ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Διερεύνηση της επίδρασης των περιορισμών για τις εκπομπές του CO_2 στην εκμεταλλευσιμότητα των Ελληνικών λιγνιτικών κοιτασμάτων»

Γιαννακοπούλου Θ. Σανιώ

<u>Εξεταστική Επιτροπή</u>

Γαλετάκης Μιχαήλ, Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων καθηγητής)

Βάμβουκα Δέσποινα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Ρούμπος Χρήστος, Διδάκτωρ

Χανιά

Οκτώβριος, 2008

Πρόλογος

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε με σκοπό την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η πραγματοποίησή της έγινε υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή του τμήματος Δρ. Μ. Γαλετάκη. Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Δρ. Μ. Γαλετάκη για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, για την συνεργασία και για τον πλούτο των γνώσεων που μου μετέδωσε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δρ. Δ. Βάμβουκα και τον Δρ. Χ. Ρούμπο, που δέχτηκαν να συμμετάσχουν στην εξεταστική επιτροπή και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Χανιά, Οκτώβριος 2008

Σ.Θ. Γιαννακοπούλου

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα «Διερεύνηση της επίδρασης των περιορισμών για τις εκπομπές του CO_2 στην εκμεταλλευσιμότητα των Ελληνικών λιγνιτικών κοιτασμάτων» έχει ως στόχο την εκτίμηση των εκπομπών του CO_2 και τη μελέτη της επίδρασης τους στην εκμεταλλευσιμότητα του λιγνίτη που εξορύσσεται στην περιοχή του Νοτίου Πεδίου.

Στην προσπάθεια να δοθεί απάντηση στο θέμα που τίθεται σχετικά με την επίδραση των εκπομπών του CO_2 χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία που προέκυψαν από την επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων της γεωτρητικής διαδικασία τα οποία υπέστησαν επεξεργασία και αναφέρονται στον εκμεταλλεύσιμο λιγνίτη. Οι γεωτρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι 473 στον αριθμό. Από αυτές τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι τιμές της υγρασίας, της τέφρας επί ξηρού και της θερμογόνου δύναμης, όπου αυτές έχουν μετρηθεί. Ακόμη χρησιμοποιήθηκε το διαχρονικό σχέδιο εκμετάλλευσης για την περιοχή του Νοτίου Πεδίου για τα επόμενα χρόνια μέχρι και την εξόφλησή του.

Από τα στοιχεία αυτά και σύμφωνα με τον γενικό τύπο που προτείνεται από την οδηγία 2003/87 της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπολογίστηκαν οι εκπομπές ανά έτος εκμετάλλευσης και στη συνέχεια παράχθηκαν χάρτες ανά τομέα εκμετάλλευσης στους οποίους απεικονίζονται οι ειδικές εκπομπές του CO_2. Ως μέθοδος παρεμβολής χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Krigging. Όλοι οι χάρτες παράχθηκαν με το πρόγραμμα Surfer 8.0 της Golden Software.

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με στατιστική μέθοδο έτσι ώστε να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με τη διαχρονική εξέλιξη των ειδικών εκπομπών. Αυτό έγινε εκτιμώντας το διάστημα εμπιστοσύνης των ειδικών εκπομπών ετησίως. Τέλος μελετήθηκε η επιβάρυνση ανά παραγόμενης kWh από την εκμετάλλευση αυτή.

Περιεχόμενα

Πρόλογος i

Περίληψη ii

Περιεχόμενα iii

Κατάλογος σχημάτων vi

Κατάλογος πινάκων viii

Κεφάλαιο 1 1

Γενικά στοιχεία για την εκμετάλλευση των λιγνιτών στην Ελλάδα 1

1.1 Διαχρονική εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής 1

1.2 Κατανομή λιγνιτικών κοιτασμάτων στον Ελλαδικό χώρο και συμμετοχή των λιγνιτών στην ηλεκτροπαραγωγή 2

Κεφάλαιο 2 7

Συστήματα περιορισμού των εκπομπών του CO_2 7

2.1 Πρωτόκολλο Κιότο 7

2.2 Διεθνείς και Εθνικές δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών 8

2.3 Διαχρονική εξέλιξη των εκπομπών του CO_2 10

2.3.1 Εξέλιξη σε παγκόσμιο επίπεδο 10

2.3.2 Εξέλιξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης 10

2.3.3 Εξέλιξη εκπομπών CO_2 στην Ελλάδα 11

2.3.4 Συμμετοχή του λιγνίτη στις εκπομπές CO_2 11

2.4 Επιπτώσεις στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, στην ανταγωνιστικότητα του λιγνίτη 13

