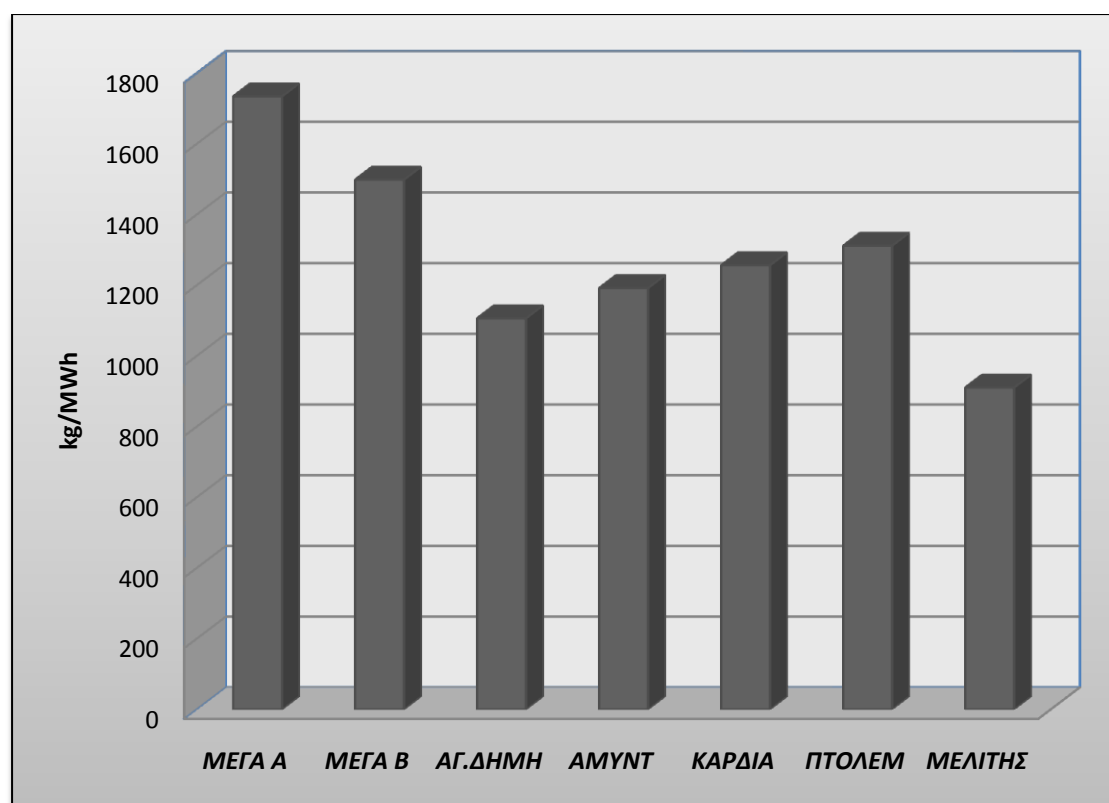


3.8 Ρυθμοί εκπομπών αερίων ρύπων

Πίνακας 9 Ρυθμοί εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα

Σταθμός	Kg/MWh
Μεγαλόπολη Α	1734,44
Μεγαλόπολη Β	1498,94
Αγίου Δημητρίου	1106,75
Αμύνταιου	1192,22
Καρδιάς	1256,77
Πτολεμαΐδας	1311,96
Μελίτης	910,64

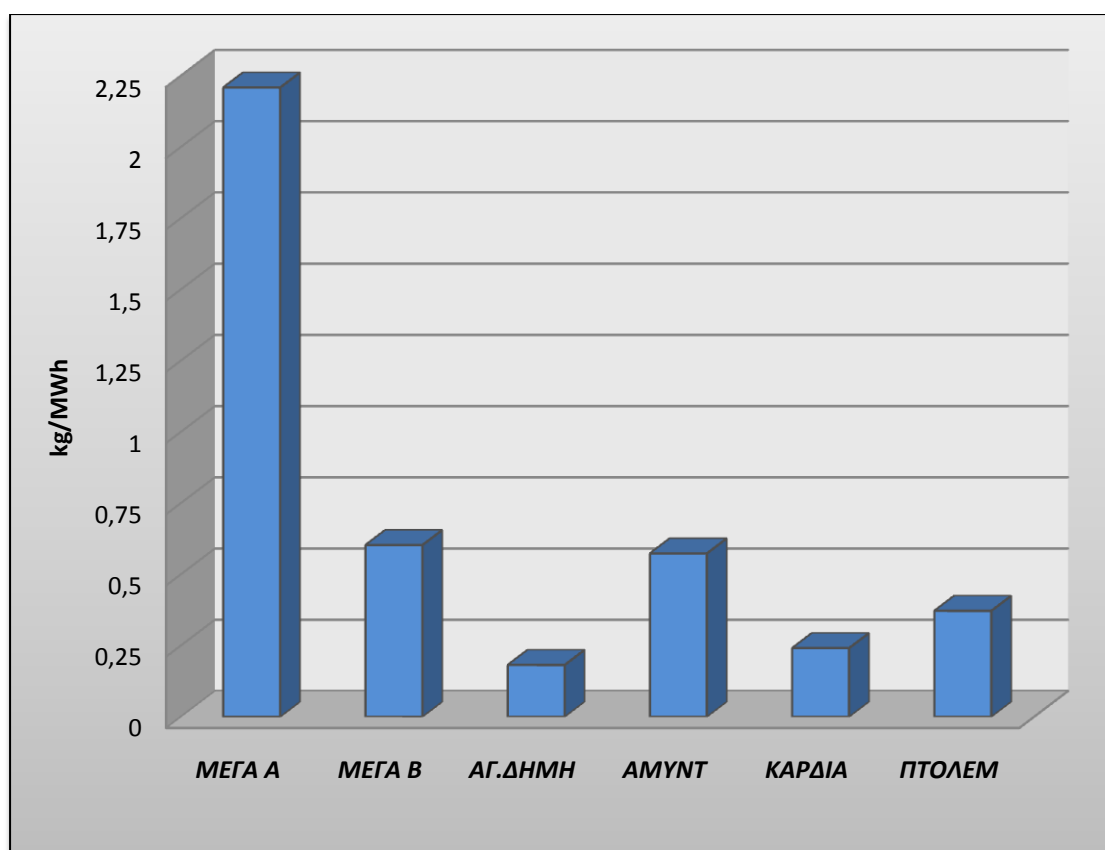
Εικόνα 82 Ρυθμός εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα



Πίνακας 10 Ρυθμοί εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα

<i>Σταθμός</i>	<i>Kg/MWh</i>
Μεγαλόπολη Α	2,20901034
Μεγαλόπολη Β	0,602999254
Αγίου Δημητρίου	0,181958189
Αμύνταιου	0,573444532
Καρδιάς	0,2411858
Πτολεμαΐδας	0,371937092

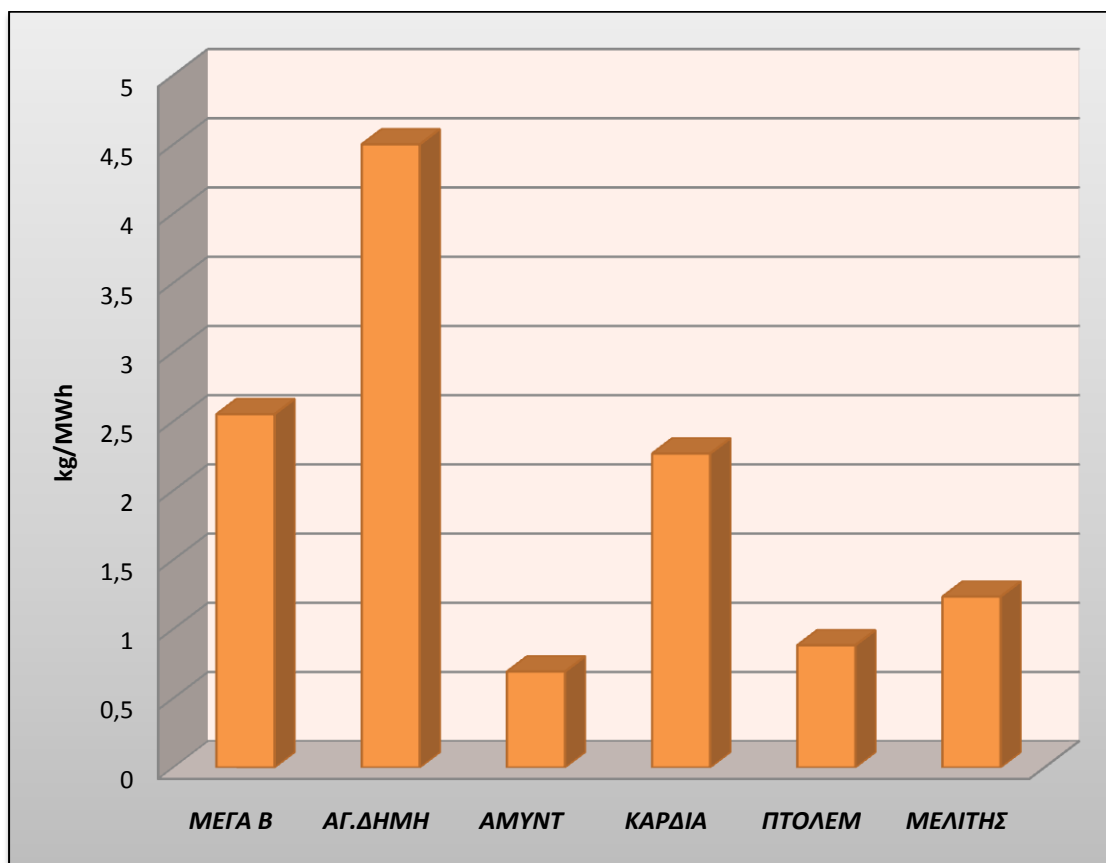
Εικόνα 83 Ρυθμοί εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα



Πίνακας 11 Ρυθμοί εκπομπών διοξειδίου του θείου

Σταθμός	Kg/MWh
Μεγαλόπολη Α	68,72476615
Μεγαλόπολη Β	2,552993436
Αγίου Δημητρίου	4,502058285
Αμύνταιου	0,693573228
Καρδιάς	2,268450225
Πτολεμαΐδας	0,883987471
Μελίτης	1,235

Εικόνα 84 Ρυθμός εκπομπής διοξειδίου του θείου

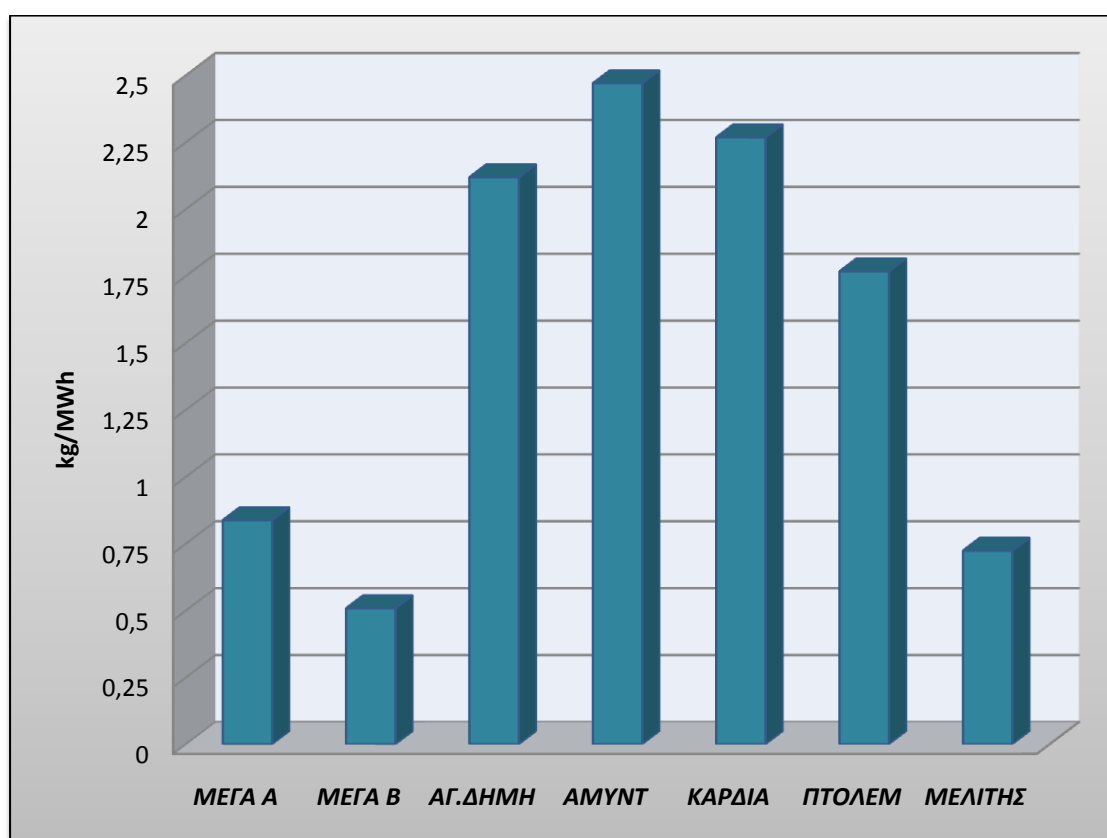


- Ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α δεν συμμετέχει στο γράφημα διότι η τιμή της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ μεγάλη και θα χαθεί η σύγκριση των άλλων σταθμών.

Πίνακας 12 Ρυθμοί εκπομπής νιτρικών οξειδίων

<i>Σταθμός</i>	<i>Kg/MWh</i>
Μεγαλόπολη Α	0,837787625
Μεγαλόπολη Β	0,508545341
Αγίου Δημητρίου	2,119719109
Αμύνταιου	2,470571303
Καρδιάς	2,268450225
Πτολεμαΐδας	1,767974943
Μελίτης	0,724

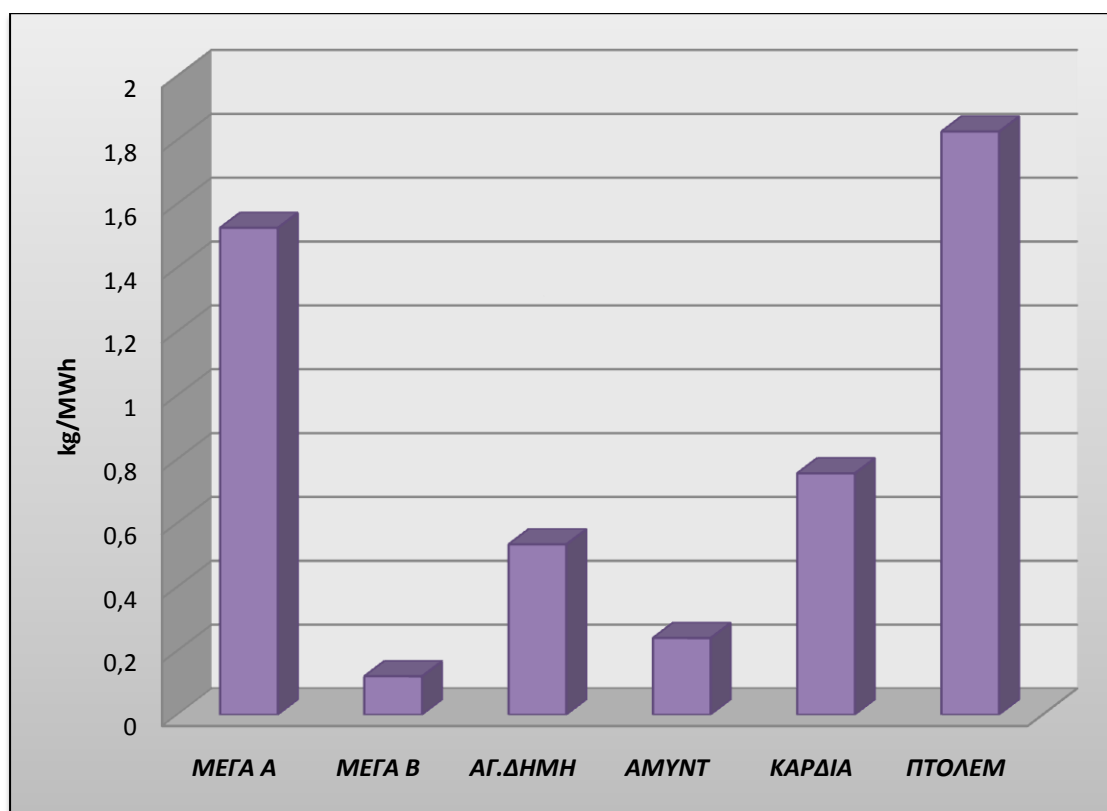
Εικόνα 85 Ρυθμός εκπομπής νιτρικών οξειδίων



Πίνακας 13 Ρυθμοί εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων

<i>Σταθμός</i>	<i>Kg/MWh</i>
Μεγαλόπολη Α	1,525035287
Μεγαλόπολη Β	0,120462961
Αγίου Δημητρίου	0,533681493
Αμύνταιου	0,240257393
Καρδιάς	0,756150075
Πτολεμαΐδας	1,826567772