Κεφάλαιο 3 14

Ποιοτικά χαρακτηριστικά Ελληνικών λιγνιτών και μεθοδολογία αξιολόγησής τους 14

3.1 Συστατικά λιγνιτών 14

3.2 Προσδιορισμός ποιότητας λιγνιτών 15

3.2.1 Προσεγγιστική και στοιχειακή ανάλυση 15

3.2.2 Προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης 16

3.3 Μεθοδολογία αξιολόγησης λιγνιτικών κοιτασμάτων 17

3.3.1 Υπολογισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών απολήψιμης λιγνιτικής 18

στοιβάδας 18

3.4 Ποιότητα λιγνίτη 21

3.5 Υπολογισμός ειδικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα 23

3.5.1 Υπολογισμός παραμέτρων Q_S 25

3.5.2 Πολλαπλή παλινδρόμηση 26

3.5.3 Υπολογισμός μόνιμου άνθρακα C_L 28

3.5.4 Παράγοντας οξείδωσης 28

3.5.5 Υπολογισμός ειδικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά γεώτρηση 29

Κεφάλαιο 4 32

Εκτίμηση της χωρικής κατανομής των ειδικών εκπομπών του CO_2 στην περιοχή του Νοτίου Πεδίου 32

4.1 Το λιγνιτικό κοίτασμα της περιοχής του Νοτίου Πεδίου 32

4.2 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου 33

4.3 Γεωστατιστική μέθοδος Krigging 35

4.4 Παράμετροι της μεθόδου Krigging 37

4.4.1 Στατιστική ανάλυση των δεδομένων των γεωτρήσεων 37

4.4.2 Γεωστατιστική ανάλυση (βαριογράμματα) 40

4.4.3 Επιλογή παραμέτρων για τη μέθοδο Krigging και εφαρμογή της ... 42

4.4.4 Διαίρεση του Νοτίου Πεδίου σε τομείς 45

4.5 Διαχρονική εξέλιξη των ειδικών εκπομπών Q_s 51

4.5.1 Τρόπος υπολογισμού του Qs ετησίως 51

4.5.2 Επίδραση επί της εκμεταλλευσιμότητας, επιβάρυνση ανά kWh. ... 57

Κεφάλαιο 5 61

Συμπεράσματα 61

Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση 62

Βιβλιογραφικές αναφορές 64

Παράρτημα 66

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1.1: Εξέλιξη παραγωγής λιγνίτη σε εκατομμύρια τόνους (ΔΕΗ, 2008)...1

Σχήμα 1.2: Κατανομή εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη στον ελληνικό χώρο (ΔΕΗ, 2008).....2

Σχήμα 1.3: Διαχρονική εξέλιξη ηλεκτροπαραγωγής 1972-2004 ανά τύπο καυσίμου (Καβουρίδης Κ., Ρούμπος Χ., κ.α 2005).....4

Σχήμα 1.4: Ποσοστιαία κατανομή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο καυσίμου το έτος 2004 (Καβουρίδης Κ., Ρούμπος Χ., κ.α 2005).....4

Σχήμα 1.5: Διάταξη ορυχείων λιγνιτικού κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (δεν περιλαμβάνονται τα ορυχεία περιοχής Φλώρινας).....6

Σχήμα 3.1: Σχηματικό διάγραμμα διαδικασίας ενοποίησης στρωμάτων γεώτρησης.....21

Σχήμα 3.3: Ισοζύγιο άνθρακα που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των εκπομπών CO_2.....23

Σχήμα 3.4: Συσχέτιση πραγματικά μετρούμενης υγρασίας με τις εκτιμώμενες τιμές βάσει της εξίσωσης.....27

Σχήμα 3.5: Γραφική απεικόνιση των πραγματικών τιμών LHV(cal/g) σε σχέση με τις εκτιμώμενες.....28

Σχήμα 3.7: Συσχέτιση πραγματικών ειδικών εκπομπών Q_s (ton/MWh) με τις εκτιμώμενες.....30

Σχήμα 4.1: Μοντέλο εκμετάλλευσης με τη μέθοδο της στροφικής λειτουργίας35

Σχήμα 4.2: Σχεδιάγραμμα του Νοτίου Πεδίου με τις θέσεις των γεωτρήσεων. 37

Σχήμα 4.3: Έλεγχος της κατανομής της παραμέτρου Q_s (ton/Mwh) 39

Σχήμα 4.4: Δίκτυο πιθανότητας κανονικής κατανομής. 40

Σχήμα 4.5: Παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του βαριογράμματος. 41

Σχήμα 4.6: Βαριόγραμμα γ(h) για το Q_s, με βαθμό απόδοσης n=36%.. 42

Σχήμα 4.7: Παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στη μέθοδο Krigging.....43

Σχήμα 4.8: Χάρτης ειδικών εκπομπών CO_2 (ton/MWh) 44

Σχήμα 4.9: Διαιρεμένο μοντέλο εκμετάλλευσης ανά τομείς (ΔΕΗ, 2008) 46

Σχήμα 4.11: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στους τομείς 4 έως 11.....47

Σχήμα 4.12: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στους τομείς 4-5.....47

Σχήμα 4.13: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 6...48

Σχήμα 4.14: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 7...48

Σχήμα 4.15: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 8...49

Σχήμα 4.16: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 9...49

Σχήμα 4.17: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 10.50

Σχήμα 4.18: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 11.50

Σχήμα 4.19: Χρονική εξέλιξη της μέσης ετήσιας τιμής των Q_s (t CO_2/MWh) και του διαστήματος διακύμανσης για α=5%. 55

Σχήμα 4.20: Συντελεστής επιβάρυνσης εκπομπών CO_2 με βάση το έτος 2005. 60

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1.1: Στοιχεία εκμεταλλεύσεων λιγνίτη και αντίστοιχων ατμοηλεκτρικών σταθμών (ΑΗΣ) (Καβουρίδης 2005). 3

Πίνακας 2.1: Προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο (Kavouridis, 2008). 7

Πίνακας 2.2: Εκπομπές CO_2 κατά τη περίοδο 1990-2002 10

Πίνακας 2.3: Κατανομή εκπομπών (Kavouridis, 2008) 12

Πίνακας 2.4: Εκπομπές CO_2 ορυκτών καυσίμων.....12

Πίνακας 2.5: Συντελεστές εκπομπών CO_2 (σε τόνους / MWh) με βάση το καύσιμο και τη τεχνολογία. 13

Πίνακας 3.1: Βασικά χαρακτηριστικά των Ελληνικών λιγνιτικών κοιτασμάτων (Kavouridis, 2008) 22

Πίνακας 3.2: Παράμετροι ποιότητας για τα έτη 1998-2005 για τους ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου και Καρδιάς 26

Πίνακας 3.3: Τιμή του παράγοντα οξείδωσης όπως έχει μετρηθεί για την χρονική περίοδο 1998-2005. 29

Πίνακας 3.4: Στοιχεία υπολογισμού για το Q_S (ton/Mwh) 30

Πίνακας 4.1: Στατιστικά στοιχεία απόστασης γεωτρήσεων. 39

Πίνακας 4.2: Στατιστικά στοιχεία για το Q_s (ton/MWh) του κοιτάσματος του Νοτίου Πεδίου. 45

Πίνακας 4.3: Στατιστικά στοιχεία κάθε τομέα για τον συντελεστή ειδικών εκπομπών CO_2, Q_s. 52

Πίνακας 4.4: Όρια διακύμανσης της τιμής των εκπομπών του CO_2 για το σύνολο του κοιτάσματος ανά έτος εκμετάλλευσης. 53