Εικόνα 86 Ρυθμός εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων



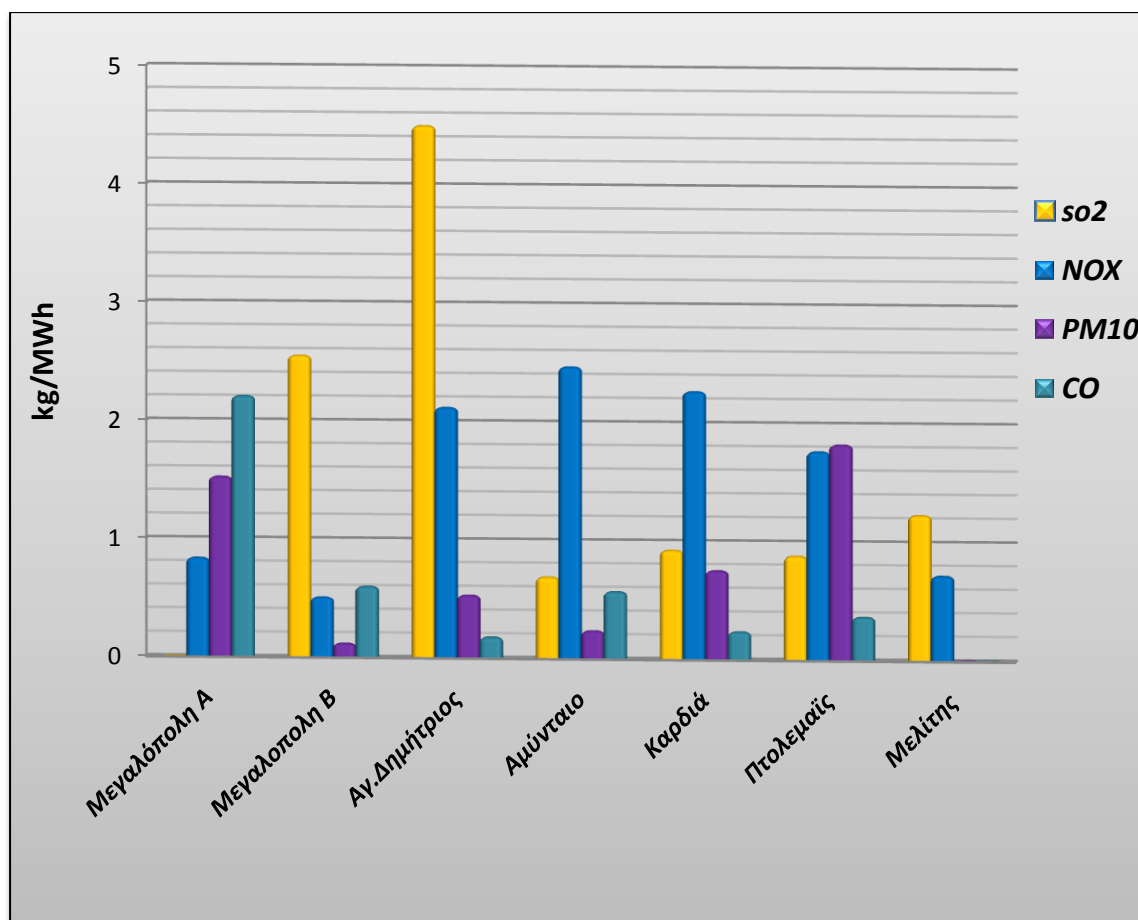
Πίνακας 14 Ρυθμοί εκπομπής αέριων ρύπων

Σταθμός	SO ₂	NO ₂	CO	PM ₁₀
Μεγα Α	*	0,838	1,5250353	2,20901034
Μεγα Β	2,552993436	0,509	0,120463	0,60299925
Αγ. Δημητρίου	4,502058285	2,12	0,5336815	0,18195819
Αμύνταιου	0,693573228	2,471	0,2402574	0,57344453
Καρδιάς	0,9269	2,268	0,7561501	0,2411858
Πτολεμαΐδας	0,883987471	1,768	1,8265678	0,37193709
Μελίτης	1,2354	0,724	**	**

*Η τιμή του ρυθμού εκπομπής είναι πολύ μεγάλη και θα χαθεί η σύγκριση των άλλων σταθμών

** Δεν έχουν γίνει μετρήσεις

Εικόνα 87 Ρυθμοί εκπομπών αέριων ρύπων

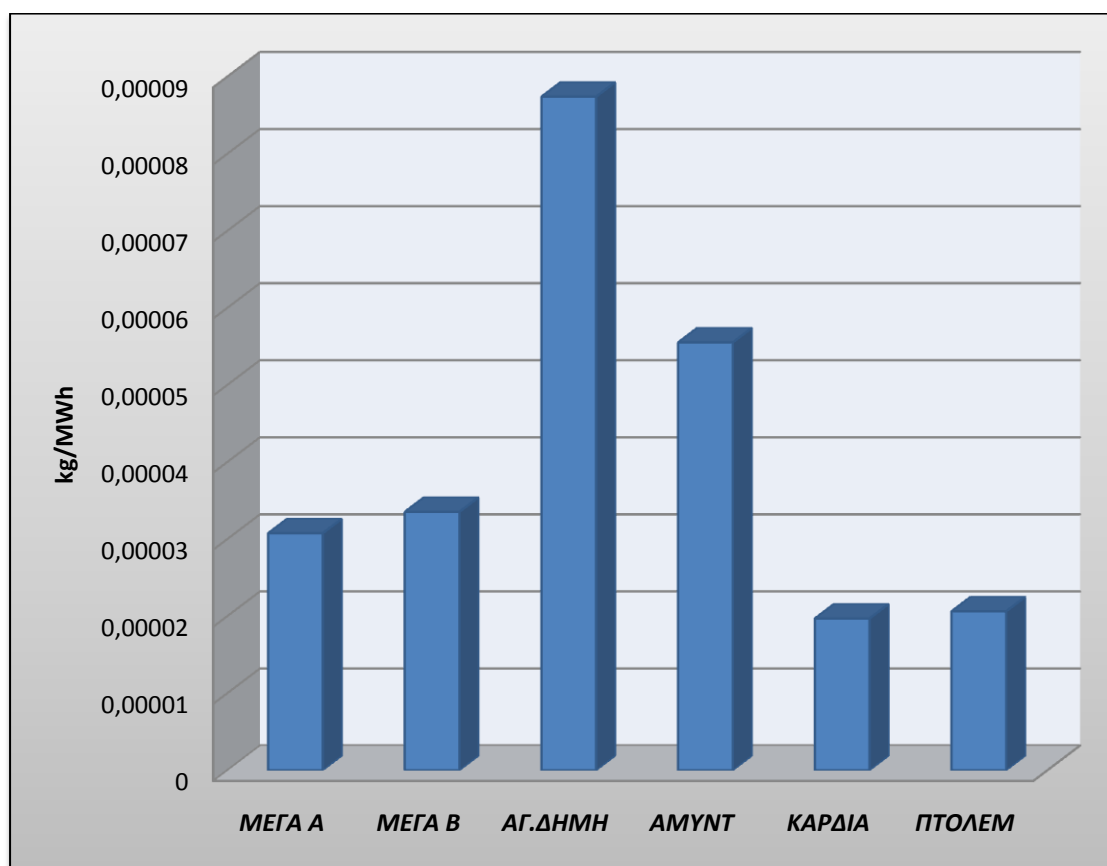


3.9 Ρυθμοί εκπομπών βαρέων μετάλλων

Πίνακας 15 Ρυθμοί εκπομπών υδραργύρου

<i>Σταθμός</i>	<i>Kg/MWh</i>
Μεγαλόπολη Α	3,07625E-05
Μεγαλόπολη Β	3,3538E-05
Αγίου Δημητρίου	8,74E-05
Αμύνταιου	5,55E-05
Καρδιάς	1,97E-05
Πτολεμαΐδας	2,06E-05

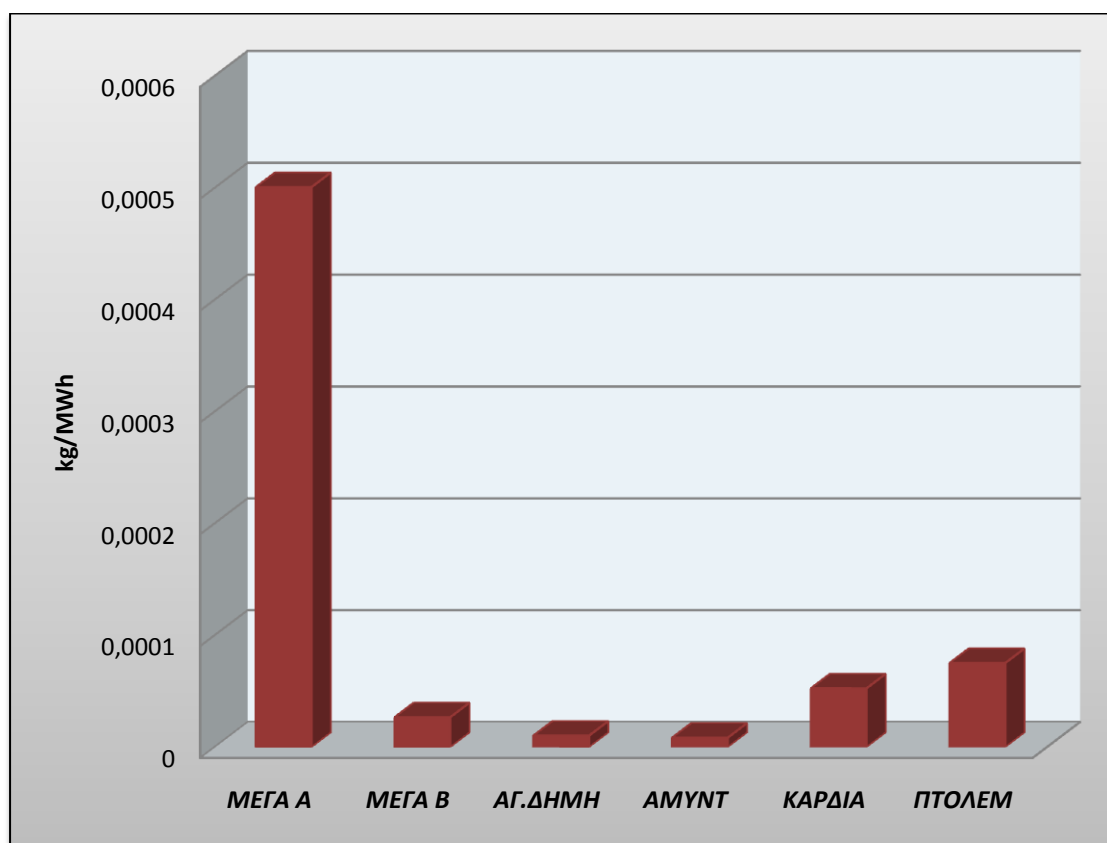
Εικόνα 88 Ρυθμοί εκπομπών υδραργύρου



Πίνακας 16 Ρυθμοί εκπομπών αρσενικού

Σταθμός	Kg/MWh
Μεγαλόπολη Α	0,000500709
Μεγαλόπολη Β	2,66935E-05
Αγίου Δημητρίου	1,01896E-05
Αμύνταιου	0,00000839
Καρδιάς	0,0000525
Πτολεμαΐδας	7,51517E-05

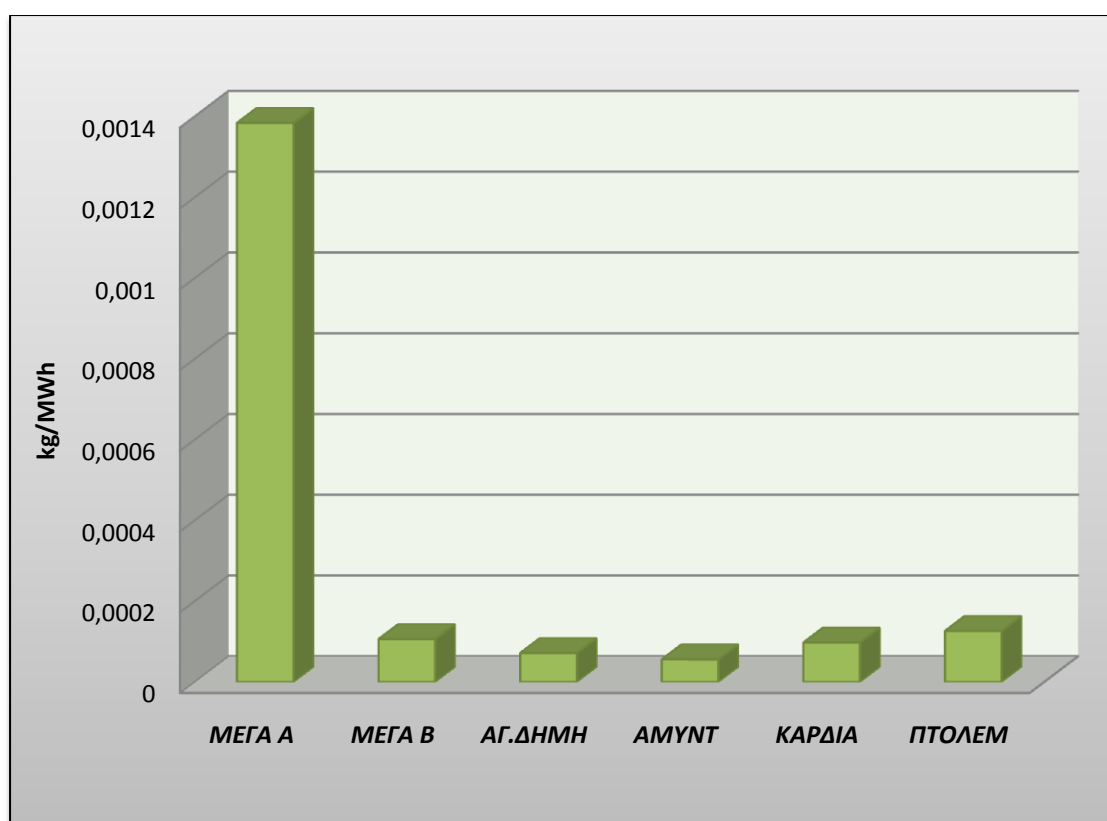
Εικόνα 89 Ρυθμοί εκπομπών αρσενικού



Πίνακας 17 Ρυθμοί εκπομπών χρωμίου

<i>Σταθμός</i>	<i>Kg/MWh</i>
Μεγαλόπολη Α	0,001384313
Μεγαλόπολη Β	0,000106143
Αγίου Δημητρίου	7,14702E-05
Αμύνταιου	0,0000558
Καρδιάς	0,0000976
Πτολεμαΐδας	0,000126357

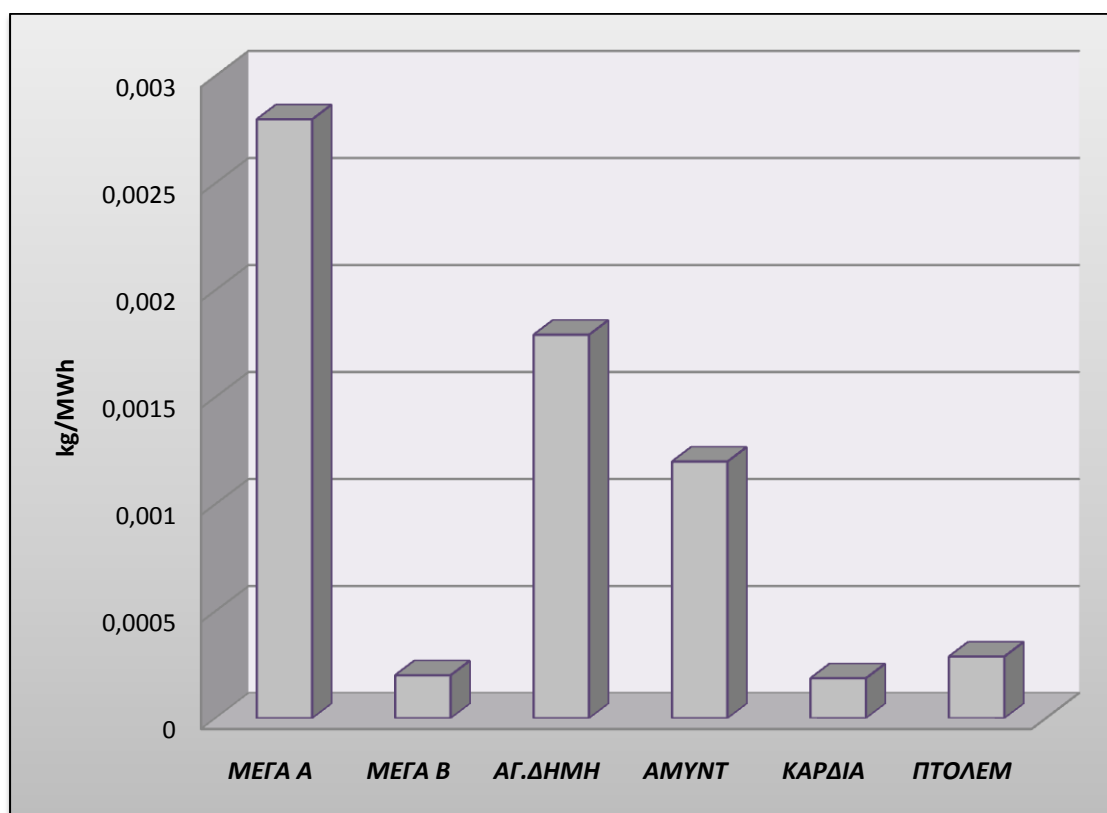
Εικόνα 90 Ρυθμοί εκπομπών χρωμίου



Πίνακας 18 Ρυθμοί εκπομπών νικελίου

<i>Σταθμός</i>	<i>Kg/MWh</i>
Μεγαλόπολη Α	0,00279808
Μεγαλόπολη Β	0,000200543
Αγίου Δημητρίου	0,001791444
Αμύνταιου	0,00119902
Καρδιάς	0,00018643
Πτολεμαΐδας	0,000287869

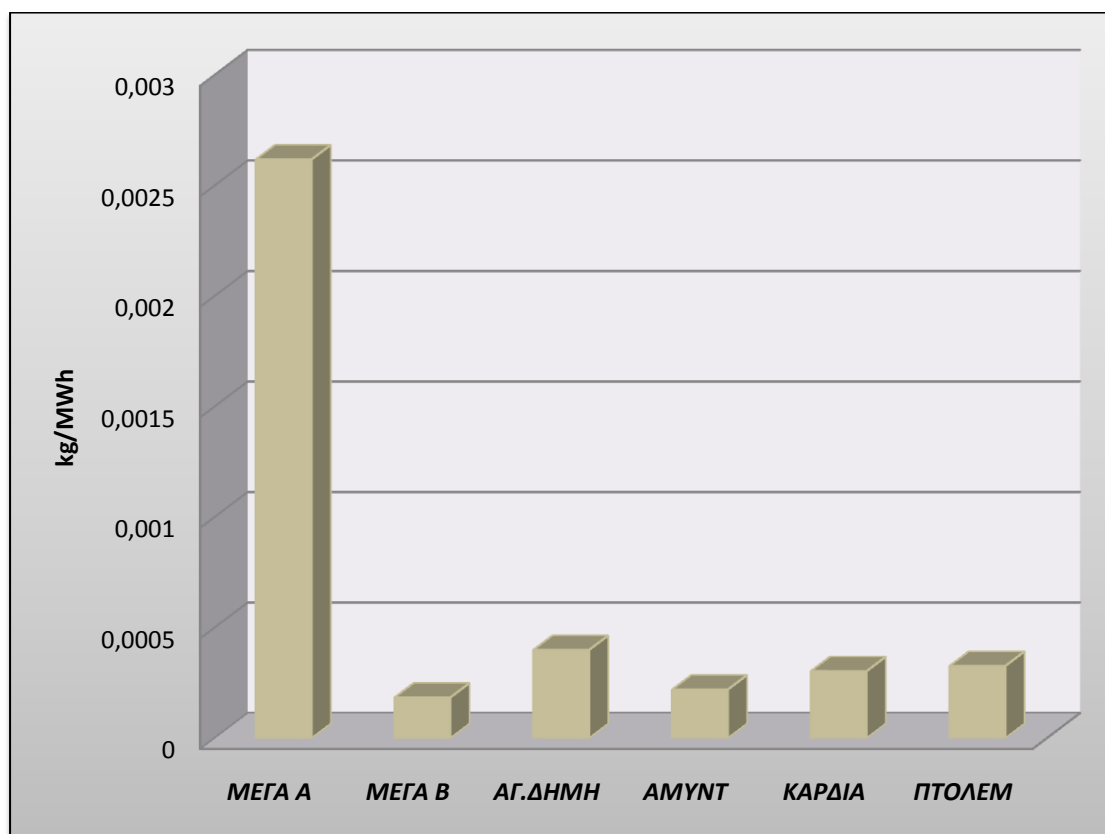
Εικόνα 91 Ρυθμοί εκπομπών νικελίου



Πίνακας 19 Ρυθμοί εκπομπών ψευδαργύρου

<i>Σταθμός</i>	<i>Kg/MWh</i>
Μεγαλόπολη Α	0,002618086
Μεγαλόπολη Β	0,000183432
Αγίου Δημητρίου	0,00039862
Αμύνταιου	0,000219178
Καρδιάς	0,00030246
Πτολεμαΐδας	0,000326082

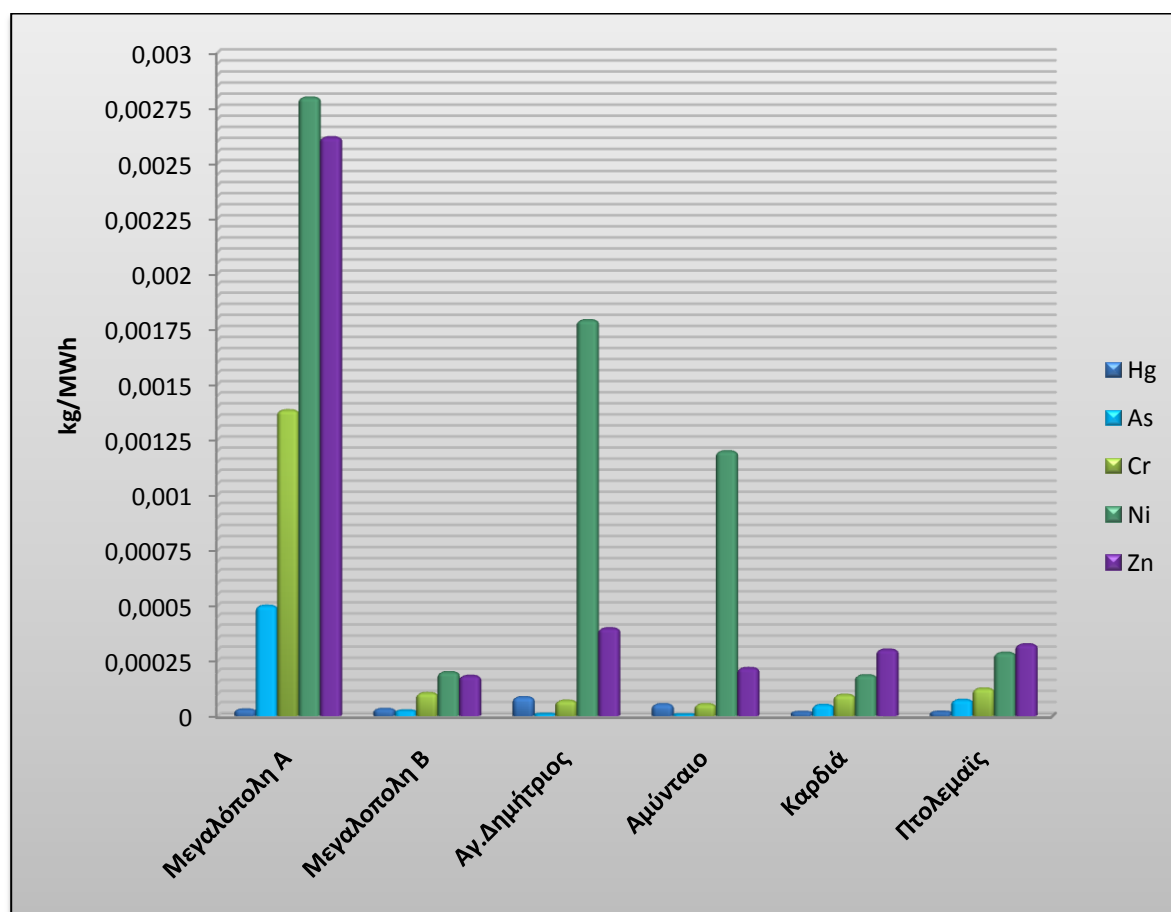
Εικόνα 92 Ρυθμοί εκπομπών ψευδαργύρου



Πίνακας 20 Ρυθμοί εκπομπών βαρέων μετάλλων ΑΗΣ

Σταθμός	Hg	As	Cr	Ni	Zn
Μεγα Α	3,07625E-05	0,000501	0,0013843	0,002798	0,002618
Μεγα Β	3,3538E-05	2,669E-05	0,0001061	0,000201	0,000183
Αγ. Δημητρίου	8,74E-05	1,019E-05	7,1470E-05	0,001791	0,000398
Αμύνταιου	5,55E-05	0,000008	0,0000558	0,001199	0,000219
Καρδιάς	1,97E-05	0,000053	0,0000976	0,000186	0,000302
Πτολεμαΐδας	2,06E-05	7,516E-05	0,0001263	0,000288	0,000327

Εικόνα 93 Ρυθμοί εκπομπών βαρέων μετάλλων ΑΗΣ



3.10 Ομοειδείς σταθμοί

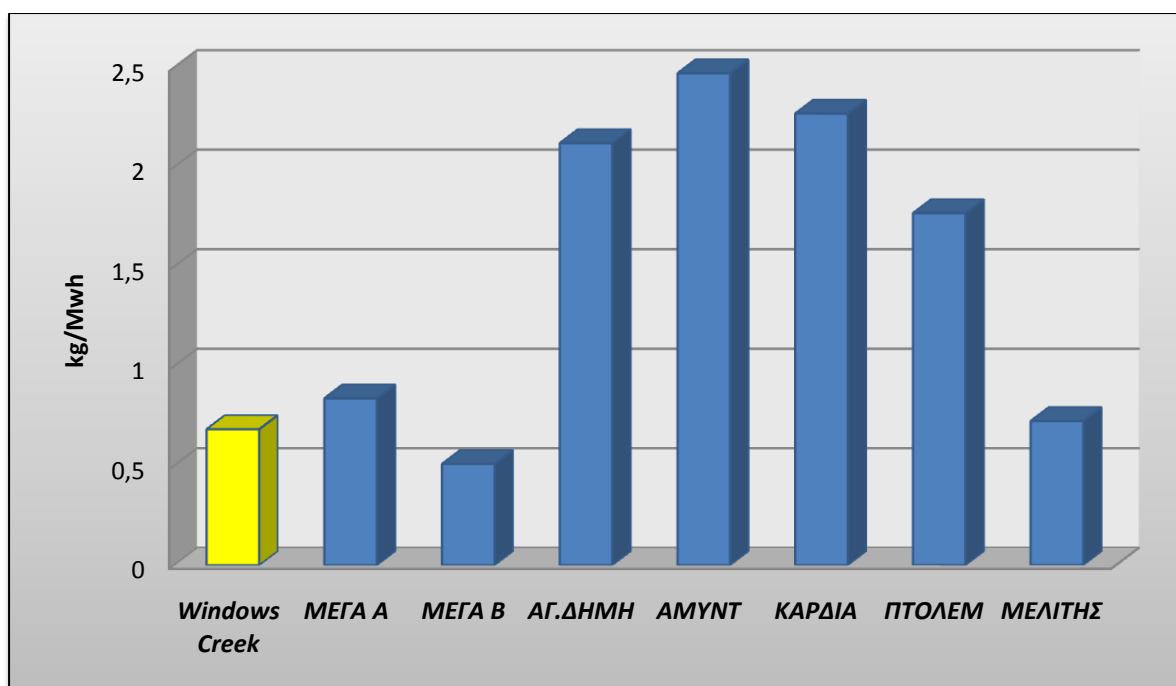
Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας ανά την υφήλιο διαφέρουν ως προς το καύσιμο, το οποίο συμβάλλει ουσιαστικά στην εκπομπή αερίων ρύπων, και οι εκπομπές αερίων ρύπων εξαρτώνται από τα μέτρα που έχουν πάρει οι σταθμοί για την μείωση της ρύπανσης. Στην συνέχεια, θα γίνει προσπάθεια να πραγματοποιηθεί μια σύγκριση όσον αφορά την εκπομπή αερίων ρύπων(διοξείδιο του θείου, νιτρικά οξείδια) και βαρέων μετάλλων(Υδράργυρος, Χρώμιο, Αρσενικό, Νικέλιο, Ψευδάργυρος) ανάμεσα στους σταθμούς της Ελλάδας και τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς του εξωτερικού, οι οποίοι χρησιμοποιούν λιγνίτη ως κύριο καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας.

Windows Creek

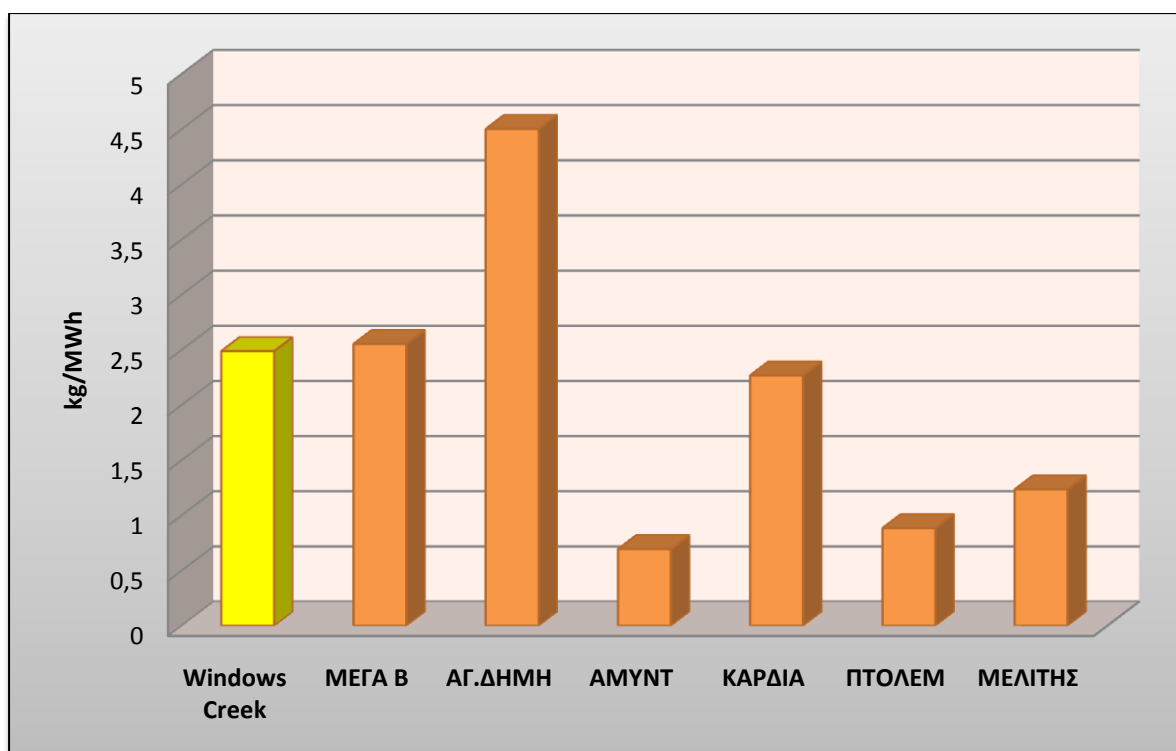
Ο σταθμός παραγωγής ενέργειας Windows Creek βρίσκεται στην πολιτεία του Tennessee των ΗΠΑ, χρησιμοποιεί ως καύσιμο λιγνίτη και τα μέτρα τα οποία έχει πάρει για τον περιορισμό της ρύπανσης είναι (θα γίνει περαιτέρω ανάλυση των μεθόδων πρόληψης της ρύπανσης στο κεφάλαιο 4) :

- Οι μονάδες χρησιμοποιούν ένα μίγμα λιγνίτη χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του θείου.
- Οι μονάδες είναι εξοπλισμένες με υγρές πλυντρίδες για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων.
- Για την απομάκρυνση των νιτρικών οξειδίων έχει γίνει εγκατάσταση καυστήρων χαμηλών νιτρικών οξειδίων και τεχνολογίας εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής (ΕΚΑ).
- Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας του λέβητα μειώνει την παραγωγή νιτρικών οξειδίων.

Εικόνα 94 Ρυθμός εκπομπής NOx

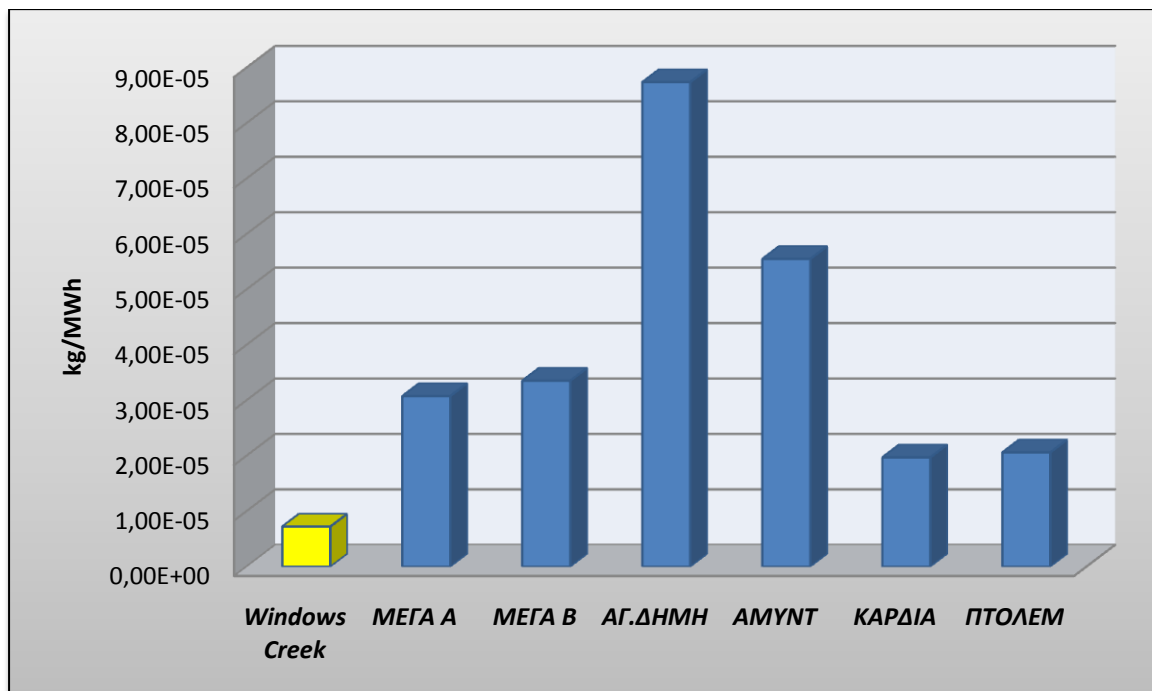


Εικόνα 95 Ρυθμός εκπομπής SO2

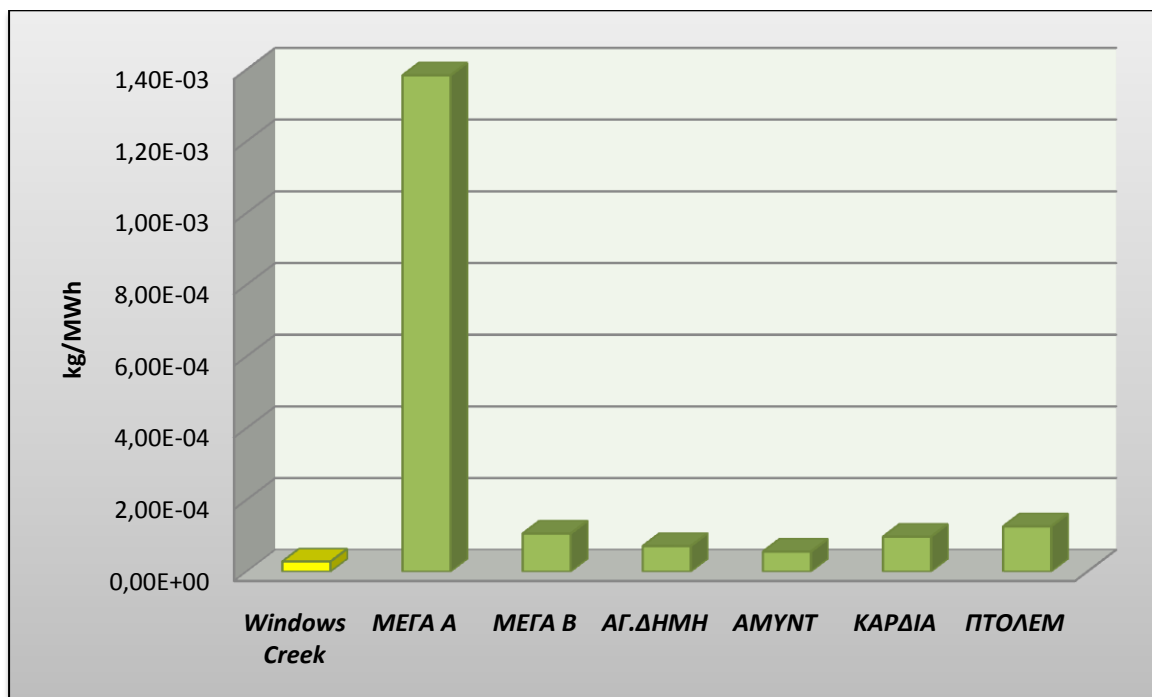


Βαρέα μέταλλα

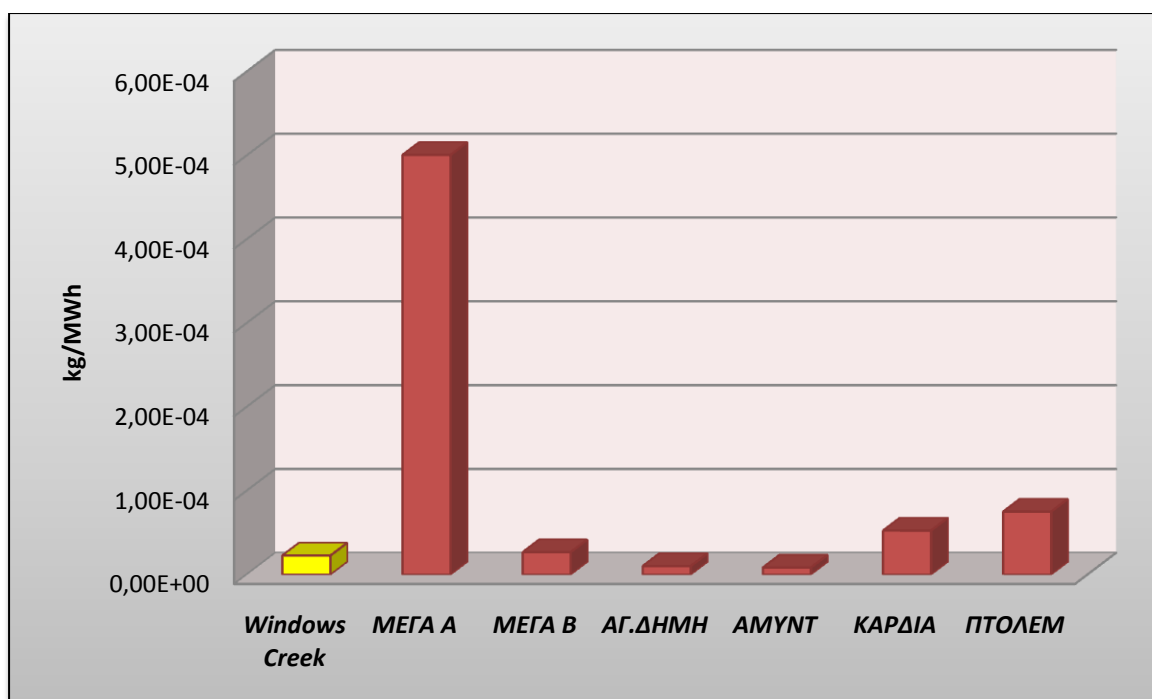
Εικόνα 96 Ρυθμός εκπομπής Υδραργύρου



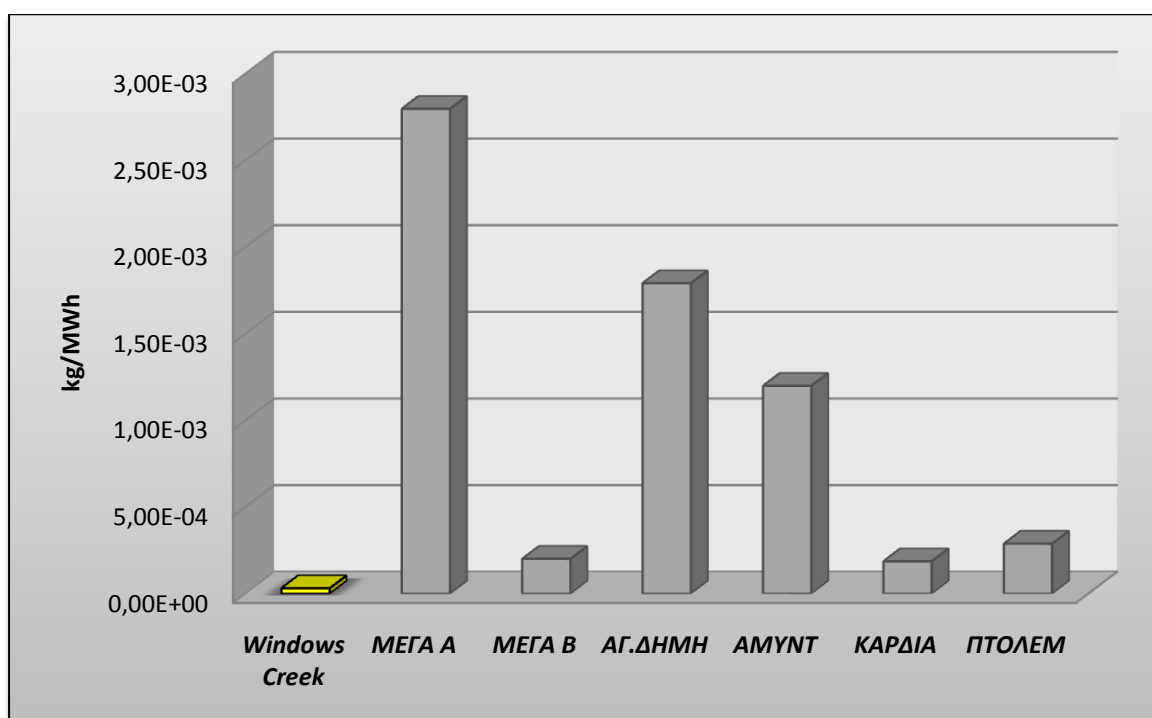
Εικόνα 97 Ρυθμός εκπομπής Χρωμίου



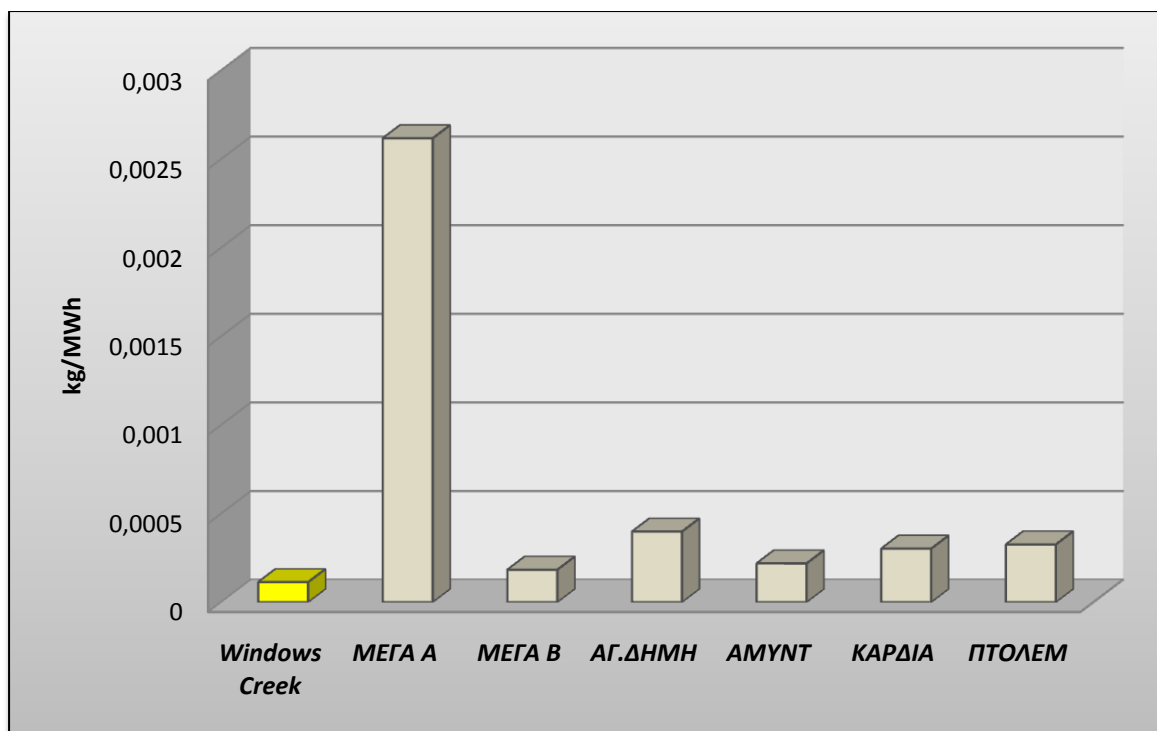
Εικόνα 98 Ρυθμός εκπομπής Αρσενικού



Εικόνα 99 Ρυθμός εκπομπής Νικελίου



Εικόνα 100 Ρυθμός εκπομπής Ψευδαργύρου



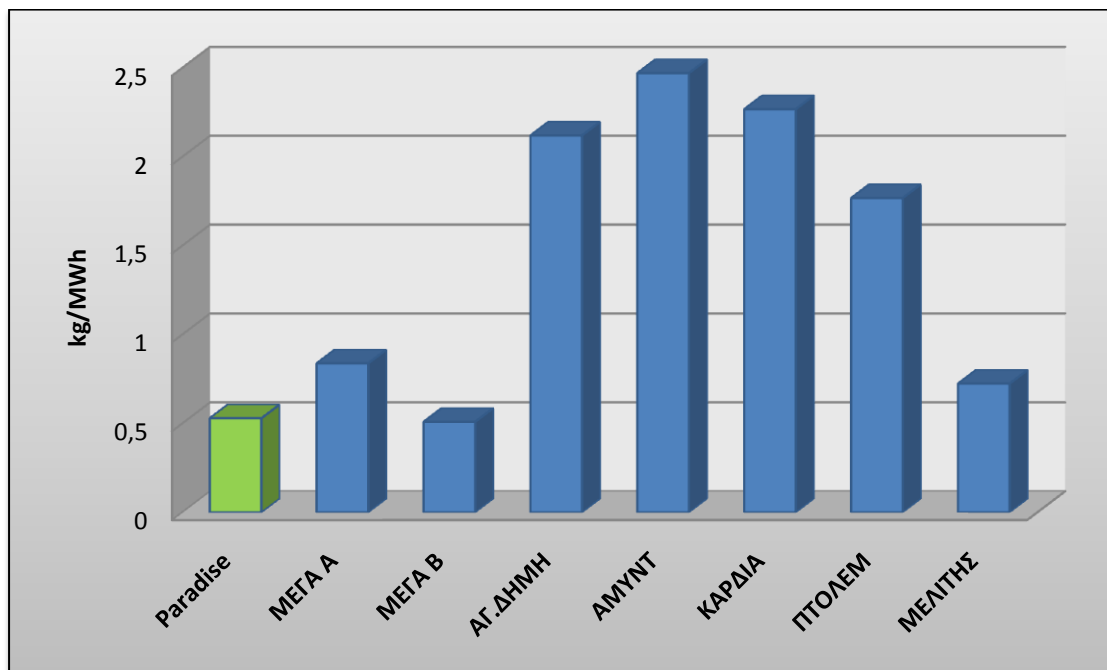
Paradise

Ο σταθμός παραγωγής ενέργειας Paradise χρησιμοποιεί μια σειρά από μέτρα πρόληψης της ρύπανσης τα οποία περιλαμβάνονται στην παραγωγική διαδικασία και μετά την παραγωγική διαδικασία.

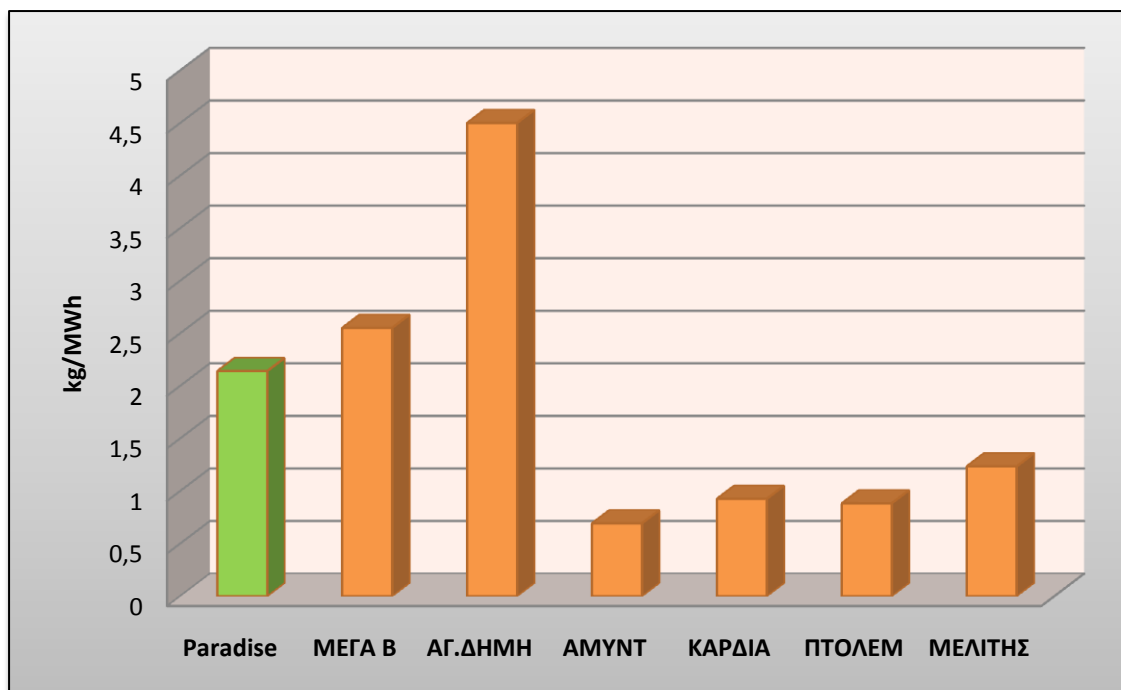
Τα μέτρα που έχουν ληφθεί στον σταθμό παραγωγής ενέργειας Paradise είναι :

- Χρησιμοποιείται η τεχνολογία της αποθείωσης για την απομάκρυνση των διοξειδίων του θείου, το ποσοστό απομάκρυνση είναι περίπου 80 με 84 τοις εκατό.
- Οι μονάδες χρησιμοποιούν ένα μίγμα λιγνίτη χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του θείου.
- Χρησιμοποιείται η τεχνολογία της διαβάθμισης καυσίμου και μετάκαυσης, η οποία μειώνει σε σημαντικό βαθμό την παραγωγή των νιτρικών οξειδίων. Αυτή η τεχνολογία περιλαμβάνει τροποποιήσεις οι οποίες μειώνουν το οξυγόνο, το οποίο είναι διαθέσιμο για να, δημιουργηθούν νιτρικά οξείδια στις ζώνες ανάφλεξης.
- Οι μονάδες του σταθμού παραγωγής ενέργειας είναι εξοπλισμένες με την τεχνολογία της εκλεκτικής καταλυτικής μεθόδου (ΕΚΑ), η οποία μειώνει την παραγωγή νιτρικών οξειδίων και τα μετασχηματίζει σε άζωτο και υδρατμούς.

Εικόνα 101 Ρυθμός εκπομπής NOx

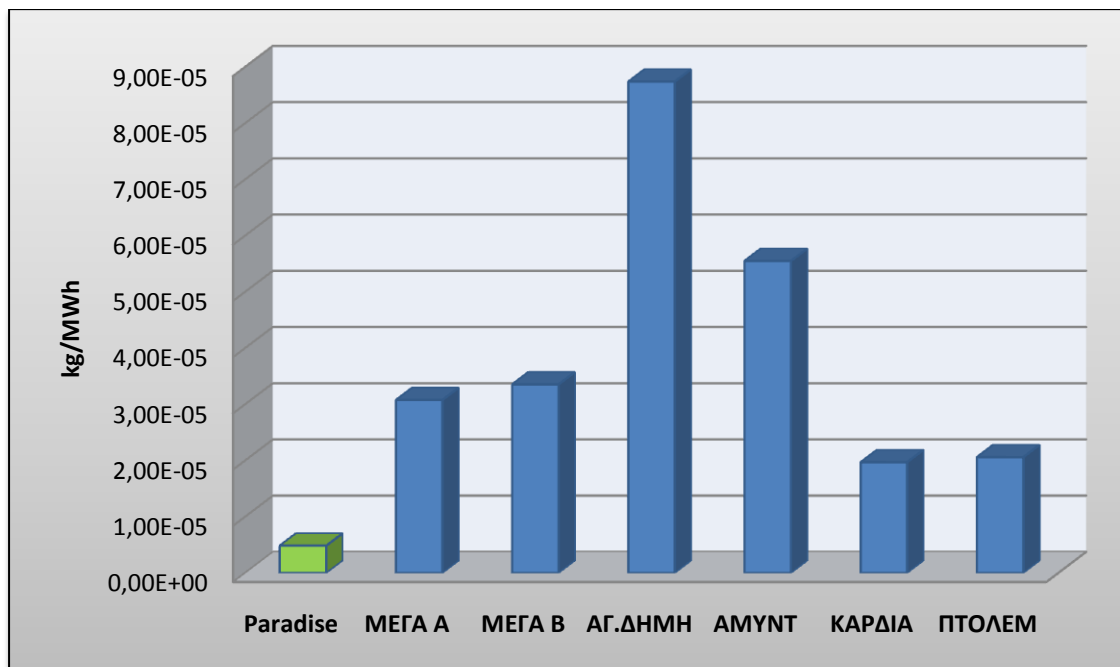


Εικόνα 102 Ρυθμός εκπομπής SO2

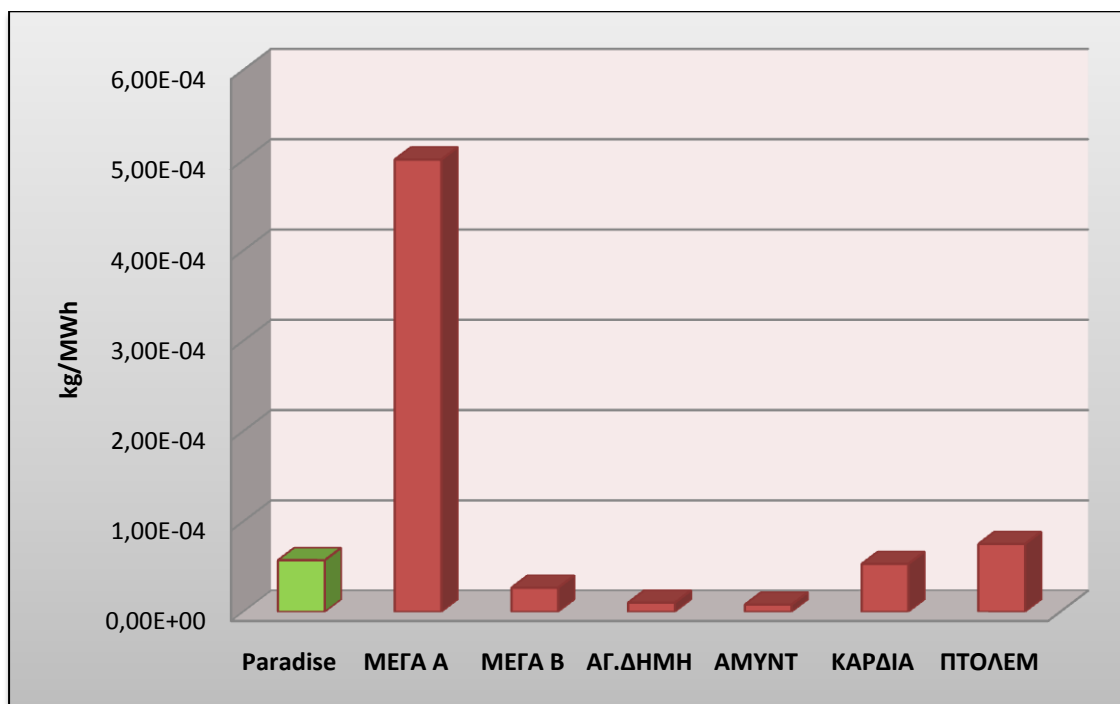


Βαρέα μέταλλα

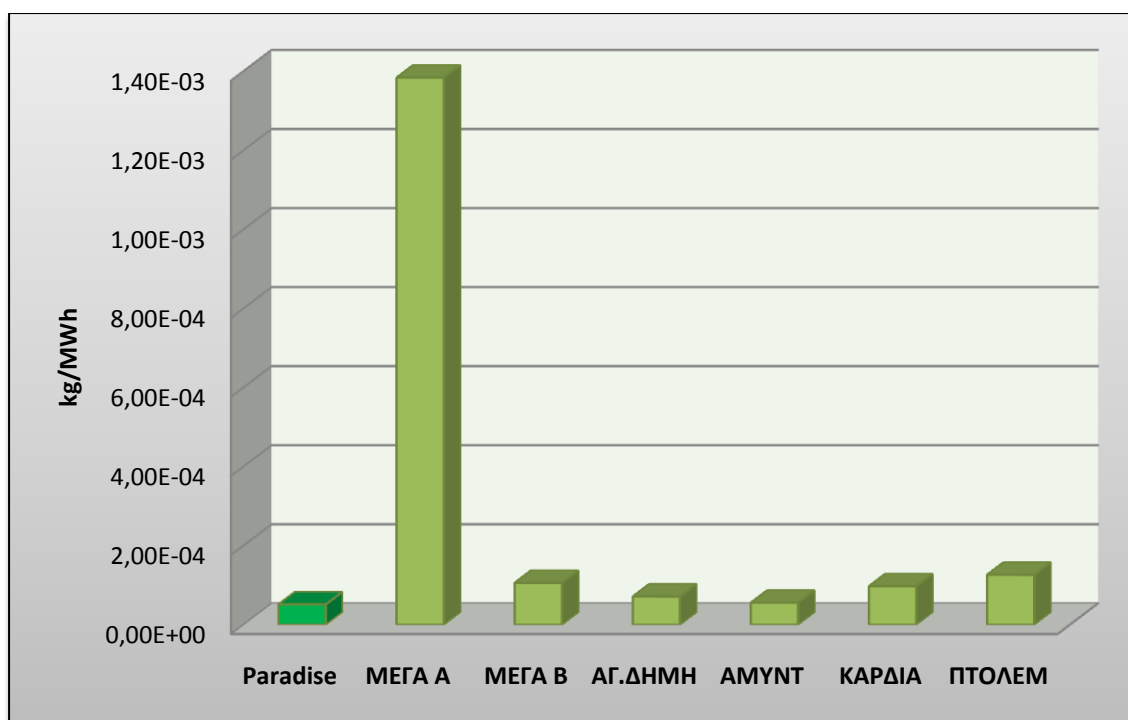
Εικόνα 103 Ρυθμός εκπομπής Υδραργύρου



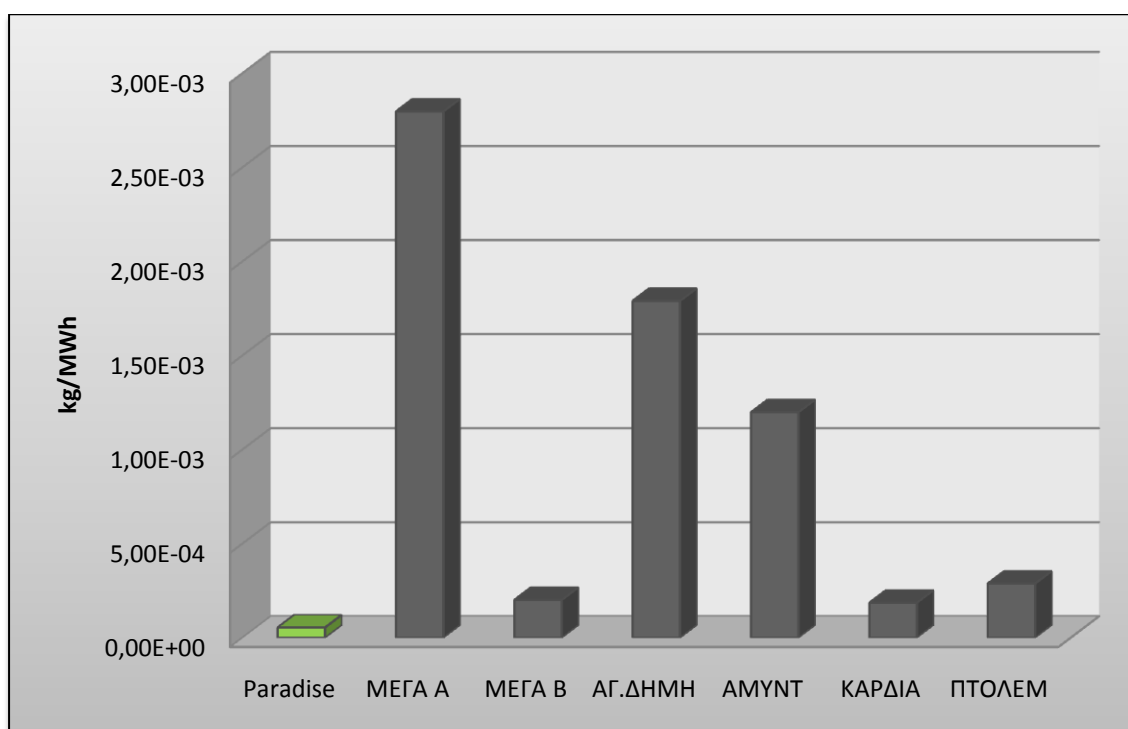
Εικόνα 104 Ρυθμός εκπομπής Αρσενικού



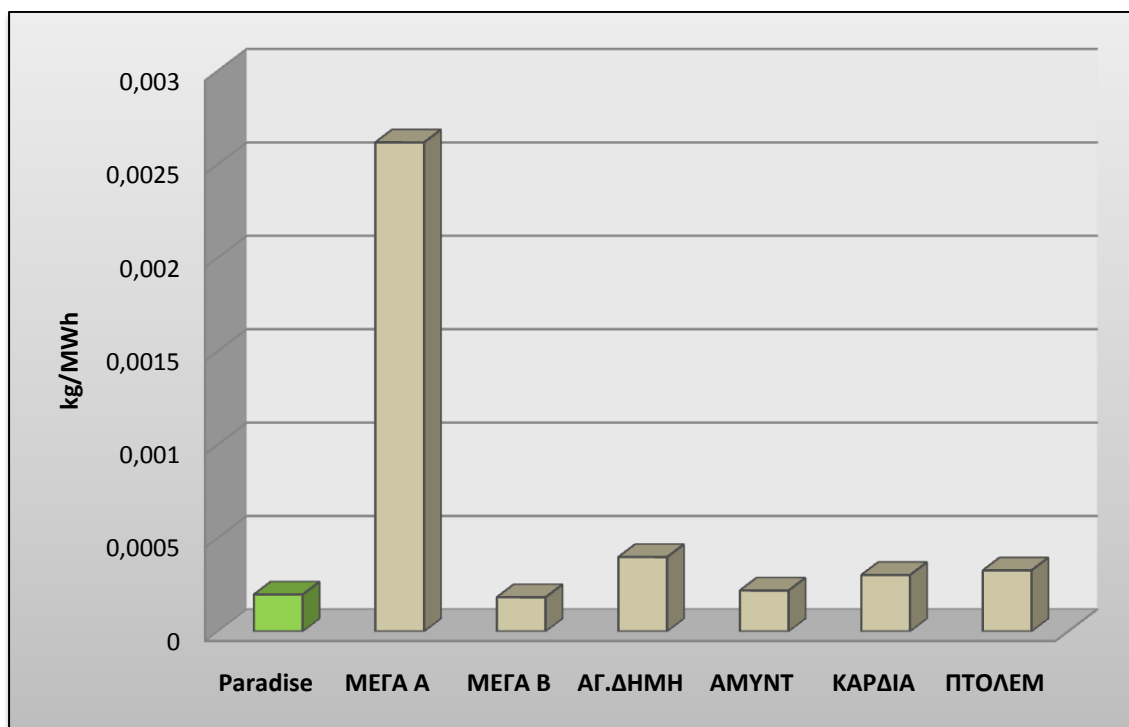
Εικόνα 105 Ρυθμός εκπομπής χρωμίου



Εικόνα 106 Ρυθμός εκπομπής Νικελίου



Εικόνα 107 Ρυθμός εκπομπής Ψευδαργύρου



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μέτρα για την πρόληψη της ρύπανσης

Εισαγωγή

Η ρύπανση την οποία προκαλούν οι λιγνιτικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας είναι μεγάλης έκτασης και αυτό κάνει τα μέτρα πρόληψης της ρύπανσης να είναι μείζονος σημασίας στην κατασκευή ενός σταθμού παραγωγής ενέργειας. Τα μέτρα πρόληψης της ρύπανσης χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται πριν την παραγωγική διαδικασία, δηλαδή πριν την καύση του λιγνίτη στον λέβητα, τα πρωτογενή μέτρα, και τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται μετά την παραγωγική διαδικασία.

4.1 Πρωτογενή μέτρα

4.1.1 Περίσσεια αέρα (Συντελεστής λ)

Μείωση της περίσσειας αέρα με στόχο τη βελτιστοποίηση της παρεχόμενης ποσότητας αέρα της καύσης ως προς την ποσότητα καυσίμου, ώστε να αποφευχθούν οι υψηλές θερμοκρασίες στην φλόγα. Είναι ο λόγος του παρεχόμενου αέρα στον καυστήρα προς τον στοιχειομετρικά απαιτούμενο για ιδανική καύση. Στοιχειομετρική καύση έχουμε όταν όλος ο άνθρακας, το υδρογόνο και το θείο του καυσίμου καίγονται προς διοξείδιο του άνθρακος, νερό και διοξείδιο του θείου με το ελάχιστο ποσό οξυγόνου. Όλη η ποσότητα του οξυγόνου καίγεται κατά την διάρκεια της καύσης ενώ το άζωτο απομακρύνεται προς την καμινάδα αφού προηγουμένως θερμανθεί απάγοντας έτσι σημαντικά ποσά θερμότητας προς το περιβάλλον.

Για να γίνει πλήρης καύση, θα πρέπει να υπάρχει πλήρης ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, έτσι ώστε κάθε μόριο καυσίμου να έλθει σε επαφή με κάθε μόριο οξυγόνου και να ενωθούν. Όμως τόσο τέλεια ανάμιξη καυσίμου με οξυγόνο στην πράξη είναι αδύνατη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει στον χώρο καύσης να υπάρχει περισσότερο οξυγόνο από το θεωρητικά απαιτούμενο στοιχειομετρικό, για να επιτευχθεί πλήρης καύση. Σε αντίθετη περίπτωση, η καύση θα είναι ατελής, με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα ή και απαγωγή άκαυστου καυσίμου υπό μορφή αιθάλης.

Λέγεται ότι υπάρχει 20% περίσσεια αέρα ή ο συντελεστής Λ είναι 1.20, όταν η ποσότητα του αέρα που παρέχεται στον λέβητα είναι κατά 20% μεγαλύτερη από αυτήν που απαιτείται θεωρητικά. Το οξυγόνο της περίσσειας αέρα δεν λαμβάνει μέρος στην καύση αλλά απάγεται από τον λέβητα με τα καυσαέρια, αφού προηγουμένως θερμανθεί.



Αν υποθέσουμε ότι το καύσιμο αποτελείται μόνο από άνθρακα και η καύση γίνει μόνο με καθαρό οξυγόνο (όχι αέρα) τότε τα προϊόντα της καύσης (τα καυσαέρια) θα είναι καθαρό διοξείδιο του άνθρακα. Αν η καύση γίνει με την θεωρητική ποσότητα αέρα, τότε το ποσοστό του οξυγόνου στον αέρα θα αντικατασταθεί από το διοξείδιο του άνθρακα, δηλαδή τα καυσαέρια θα περιέχουν κατ' όγκο 21% διοξείδιο του άνθρακα και 79% άζωτο (δεδομένου ότι στην καύση ένας όγκος οξυγόνου δίνει ένα όγκο CO₂). Αν τώρα, αντί της θεωρητικής ποσότητας του αέρα, χρησιμοποιηθεί κάποια περίσσεια αέρα, τα καυσαέρια αραιώνονται με την περίσσεια αυτή του αέρα και επομένως η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂ θα είναι μικρότερη από 21%. Και όσο μεγαλύτερη είναι η περίσσεια αέρα, τόσο μικρότερη θα είναι η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂ και τόσο μεγαλύτερη σε O₂. Αυτό που συμβαίνει με την καύση του καθαρού άνθρακα συμβαίνει και με την καύση οποιουδήποτε καυσίμου.

Πίνακας 21 Συντελεστής λ

Τύπος καυσίμου	Περίσσεια λ
Λιγνίτης	1.25 – 1.3
Πετρέλαιο	1.07 – 1.15
Λιθάνθρακας	1.1 – 2
Φυσικό αέριο	1.05

Για κάθε τύπο καυσίμου, που περιέχει ορισμένη αναλογία άνθρακα προς υδρογόνο, υπάρχει μια μέγιστη περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂ που αντιστοιχεί στην καύση με τον θεωρητικά απαιτούμενο αέρα μόνο, δηλαδή με μηδέν περίσσεια αέρα.

Στην περίπτωση αυτή η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο είναι επίσης μηδέν. Έτσι γενικότερα στην καύση οποιουδήποτε καυσίμου όσο η περίσσεια αέρα μεγαλώνει τόσο μικραίνει η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂ και τόσο μεγαλώνει η περιεκτικότητά τους σε O₂.

4.1.2 Διαβάθμιση λειτουργίας καυστήρων

Τεχνική η οποία περιλαμβάνει το κλείσιμο της ροής του καυσίμου από έναν καυστήρα ή περισσότερους για να δημιουργήσει ζώνη πλούσια σε καύσιμο και ζώνη ισχνή σε καύσιμο εντός της οποίας παρατηρείται μειωμένη παραγωγή NO_x. Πιο συγκεκριμένα, στοχεύει στην δημιουργία ζώνης υποστοιχειομετρίας πετυχαίνοντας μείωση των οξειδίων του αζώτου (NO₂) κατά 10%.

4.1.3 Μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας στη φλόγα

Ο στόχος της μείωσης της μέγιστης θερμοκρασίας στη φλόγα επιτυγχάνεται είτε μέσω της εξωτερικής κυκλοφορίας των καυσαερίων δια μέσου των καυστήρων, είτε μέσω της αύξησης ανακυκλοφορίας των καυσαερίων εντός του θαλάμου καύσης. Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής απαιτεί προσεκτική μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης, του είδους των καυστήρων, καθώς και της διαθέσιμης δυναμικότητας των ανεμιστήρων του λέβητα, έτσι ώστε να προσδιοριστούν τα αναγκαία έργα μετατροπών του δοχείου ανάμιξης αέρα, των ανεμιστήρων κ.λπ. ή η εγκατάσταση ενός συστήματος ανακυκλοφορίας καυσαερίων.

4.1.4 Εγκατάσταση καυστήρα χαμηλών NO_x

Ο καυστήρας χαμηλών NO_x είναι σχεδιασμένος να ελέγχει την ροή του καυσίμου και του αέρα ώστε να δημιουργεί μεγαλύτερη και πιο κλαδωτή φλόγα. Η μέγιστη θερμοκρασία φλόγας εκ τούτου μειώνεται και αποτέλεσμα έχει να μειωθεί η δημιουργία των οξειδίων του αζώτου.

4.1.5 Διαβάθμιση καυσίμου και ανάκαυση

Τεχνική που υλοποιείται με την εγκατάσταση συμπληρωματικών καυστήρων πέραν των κανονικών, προκειμένου να επιτρέψουν τη λειτουργία των υφιστάμενων σε υποστοιχειομετρική καύση και οι οποίοι θα αναλάβουν το έργο της ανάκαυσης των προϊόντων της ατελούς καύσης (CO και αιθάλη).

4.1.6 Διαβάθμιση αέρα και μετάκαυση

Τεχνική που υλοποιείται με την εγκατάσταση νέων εισαγωγών αέρα δημιουργώντας μία ζώνη αέρα που συμβάλλει στην τελική καύση των προϊόντων CO και αιθάλης.

4.2 Μέτρα περιορισμού της ρύπανσης μετά την παραγωγική διαδικασία

4.2.1 Εκλεκτική καταλυτική αναγωγή (ΕΚΑ)

Εισαγωγή

Η εκλεκτική καταλυτική επαγωγή (ΕΚΑ) είναι η πιο διαδεδομένη και η πιο αναπτυγμένη τεχνολογία κατεργασίας καυσαερίων. Με αυτή την μέθοδο τα οξείδια του αζώτου (NO_x) μετατρέπονται με την βοήθεια καταλυτών σε διατονικό άζωτο (N_2) και νερό (H_2O). Η μέθοδος αυτή μπορεί να αποφέρει μείωση των οξειδίων του αζώτου σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 60% και 90%. Το κόστος αντικατάστασης των καταλυτών είναι το κύριο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου.

Διαδικασία

Η λειτουργία της ΕΚΑ περιλαμβάνει 4 στάδια :

1^ο Στάδιο

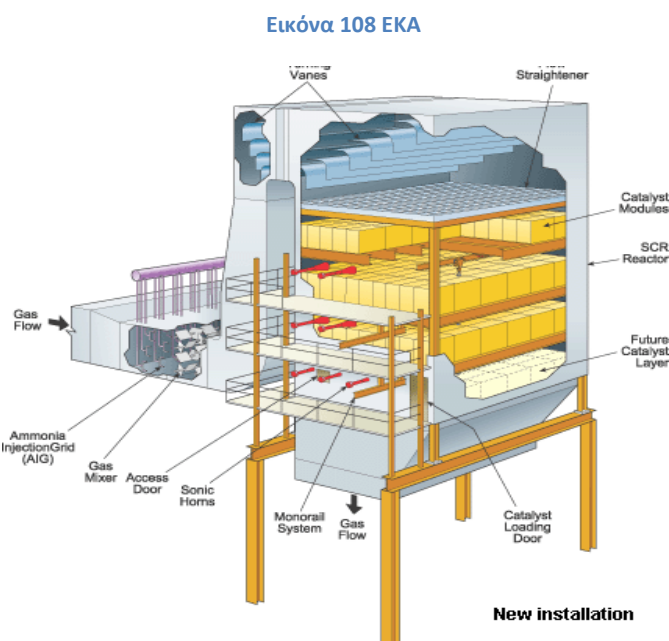
Τα καυσαέρια από την καύση του λιγνίτη στον λέβητα, τα οποία περιέχουν οξείδια του αζώτου, εισέρχονται στο σύστημα της εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής.

2^ο Στάδιο

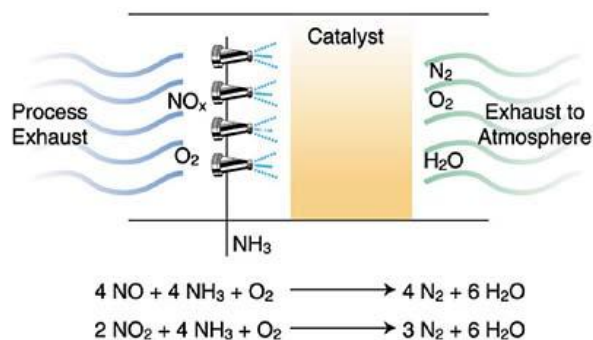
Το αναγωγικό μέσο, όπως είναι η υδαρή αμμωνία και η άνυδρη αμμωνία, εγχέεται στα καυσαέρια.

3^ο στάδιο

Το μείγμα καυσαερίων και αμμωνίας ρέει πάνω από τα στοιχεία του καταλύτη, ο οποίος



Εικόνα 109 Χημικές αντιδράσεις



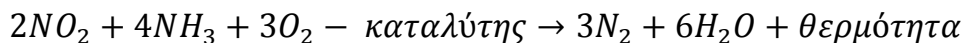
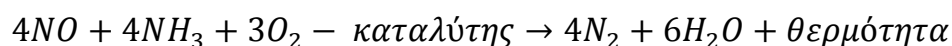
προκαλεί τα μόρια των οξειδίων του αζώτου και τα μόρια της αμμωνίας να αντιδράσουν.

4^ο στάδιο

Η αντίδραση των οξειδίων του αζώτου και της αμμωνίας μετατρέπει τα οξείδια σε καθαρό άζωτο και σε νερό.

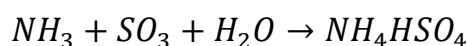
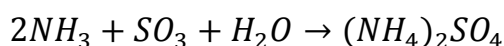
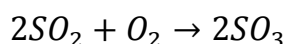
Χημική αντίδραση

Η χημική εξίσωση για την στοιχειομετρική αντίδραση χρησιμοποιώντας είτε άνυδρη είτε υδαρή αμμωνία για την διαδικασία της εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής είναι,



Η ιδανική αντίδραση έχει βέλτιστο θερμοκρασιακό φάσμα μεταξύ 630 K και 720 K.

Επίσης, στην διαδικασία της εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής υπάρχουν και δευτερεύουσες χημικές αντιδράσεις,



Αναγωγικά μέσα

Η καθαρή άνυδρη αμμωνία είναι αρκετά τοξική αλλά είναι δύσκολο να αποθηκευθεί με ασφάλεια. Το πλεονέκτημα της είναι ότι δεν χρειάζεται καμία μετατροπή για να εισαχθεί στην ΕΚΑ και είναι πιο διαδεδομένη στους μεγάλους βιομηχανικούς ΕΚΑ. Η υδαρή αμμωνία πρέπει πρώτα να περάσει την διαδικασία της υδρόλυσης αλλά είναι αρκετά πιο ασφαλής στην αποθήκευση και μεταφορά της.

Καταλύτες

Οι καταλύτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην ΕΚΑ συνήθως είναι ένα μείγμα από διοξείδια του τιτανίου (TiO_2), πεντοξείδια του βαναδίου (VO_5) και τριοξείδια του βολφραμίου (WO_3). Επίσης, μπορεί να έχουν διάφορες συνθέσεις οι οποίες βασίζονται στον ζεόλιθο, στα οξείδια του σιδήρου ή τον ενεργό άνθρακα.

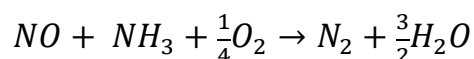
4.2.2 Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή (ΕΜΚΑ)

Εισαγωγή

Η εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή είναι μέθοδος μείωσης των οξειδίων του αζώτου. Η μέθοδος αυτή μπορεί να αποφέρει μείωση των οξειδίων του αζώτου κατά 30% με 50 % και είναι **παρόμοια με την ΕΚΑ**, χωρίς τη συμμετοχή καταλυτών. Το περιορισμένο θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο ευνοείται η αντίδραση και η επίτευξη του είναι τα κύρια μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου.

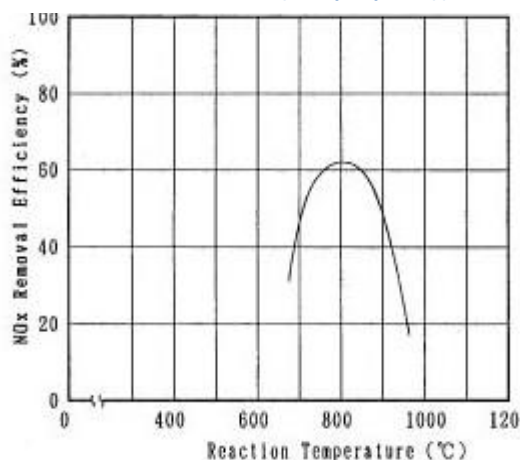
Χημική αντίδραση

Ο βασικός τύπος της αντίδρασης είναι,



Με την έγχυση της αμμωνίας στα καυσαέρια τα οποία προερχόμενα από τον λέβητα έχουν φτάσει σε θερμοκρασία 800-900 °C, μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη αποδοτικότητα όσο αφορά στην απομάκρυνση των οξειδίων του αζώτου.

Εικόνα 110 Απόδοση απομάκρυνσης NO_x



4.2.3 Υγρές πλυντρίδες

Εισαγωγή

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων από τα καυσαέρια. Με αυτή την μέθοδο μπορεί να επιτευχθεί απόδοση απομάκρυνσης των σωματιδίων ως και 99.9% .

Διαδικασία

Η λειτουργία της υγρής πλυντρίδας αποτελείται από 3 στάδια,

1^ο στάδιο

Τα καυσαέρια μέσω του απορροφητήρα στέλνονται μέσα στο σύστημα και ψεκάζονται με νερό. Ο ψεκασμός με νερό δρα σαν φίλτρο και μειώνει τα αιωρούμενα σωματίδια από τα καυσαέρια ως πρώτο στάδιο.

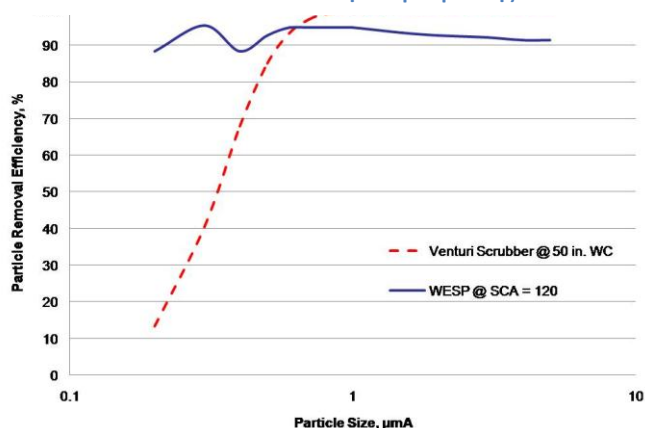
2^ο στάδιο

Στα καυσαέρια έχουν μείνει πλέον μόνο τα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} , $PM_{2.5}$), συνεχίζουν την ροή τους μέσα στο σύστημα και μέσω υψηλής πίεσης, την οποία δημιουργεί ο απορροφητήρας, περνούν στην δεξαμενή νερού και τα σωματίδια ιπτάμενης τέφρας πέφτουν στον πάτο της δεξαμενής.

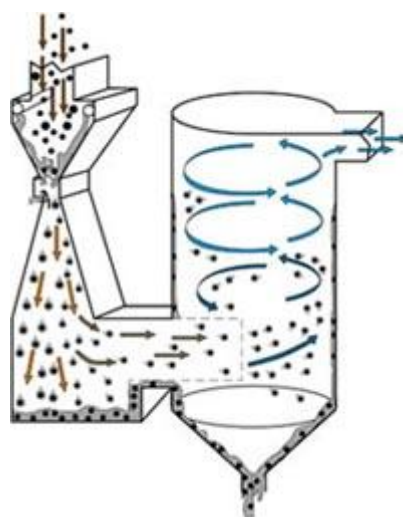
3^ο στάδιο

Τα εναπομείναντα καυσαέρια μέσω απορροφητήρα περνούν από τον διαχωριστή ο οποίος συλλέγει τα πολύ λεπτά σωματίδια που δεν κατακρημνίστηκαν στον πάτο της δεξαμενής και τα καυσαέρια εξέρχονται από το σύστημα.

Εικόνα 111 Απόδοση απομάκρυνσης PM



Εικόνα 112 Λειτουργία υγρής πλυντρίδας



4.2.4 Αποθείωση

Εισαγωγή

Η τεχνολογία της αποθείωσης χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των διοξειδίων του θείου. Υπάρχουν διάφορες διαδικασίες αποθείωσης· η πιο διαδεδομένη είναι η διαδικασία ασβεστόλιθου γύψου η οποία παράγει τον γύψο που διατίθεται για πώληση και διαφέρει από την διαδικασία ασβεστόλιθου η οποία παράγει λάσπη. Για να απομακρυνθεί το όξινο διοξείδιο του θείου πρέπει να έρθει σε αντίδραση με ένα κατάλληλο αλκαλικό υλικό. Τα πιο συνήθη αλκαλικά υλικά για την απομάκρυνση του διοξειδίου του θείου είναι ο ασβεστόλιθος, ο άσβεστος και το υδροξείδιο του μαγνησίου.

Διαδικασία

Η διαδικασία της αποθείωσης περιλαμβάνει τα εξής στάδια,

1^ο στάδιο

Τα καυσαέρια εισέρχονται στο σύστημα της αποθείωσης, αφού πρώτα έχουν περάσει από μια θερμική κατεργασία με την βοήθεια των προθερμαντήρων.

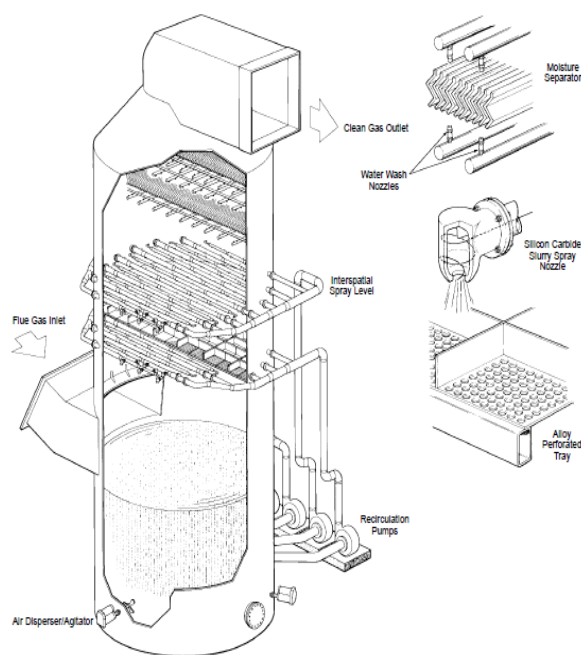
2^ο στάδιο

Το σύστημα της αποθείωσης διαθέτει ακροφύσια τα οποία ψεκάζουν υγρό ασβεστόλιθο και αυτό το μείγμα έρχεται σε επαφή με το καυσαέριο. Το ανθρακικό ασβέστιο αντιδρά με το διοξείδιο του θείου και το οξυγόνο του αέρα που υπάρχει μέσα στο σύστημα.

3^ο στάδιο

Το ίζημα από αυτό το διάλυμα κατακάθεται στον πάτο της δεξαμενής, και εξέρχεται από το σύστημα για περαιτέρω χρησιμοποίησή του. Επίσης, το σύστημα τροφοδοτείται συνεχώς με ασβεστόλιθο.

Εικόνα 113 Διαδικασία αποθείωσης



4^ο στάδιο

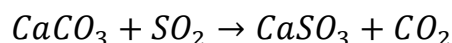
Τα καυσαέρια περνούν από τους διαχωριστές για να διαχωριστούν οι υδρατμοί και εξέρχονται από το σύστημα.

Το ποσοστό απομάκρυνσης των διοξειδίων του θείου στην διαδικασία της αποθείωσης είναι 99%.

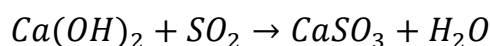
Χημική αντίδραση

Οι χημικές αντιδράσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα στην διαδικασία της αποθείωσης είναι οι εξής,

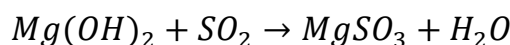
Όταν χρησιμοποιείται **ασβεστόλιθος** (CaCO_3),



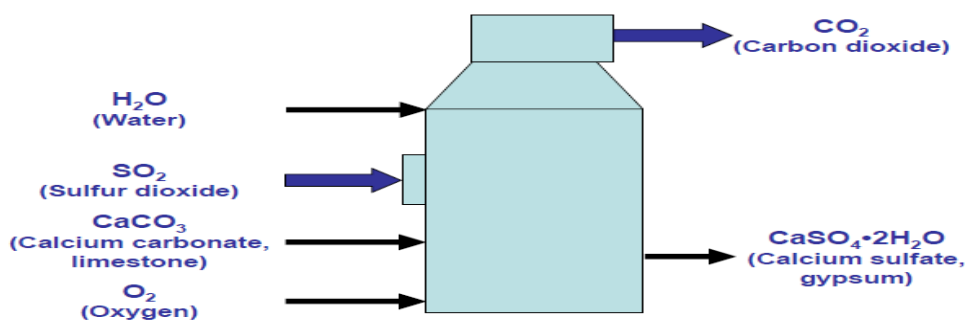
Όταν χρησιμοποιείται **άσβεστος** (Ca(OH)_2),



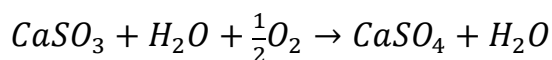
Όταν χρησιμοποιείται **υδροξείδιο του μαγνησίου** (Mg(OH)_2),



Εικόνα 114 Αντιδρώντα και προϊόντα αποθείωσης



Επίσης, για να αντισταθμιστεί μερικώς το κόστος της εγκατάστασης αποθείωσης, σε πολλά εργοστάσια ενέργειας, ακολουθείται η στρατηγική για τη δημιουργία του γύψου (CaSO_4), οξειδώνοντας το παράγωγο θειικό ασβεστούχο άλας,



Τα πλεονεκτήματα της ασβεστόλιθου γύψου τεχνικής είναι ότι, η χρήση ασβεστόλιθου είναι γενικώς πιο φθηνή από την χρήση άσβεστου. Επίσης, το παράγωγο γύψος μπορεί να πωληθεί.

Τα μειονεκτήματα είναι πρώτον, ότι το μοριακό βάρος του ασβεστόλιθου από του άσβεστου, με την συνέπεια να χρειάζονται περισσότεροι τόνοι για την απομάκρυνση 1 τόνου διοξειδίου του θείου. Δεύτερον, ότι η υγρή τσιμεντολάσπη θα πρέπει να αντιμετωπιστεί. Τέλος, το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι ότι παράγεται επιπλέον διοξείδιο του άνθρακα.

4.2.5 Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (Η/Σ Κ)

Εισαγωγή

Η τεχνολογία των ηλεκτροστατικών κατακρημνιστών εφαρμόζεται για τη συλλογή των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) από τα καυσαέρια. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ιπτάμενης τέφρας, υπάρχουν διάφορα μεγέθη, είδη και διάφοροι σχεδιασμοί των ηλεκτροστατικών κατακρημνιστών. Η απόδοση στη συλλογή των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να φθάσει το 99.8%, ανάλογα με τον αριθμό διόδων του κατακρημνιστή. Οι κατακρημνιστές χωρίζονται σε θερμούς και ψυχρούς ανάλογα με το αν βρίσκονται μετά ή πριν από τον προθεμαντήρα καυσαερίων

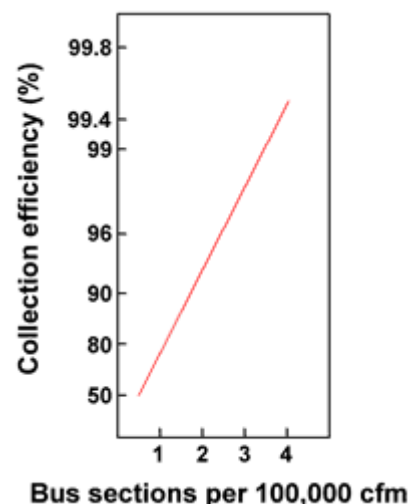
Διαδικασία

Η λειτουργία του ηλεκτροστατικού κατακρημνιστή αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια,

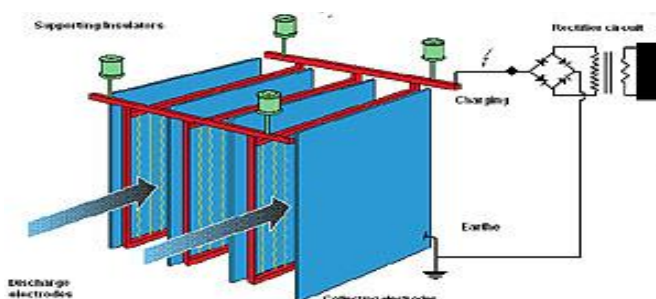
1^ο στάδιο

Τα καυσαέρια εισέρχονται στο σύστημα του ηλεκτροστατικού κατακρημνιστή και φορτίζονται αρνητικά από το αρνητικά φορτισμένο μεταλλικό πλέγμα στην είσοδο του κατακρημνιστή.

Εικόνα 115 Απόδοση συλλογής αναλόγως τον αριθμό των τομέων



Εικόνα 116 Η/Σ Κατακρημνιστής



2^ο στάδιο

Τα φορτισμένα αρνητικά αιωρούμενα σωματίδια στην συνέχεια έλκονται από τις φορτισμένες θετικά πλάκες του κατακρυμνιστή.

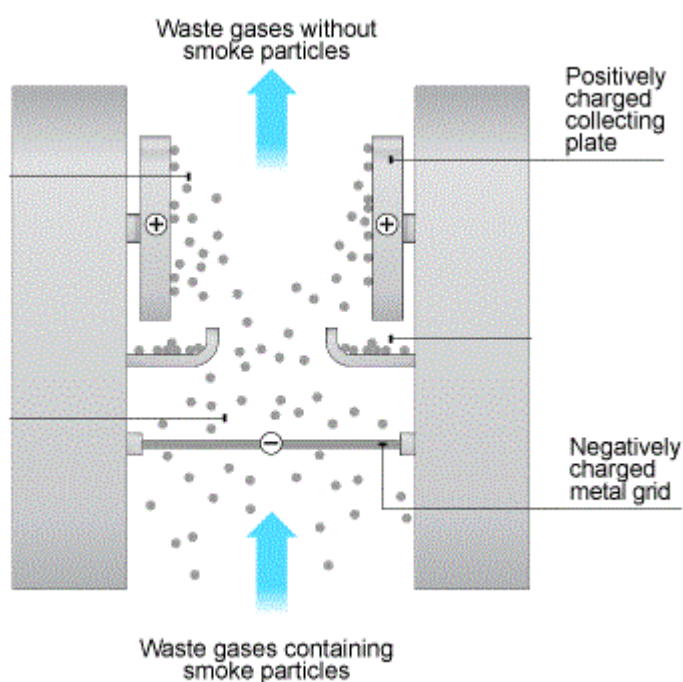
3^ο στάδιο

Όταν οι πλάκες συλλογής συσσωρεύσουν σε μεγάλο ποσοστό του ολικού εμβαδού τους αιωρούμενα σωματίδια τότε με την βοήθεια ειδικών μηχανημάτων ταρακουνιούνται και τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία είχαν συσσωρευτεί αφαιρούνται από τις πλάκες και με την βοήθεια της βαρύτητας πέφτουν μέσα στις χοάνες.

4^ο στάδιο

Τα σωματίδια μεταφέρονται από τις χοάνες στην τοποθεσία απόθεσής τους

Εικόνα 117 Λειτουργία Η/Σ Κατακρυμνιστή

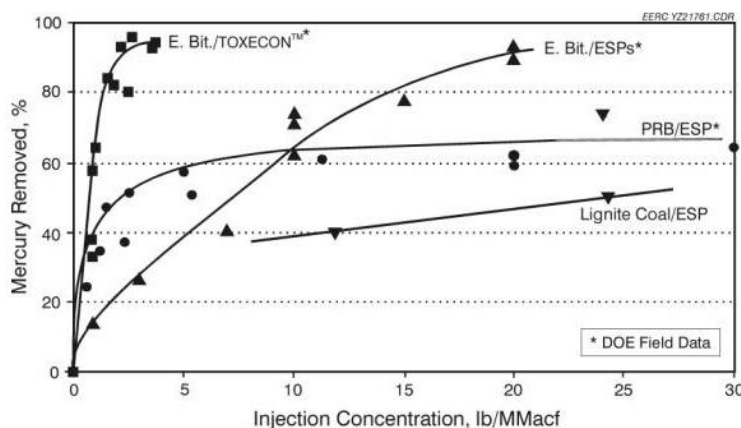


4.2.6 Μέθοδος εισαγωγής απορροφητικού για απομάκρυνση Υδραργύρου (Hg)

Εικόνα 118 Απομάκρυνση Hg αναλόγως το καύσιμο

Εισαγωγή

Με την εισαγωγή ενός απορροφητικού όπως είναι ο ενεργός άνθρακας, το βρώμιο και το τετρασουλφίδιο του νατρίου, στα καυσαέρια δίνεται μια απλή προσέγγιση στον έλεγχο των εκπομπών του υδραργύρου (Hg). Η μέθοδος η οποία έχει ως απορροφητικό τον ενεργό άνθρακα είναι η πιο διαδεδομένη. Ο ενεργός άνθρακας μπορεί να απορροφήσει ως και το 50% του υδραργύρου που βρίσκεται στα καυσαέρια.



Διαδικασία

Η διαδικασία της απομάκρυνσης του υδραργύρου από το καυσαέριο αποτελείται από τα εξής στάδια

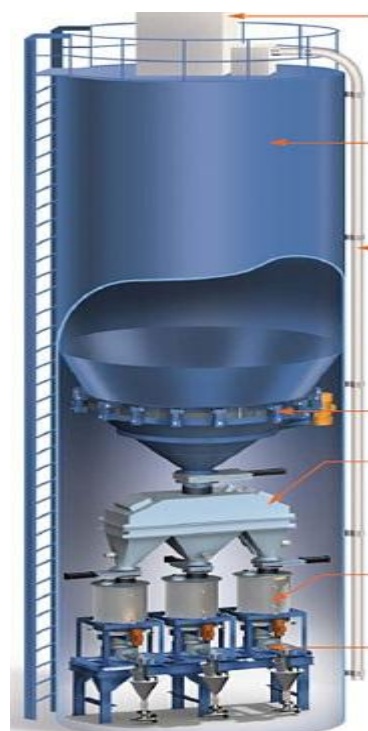
1^ο στάδιο

Ο κονιοποιημένος ενεργός άνθρακας βρίσκεται μέσα σε ειδικό σιλό και εγχέεται μέσα στα καυσαέρια

2^ο στάδιο

Τα μόρια του υδραργύρου έρχονται σε επαφή και προσκολλώνται στα μόρια του ενεργού άνθρακα. Ο ενεργός άνθρακας δρα ως απορροφητικό.

Εικόνα 119 Σιλό ενεργού άνθρακα



3^ο στάδιο

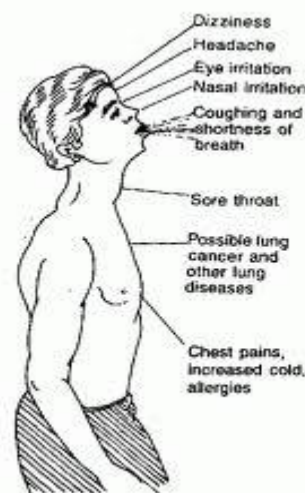
Τα σωματίδια του ενεργού άνθρακα, με πλέον, προσκολλημένα τα μόρια του υδραργύρου, απομακρύνονται από το σύστημα με την βοήθεια των τεχνολογιών απομάκρυνσης αιωρούμενων σωματιδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Επιπτώσεις στην υγεία

Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι επιπτώσεις στην υγεία τις οποίες προκαλούν οι ρυπαντές των λιγνιτικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Οι επιπτώσεις των ρυπαντών μπορούν να δημιουργήσουν διάφορα νοσήματα στον άνθρωπο, όπως είναι τα νοσήματα του αίματος και των αιμοποιητικών οργάνων, του κυκλοφορικού συστήματος, του αναπνευστικού συστήματος και νοσήματα του δέρματος. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει αναφορά στις επιπτώσεις τις οποίες προκαλούν οι συμβατικοί ρύποι, οι οποίοι είναι τα νιτρικά οξείδια, το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα και τα αιωρούμενα σωματίδια στον άνθρωπο και τα βαρέα μέταλλα, τα οποία είναι ο υδράργυρος, το αρσενικό, το χρώμιο, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος.



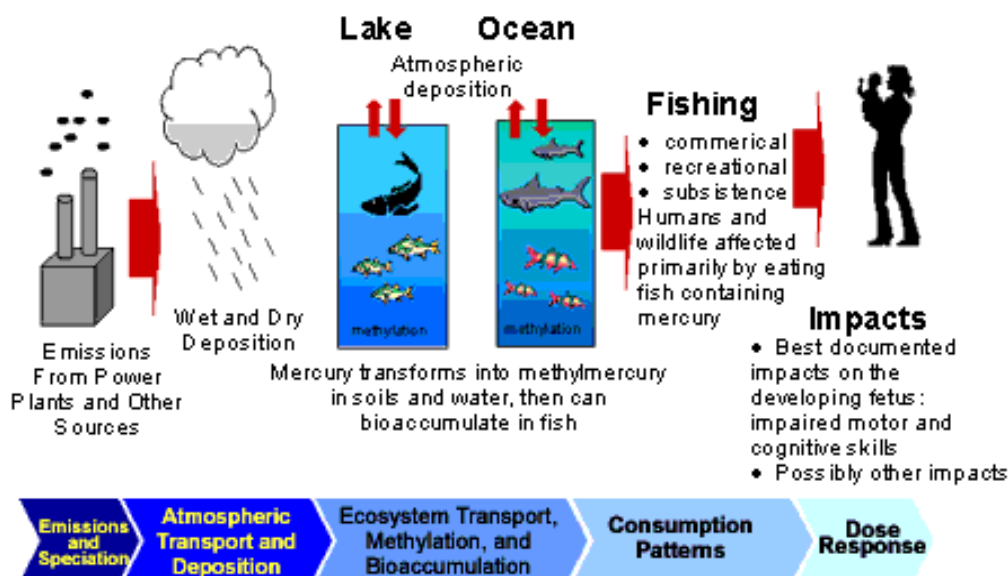
Εικόνα 120 Επιπτώσεις αέριων ρύπων

5.1 Υδράργυρος (Hg)

Τα ψάρια και τα θαλασσινά έχουν την φυσική τάση να συγκεντρώνουν υδράργυρο στον οργανισμό τους και να τον μετατρέπουν σε μέθυλο-υδράργυρο, μια ιδιαίτερα τοξική ένωση. Κυρίως τα ψάρια που βρίσκονται πολύ ψηλά στην τροφική αλυσίδα, όπως ο καρχαρίας, ο ξιφίας, ο τόνος, το σκουμπρί, περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες υδραργύρου, τον οποίο λαμβάνουν από τα μικρότερα ψάρια που καταναλώνουν ως τροφή. Τα ψάρια δεν έχουν μηχανισμούς αποβολής του υδραργύρου και επομένως αυτός συνεχώς συσσωρεύεται στον οργανισμό τους.

Οι άνθρωποι εκτίθενται κυρίως στον μεθυλιούχο υδράργυρο, μια οργανική ένωση, όταν καταναλώνουν ψάρια και οστρακοειδή τα οποία περιέχουν μεθυλϋδράργηρος. Το κατά πόσον η έκθεση σε διάφορες μορφές υδραργύρου θα βλάψει τον οργανισμό ενός ατόμου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Σχεδόν όλοι οι άνθρωποι έχουν ίχνη μεθυλιούχου υδραργύρου στους ιστούς τους, το οποίο αντανάκλα την διαδεδομένη παρουσία του στο περιβάλλον και στην έκθεση των ανθρώπων μέσω της κατανάλωσης ψαριών.

Εικόνα 121 Σχεδιάγραμμα μεταφοράς υδραργύρου



Μεταφορά του υδραργύρου

Ο υδράργυρος στο πρώτο στάδιο εκπέμπεται από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας μαζί με άλλα βαρέα μέταλλα στο περιβάλλον. Στην συνέχεια, τα αερομεταφερόμενα μόρια του υδραργύρου μπορούν να πέσουν στο έδαφος, στις λίμνες και στους ωκεανούς με τα σταγονίδια της βροχής, με την σκόνη ή απλώς με την βοήθεια της βαρύτητας (εναπόθεση του αέρα). Ο υδράργυρος μέσω μικροσκοπικών οργανισμών (πλαγκτόν) μετατρέπεται από ανόργανος υδράργυρος σε μεθυλδράργηρος και στην συνέχεια βιοσυσσωρεύεται στα ψάρια και στα οστρακοειδή. Στην συνέχεια, μέσω της αλιείας, οι άνθρωποι έρχονται σε επαφή με τον μεθυλδράργηρο καταναλώνοντας ψάρια και οστρακοειδή.

Οι άνθρωποι εκτίθενται κυρίως στον μεθυλδράργηρος, μια οργανική ένωση, όταν καταναλώνουν ψάρια και οστρακοειδή τα οποία περιέχουν μεθυλδράργηρος. Κατά πόσον, η έκθεση σε διάφορες μορφές υδραργύρου θα προκαλέσει ζημιά στον οργανισμό ενός ατόμου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Σχεδόν, όλοι οι άνθρωποι έχουν ίχνη μεθυλδραργήρου στους ιστούς τους, το οποίο αντανακλά την διαδεδομένη παρουσία του, στο περιβάλλον και στην έκθεση των ανθρώπων μέσω της κατανάλωσης ψαριών.

Οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν, κατά πόσο είναι σοβαρές οι επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε υδράργυρο είναι

- Η χημική μορφή του υδραργύρου
- Η δόση
- Η ηλικία του εκτιθέμενου (τα έμβρυα είναι η πιο ευπαθή ομάδα)
- Η διάρκεια της έκθεσης
- Ο τρόπος της έκθεσης (εισπνοή, κατάποση, δερματική επαφή)
- Η υγεία του εκτιθέμενου

Ο υδράργυρος προσβάλλει το νευρικό και το ενδοκρινικό σύστημα, τα νεφρά και άλλα όργανα, το στόμα, τα ούλα και τα δόντια. Έκθεση για μεγάλα διαστήματα, οδηγεί σε βλάβη στον εγκέφαλο και τελικά σε θάνατο, ειδικά τα νεογνά και τα έμβρυα. Γυναίκες που είχαν εκτεθεί σε υδράργυρο κατά την εγκυμοσύνη, γέννησαν παιδιά με σοβαρές ανωμαλίες. Έκθεση σε ορισμένες ενώσεις του υδραργύρου όπως ο διμέθυλ-υδράργυρος μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο μέσα σε λίγες ώρες. Στα μικρά παιδιά ο υδράργυρος εμποδίζει την σωστή ανάπτυξη του νευρικού ιστού και έχει ενοχοποιηθεί ακόμη και για εμφάνιση αυτιστικής συμπεριφοράς.

Επιπτώσεις του μεθυλιούχου υδράργυρου

Για τα έμβρυα, τα βρέφη και τα παιδιά, η μεγαλύτερη επίπτωση είναι η διαταραχή στην νευρολογική ανάπτυξη. Οι κύριες επιπτώσεις εντοπίζονται στα έμβρυα, οι οποίες είναι, οι διαταραχές στον συντονισμό της κίνησης και διαταραχές στις γνωστικές ικανότητες, δηλαδή στην ικανότητα της μάθησης και της κατανόησης .

Έκθεση του εμβρύου σε μεθυλ-υδράργυρο μέσω της κατανάλωσης ψαριών και οστρακοειδών από την μητέρα, έχει ως αποτέλεσμα στην μη αρμονική ανάπτυξη του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος. Επιπτώσεις στην μνήμη και στην ομιλία έχουν καταγραφεί σε παιδιά που εκτέθηκαν στον μεθυλ-υδράργυρο ενώ βρίσκονταν στην μήτρα. Επίσης, μητέρες οι οποίες θηλάζουν και έχουν έρθει σε επαφή με τον μεθυλ-υδράργυρο μπορεί να εκθέσουν και τα βρέφη.

Υδράργυρος και Καρκίνος

Ο χλωριούχος υδράργυρος έχει προκαλέσει μεγάλη αύξηση σε διάφορα είδη όγκων και ο μεθυλ-υδράργυρος προκαλεί όγκο στα νεφρά.

Επιπτώσεις από άλλες ενώσεις του υδραργύρου

Η έκθεση σε ανόργανο υδράργυρο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την βλάβη στον γαστρεντερικό σωλήνα, στο νευρικό σύστημα και στα νεφρά. Και ανόργανες και οι οργανικές ενώσεις του υδραργύρου απορροφούνται από τον γαστρεντερικό σωλήνα και υπάρχει περίπτωση μέσω αυτής της οδού να προκαλέσει βλάβη και σε άλλα συστήματα του οργανισμού. Ωστόσο, οι οργανικές ενώσεις του υδραργύρου περνούν πιο εύκολα στον οργανισμό από τις ανόργανες

Συμπτώματα από υψηλή έκθεση σε ανόργανες ενώσεις του υδραργύρου μπορεί να περιέχουν, εξανθήματα και δερματίτιδα, απώλεια μνήμης, διανοητικές ενοχλήσεις και ατονία των μυών.

Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Ο υδράργυρος που περιέχεται στην ατμόσφαιρα εγκαθίσταται στα ύδατα και επηρεάζει την ποιότητα του νερού. Η ποσότητα του μεθυλδραργήρου στα ψάρια σε διάφορα ύδατα είναι συναρτήσει πολλών παραγόντων, όπως η ποσότητα του μεθυλδραργήρου που εναποτίθενται στην ατμόσφαιρα, οι φυσικές, οι βιολογικές και οι χημικές ιδιότητες των διαφόρων υδάτων, το μέγεθος και το είδος της τροφής που καταναλώνει το ψάρι. Σε αυτό, οφείλεται η σημαντική διαφορά στις συγκεντρώσεις των ψαριών των λιμνών. Οι επιπτώσεις στην πανίδα συμπεριλαμβάνουν, την θνησιμότητα, την μείωση της γονιμότητας, βραδύτερη ανάπτυξη και αφύσικη συμπεριφορά, οι οποίες επηρεάζουν την επιβίωση, αναλόγως τα επίπεδα έκθεσης.

5.2 Νιτρικά οξείδια (NO_x)

Τα νιτρικά οξείδια δρουν ως ερεθιστικό της βλεννογόνου των ματιών, του λάρυγγα και του αναπνευστικού σωλήνα. Υπερβολική έκθεση σε νιτρικά οξείδια μπορεί να οδηγήσει σε πνευμονικό οίδημα. Η συνεχής έκθεση σε υψηλά επίπεδα νιτρικών οξειδίων μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία χρόνιας βρογχίτιδας. Επίσης, η συνεχής έκθεση σε νιτρικά οξείδια μπορεί να καταστρέψει τους ιστούς των πνευμόνων, και να οδηγήσει στην δημιουργία εμφυσήματος. Η έκθεση σε χαμηλά επίπεδα νιτρικών οξειδίων μπορεί να προκαλέσει βρογχίτιδα, να ελαττώσει την λειτουργία των πνευμόνων και αυξήσει το κίνδυνο λοιμώξεων του αναπνευστικού, ιδιαίτερα στα παιδιά.

Σημαντικός ρύπος για τη δημιουργία όξινης βροχής. Σε υψηλές συγκεντρώσεις βλάπτει ανθρώπους και βλάστηση. Στα παιδιά μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές ασθένειες. Στους ασθματικούς προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή.

Τα νιτρικά οξείδια είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία του λεγόμενου «ατμοσφαιρικού νέφους» στις μεγαλουπόλεις, αλλά και για το σχηματισμό όξινης βροχής (νιτρικό οξύ).

5.3 Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το διοξείδιο του θείου προκαλεί ερεθιστική δράση με την τόνωση των νευρών στα τοιχώματα της μύτης και του λαιμού και των αεραγωγών του πνεύμονα. Αυτό προκαλεί έναν αντανάκλαστικό βήχα, ερεθισμό, και ένα αίσθημα σφιξίματος στο στήθος, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε στένωση των αεραγωγών. Το τελευταίο αυτό φαινόμενο είναι ιδιαίτερα πιθανό να συμβεί σε άτομα που πάσχουν από πνευμονικό άσθμα και χρόνια βρογχίτιδα.

Επιδημιολογικά δεδομένα που προκύπτουν από τον γενικό πληθυσμό δείχνουν ότι τα άτομα με άσθμα ή με άλλες ασθένειες που αφορούν το αναπνευστικό σύστημα, είναι πιο ευάλωτα στην έκθεση σε διοξειδίου του θείου απ' ό,τι τα υγιή. Ωστόσο, πολυάριθμες μελέτες σε ασθματικούς δείχνουν ότι το επίπεδο της ευαισθησίας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από μη ειδικούς παράγοντες, όπως η σωματική δραστηριότητα και οι ατμοσφαιρικές συνθήκες.
Επιδράσεις στο αναπνευστικό

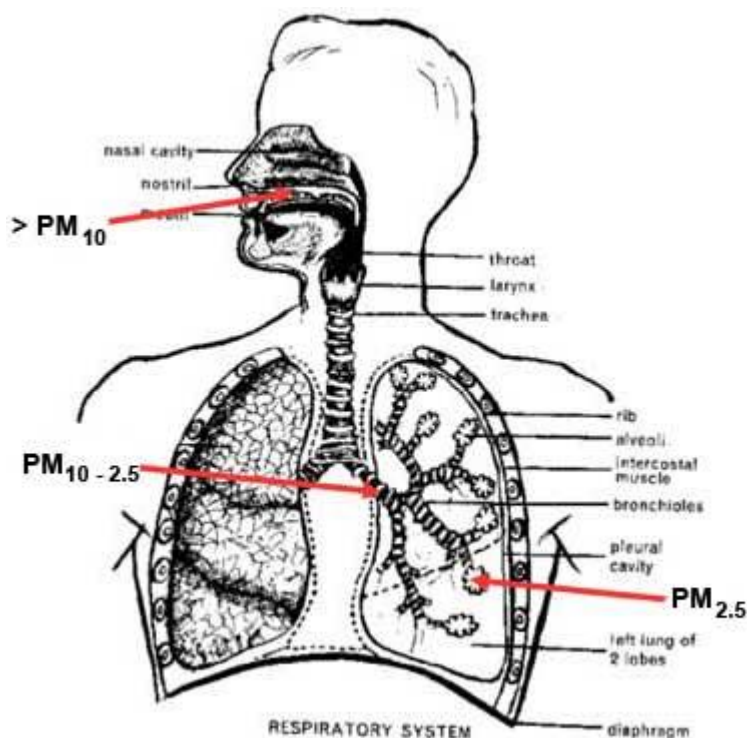
Αρκετές μελέτες σε ανθρώπους έδειξαν ότι επαναλαμβανόμενη έκθεση σε χαμηλά επίπεδα διοξειδίου του θείου μπορεί προκαλέσει μόνιμη πνευμονική ανεπάρκεια.

Διοξείδιο του θείου και καρκίνος

Πολλές επιδημιολογικές μελέτες έχουν εξετάσει την πιθανότητα ότι το διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει καρκίνους, όπως καρκίνο του πνεύμονα, καρκίνου του στομάχου ή όγκους στον εγκέφαλο. Σε όλες τις μελέτες, υπήρχαν ανεξέλεγκτοι παράγοντες, όπως η ταυτόχρονη έκθεση σε άλλες χημικές ουσίες. Ο Διεθνής Οργανισμός για τον Καρκίνο (IARC) εξέτασε τις μελέτες αυτές και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ανεπαρκή στοιχεία για καρκινογένεση στον άνθρωπο.

5.4 Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

Μερικά από τα μικρότερα σωματίδια μπορεί να εισχωρήσουν βαθιά στους πνεύμονες και μπορεί ακόμη και να περάσουν από τους πνεύμονες στο αίμα. Μπορούν να προκαλέσουν αναπνευστικά προβλήματα όπως κρίσεις άσθματος, ακόμα και καρδιακά προβλήματα. Τα σωματίδια θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα για τα μικρά παιδιά με τους αναπτυσσόμενους πνεύμονες, και για ανθρώπους όλων των ηλικιών που πάσχουν από άσθμα, βρογχίτιδα, άλλα αναπνευστικά προβλήματα, και ή καρδιαγγειακή νόσο.



Εικόνα 122 Εισχώρηση PM στο αναπνευστικό σύστημα

Πολυάριθμες επιστημονικές μελέτες έχουν συνδέσει την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια σε μια σειρά από προβλήματα, όπως:

- αυξημένα αναπνευστικά συμπτώματα, όπως ερεθισμό των αναπνευστικών οδών, βήχα ή δυσκολία στην αναπνοή
- μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων
- επιδείνωση άσθματος
- ανάπτυξη χρόνιας βρογχίτιδας
- καρδιακή αρρυθμία
- τον πρόωρο θάνατο ατόμων με καρδιακές ή πνευμονικές παθήσεις

5.5 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άοσμο, άχρωμο και τοξικό αέριο. Σε χαμηλότερα επίπεδα έκθεσης, το μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί ήπια φαινόμενα τα οποία είναι συχνά μπερδεύονται με γρίπη. Αυτά τα συμπτώματα περιλαμβάνουν πονοκέφαλο, ζάλη, αποπροσανατολισμός, ναυτία και κόπωση.

Το μονοξείδιο του άνθρακα εισερχόμενο στον οργανισμό του ανθρώπου από τους πνεύμονες συνδυάζεται προνομιακά με την αιμοσφαιρίνη - την ουσία του αίματος που μεταφέρει το οξυγόνο στους ιστούς και τα όργανα του σώματος - σχηματίζοντας ανθρακοξυαιμοσφαιρίνη (COHb), αντικαθιστώντας το οξυγόνο και μειώνοντας έτσι δραματικά την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς και τα όργανα. Το αίμα έχει την τάση να ενώνεται 200-240 φορές πιο γρήγορα με το μονοξείδιο του άνθρακα απ ό τι με το οξυγόνο. Αλλά το μονοξείδιο του άνθρακα είναι επίσης ένα αθροιστικό δηλητήριο. Αυτός είναι ο λόγος που χαμηλές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα μπορεί να συσσωρεύονται στο αίμα του θύματος στη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος με σοβαρά ή θανατηφόρα αποτελέσματα.

Τα παιδιά έχουν υψηλότερους ρυθμούς μεταβολισμού και χρειάζονται περισσότερο οξυγόνο από τους ενήλικες, γι αυτό και είναι πιο ευπρόσβλητα σε δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα. Σε παιδιά οι δηλητηριάσεις από μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να οδηγήσουν σε νευρολογικά προβλήματα, απώλεια μνήμης, μαθησιακές δυσκολίες, προβλήματα ανάπτυξης και αλλαγές στην προσωπικότητα.

Οι συνέπειες της έκθεσης σε μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά από άτομο σε άτομο ανάλογα με την ηλικία, γενική υγεία και τη συγκέντρωση και τη διάρκεια της έκθεσης. Μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Χαμηλές συγκεντρώσεις του επηρεάζουν δυσμενώς άτομα με καρδιακά προβλήματα και μειώνουν τις σωματικές επιδόσεις νεαρών και υγιών ατόμων.

Υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν συμπτώματα όπως ζαλάδα, πονοκεφάλους και κόπωση.

5.6 Βαρέα μέταλλα

Εισαγωγή

Τα μέταλλα συσσωρεύονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω του αέρα, του νερό, των τροφίμων, του εδάφους και της απορρόφησης από το δέρμα. Η μόλυνση από βαρέα μέταλλα είναι ένα εξαιρετικά σοβαρό πρόβλημα. Κατά την διάρκεια των χρόνων, αυτά τα βαρέα μέταλλα συνεχίζουν να συσσωρεύονται στους ανθρώπινους ιστούς. Οι τοξίνες πρέπει να εξαλειφθούν γρήγορα από την στιγμή που θα εισέλθουν στο σώμα, διαφορετικά η συστέντρωση μπορεί να φτάσει τελικά τα τοξικά και επικίνδυνα επίπεδα.

Αρσενικό(As)

Η έκθεση σε χαμηλά επίπεδα αρσενικού μπορεί να προκαλέσει πόνο και ερεθισμό στο λαιμό και τους πνεύμονες, και να προκαλέσει την ανάπτυξη των κονδυλωμάτων. Οι ανόργανοι δεσμοί αρσενικού είναι επίσης καρκινογόνοι και έχουν παρατηρηθεί στα παιδιά με μειωμένη λειτουργία του εγκεφάλου. Στο περιβάλλον, το αρσενικό συσσωρεύεται στα ψάρια και τα οστρακοειδή καθώς και στο έδαφος ή ίζημα. Το αρσενικό είναι ιδιαίτερα τοξικά για τα ψάρια και μπορεί να οδηγήσει σε ανώμαλη φυσικά χαρακτηριστικά και το θάνατο.

Εξαιρετικά δηλητηριώδες καθώς και άχρωμο και άοσμο, το αρσενικό μπορεί να εισέλθει στο σώμα μέσω του στόματος, των πνευμόνων και του δέρματος. Το αρσενικό είναι η πιο κοινή αιτία οξείας δηλητηρίασης από βαρέα μέταλλα σε ενήλικες. Επηρεάζει το αίμα, τα νεφρά και το κεντρικό νευρικό σύστημα, πεπτικό, και τα συστήματα του δέρματος.

Τα συμπτώματα και οι διαταραχές που μπορεί να προκληθούν από την έκθεση σε αρσενικό είναι, το κοιλιακό άλγος, αναιμία, ανορεξία, απάθεια,

τύφλωση, δερματίτιδα, οίδημα, βλάβες στο γαστρεντερικό σύστημα, βρογχοκήλη, τριχόπτωση, κεφαλαλγία, δυσλειτουργία του ήπατος, των πνευμόνων και του καρκίνου των πνευμόνων και, ψυχική δυσλειτουργία, συντονισμού των κινήσεων, ναυτία, διαταραχές του νευρικού συστήματος.

Χρώμιο(Cr)

Η έκθεση στο χρώμιο μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα του αναπνευστικού και ανοσοποιητικού συστήματος. Επίσης, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα νεφρά και στο συκώτι, ρινορραγίες, και έλκη στο ρινικό διάφραγμα, και τον καρκίνο του πνεύμονα.

Στο περιβάλλον, το χρώμιο σχετίζεται με αλλαγές στη συμπεριφορά, ανωμαλίες παραγωγής ενζύμων. Επίσης, προκαλεί διαταραχές στο ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών και των θηλαστικών και την αδυναμία να εκτελέσουν τα φυτά τις βασικές λειτουργίες. Η παρουσία χρωμίου μπορεί να αλλάξει τη σύνθεση ενός οικοσυστήματος, αλλοιώνοντας την ποικιλομορφία ειδών.

Νικέλιο(Ni)

Οι ενώσεις του νικελίου είναι καρκινογόνες για τον άνθρωπο όσο και για τα ζώα. Στους ανθρώπους, η χρόνια έκθεση σε ενώσεις του νικελίου μπορεί επίσης να οδηγήσει σε βρογχίτιδα και μειωμένη πνευμονική λειτουργία.

Στα ζώα, το νικέλιο εμποδίζει την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη με αποτέλεσμα την φυσική παραμορφώσεις και υψηλή θνησιμότητα.

Πολύ μικρές ποσότητες νικελίου έχουν αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητες για την φυσιολογική ανάπτυξη και την αναπαραγωγή σε μερικά είδη ζώων. Το νικέλιο και οι ενώσεις του μπορεί να έχουν χρόνια τοξικότητα για την υδρόβια ζωή. Η τοξικότητα του νικελίου για τους υδρόβιους οργανισμούς καθορίζεται από τη σκληρότητα του νερού - όσο πιο μαλακό το νερό, τόσο μεγαλύτερη είναι η τοξικότητα.

Ψευδάργυρος (Zn)

Όταν οι άνθρωποι απορροφούν πολύ λίγη ποσότητα ψευδάργυρου μπορούν να εμφανίσουν απώλεια της όρεξης, μειωμένη αίσθηση της γεύσης και της όσφρησης, αργή επούλωση πληγών και δερματικά έλκη.

Αν και οι άνθρωποι μπορούν να χειριστούν αναλογικά μεγάλες συγκεντρώσεις ψευδαργύρου, πάρα πολύ μεγάλη συκέντρωση ψευδάργυρο μπορεί να προκαλέσει ακόμη επιφανείς προβλήματα υγείας, όπως κράμπες στο στομάχι, τους ερεθισμούς του δέρματος, έμετος, ναυτία και αναιμία. Επίσης, το πολύ υψηλά επίπεδα ψευδαργύρου μπορούν να βλάψει το πάγκρεας και διαταράσσουν τον μεταβολισμό πρωτεϊνών, και αρτηριοσκλήρωση αιτία.

Ο ψευδάργυρος μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για τα έμβρυα και τα νεογέννητα. Όταν οι μητέρες τους έχουν απορροφήσει μεγάλες συγκεντρώσεις ψευδαργύρου τα παιδιά μπορεί να εκτίθενται σε αυτό μέσω του αίματος ή το γάλα των μητέρων τους.

Τα ψάρια μπορούν να συσσωρεύσουν ψευδάργυρο στο σώμα τους, όταν ζουν σε μολυσμένα από ψευδάργυρο νερά. Το αποτέλεσμα είναι να συνεχίσει μέσω των ψαριών στην τροφική αλυσίδα και να καταλήξει στον άνθρωπο.

Όταν τα εδάφη της γεωργικής γης είναι μολυσμένα από τον ψευδάργυρο, τότε τα ζώα θα απορροφήσουν τον ψευδάργυρο, και πολλές φορές σε συγκεντρώσεις που είναι επιβλαβείς για την υγεία τους.

Παράλληλα, όταν το έδαφος έχει συγκεντρώσει πολύ υψηλά επίπεδα ψευδαργύρου, τότε μόνο ένας περιορισμένος αριθμός των φυτών έχουν πιθανότητα επιβίωσης.

Τέλος, ο ψευδάργυρος μπορεί να διακόψει τη δραστηριότητα στο έδαφος, καθώς επηρεάζει αρνητικά τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και τους γαιοσκώληκες και η κατανομή της οργανικής ύλης μπορεί σοβαρά να επιβραδυνθεί λόγω αυτού.

Επιπτώσεις των ρυπαντών στην υγεία

Οι επιπτώσεις των ρυπαντών των σταθμών παραγωγής ενέργειας στην υγεία έχουν πολλές συνέπειες σε διάφορα όργανα του ανθρώπου, όπως είναι ο εγκέφαλος, το συκώτι, τα νεφρά και έχουν την ικανότητα να επηρεάσουν σημαντικά συστήματα του ανθρωπίνου οργανισμού όπως είναι το αναπνευστικό σύστημα, το κυκλοφορικό σύστημα, το νευρικό σύστημα και το ανοσοποιητικό σύστημα.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται, συνοπτικά οι επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων και των συμβατικών ρύπων.

Πίνακας 22 Βλάβες των ρυπαντών στην υγεία

Όνομα χημικού στοιχείου	Αναπνευστικό σύστημα	Κυκλοφορικό σύστημα	Εγκέφαλος, Νευρικό σύστημα	Ανοσοποιητικό σύστημα	Νεφρά	Συκώτι	Δέρμα	Καρκίνος	Καθυστερήση ανάπτυξης
<u>Βαρέα Μέταλλα</u>									
<i>Hg</i>			•		•			•	•
<i>As</i>	•	•	•					•	•
<i>Cr</i>	•			•	•	•		•	•
<i>Ni</i>	•							•	
<i>Zn</i>				•	•		•		•
<u>Συμβατικοί Ρύποι</u>									
<i>CO</i>		•							•
<i>PM₁₀</i>	•								
<i>SO₂</i>	•								
<i>NO_x</i>	•								

Βιβλιογραφία

- *A. Doukelis, E. Kakaras, D. Giannakopoulos, N.Koukouzas, «CO₂ Capture and Storage in the Greek Electricity Generation Sector»*
- *Boward and Brinkmann, «Retrofit FGD System Price Trends and Influence Factors»*
- *Takeshita, M and Soud, H «FGD Performance and Experience on Coal Fired Plants»*
- *Wolfgang Hessler, «Heating Measurement Technology»*
- *Foscolos, A.E., Goodarzi, F., Koukouzas, C.N., Hatziyannis, G., «Reconnaissance study of mineral matter and trace elements in Greek lignite»*
- *Foscolos, A.E., Typou, I., Kavouridis, C., « Land reclamation of lignite mines in the Ptolemais-Amynteon area, Macedonia»*
- *Papanicolaou, C., Kotis, T., Foscolos, A., Goodarzi, F., «Coals of Greece: a review of properties, uses and future perspectives»*
- *Bahnick, D., C. Sauer, B. Butterworth, and D.W. Kuehl. «A national study of mercury contamination in fish IV: Analytical methods and results»*
- *Bounicore, Anthony J., and Wayne T. Davis, «Air Pollution Engineering Manual»*
- *Licata A, Roderick B, «Multi-Pollutant emissions control and strategies»*
- *Larey-Marie van Greunen, «Selection of air pollution control technologies for power plants, gasification and refining processes»*
- *Confuorto N, «Controlling FCCU flue gas emissions»*
- *Dayley M, Holbert K «Electrical engineering for pollution control – electrostatic precipitators for power plants»*
- *Lissianski V, Zamansky P, «NO_x and Mercury control by combustion modifications»*

Ιστοσελίδες

- <http://prtr.ec.europa.eu/Home.aspx>
- <http://phdtheses.ekt.gr/eadd/>
- <http://www.energy.eu/>
- <http://www.industcards.com/ppworld.htm>
- <http://www.coalpowermag.com/>
- <http://www.epa.gov/air/airpollutants.html>
- <http://www.worldcoal.org/>
- http://corporate.evonik.com/resources/sites/powerplant/plant_en/evonik_vKW.html
- <http://www.eia.doe.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=1&pid=7&aid=1>
- http://my.epri.com/portal/server.pt?open=512&objID=240&&PageID=811&mode=2&in_hi_userid=2&cached=true
- <http://www.tva.com/environment/air/index.htm>