Πίνακας 4.6: Υπολογισμός επιβάρυνσης εκπομπών του CO_2. 58

Αφιερωμένη

στην οικογένεια μου

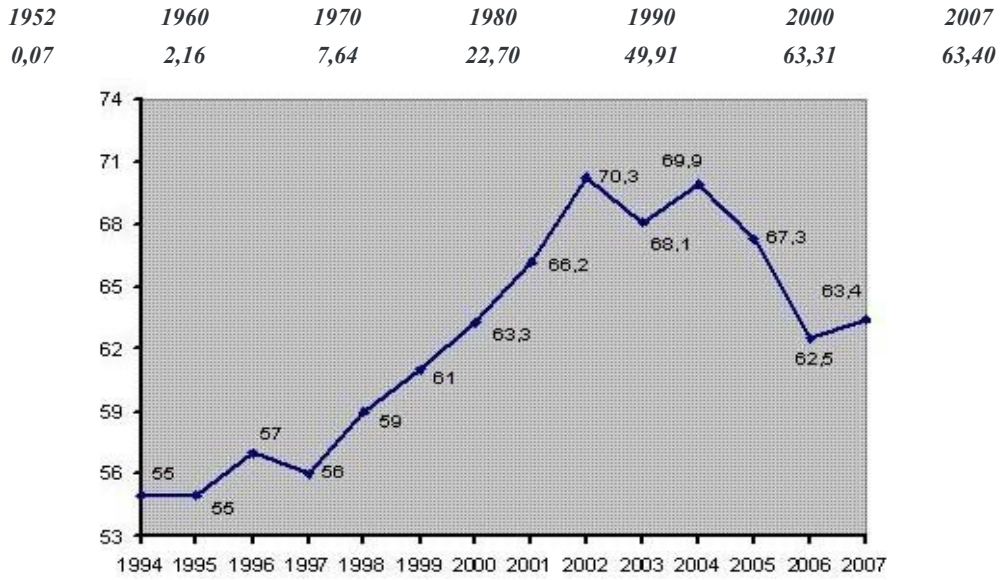
Κεφάλαιο 1

Γενικά στοιχεία για την εκμετάλλευση των λιγνιτών στην Ελλάδα

1.1 Διαχρονική εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής

Ο λιγνίτης αποτελεί την κύρια ενεργειακή πρώτη ύλη της χώρας μας και τη βάση της ανάπτυξης των ενεργειακών προγραμμάτων της ΔΕΗ. Τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ στη Δυτική Μακεδονία (ΛΚΔΜ) και τη Μεγαλόπολη (ΛΚΜ) εξασφαλίζουν το σημαντικότερο για την ελληνική οικονομία ενεργειακό καύσιμο, το λιγνίτη, στον οποίο βασίστηκε ο ηλεκτρισμός της χώρας μας από τη στιγμή της ίδρυσης της Επιχείρησης.

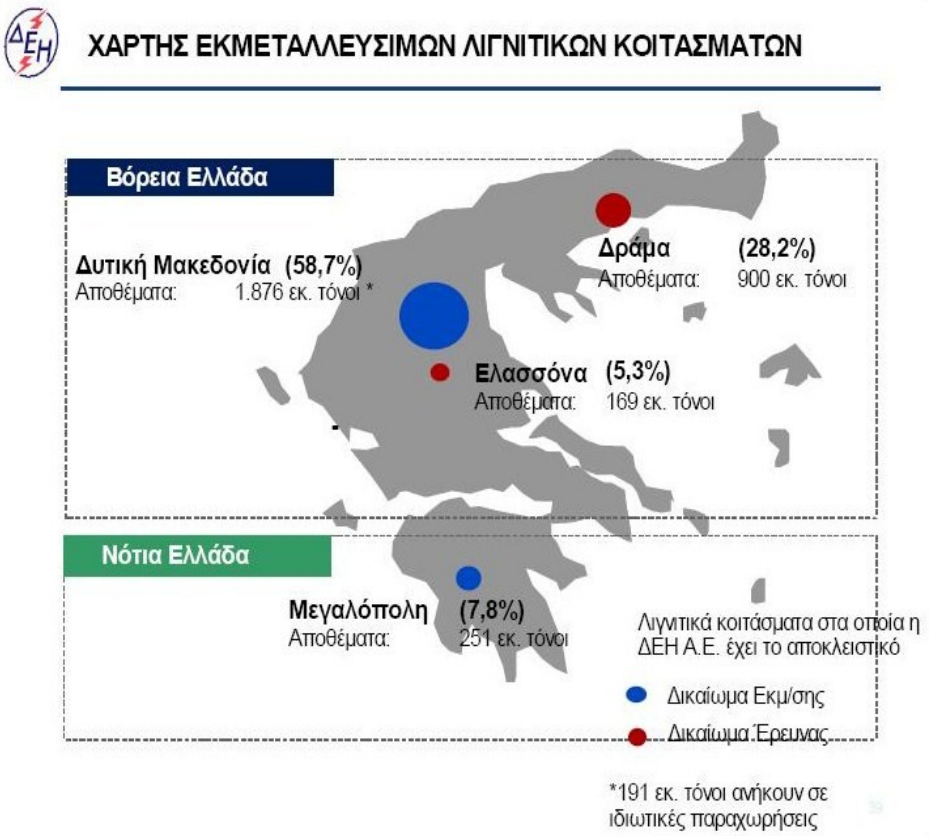
Ο λιγνίτης βρίσκεται σε αφθονία στο υπέδαφος της Ελλάδας. Η χώρα μας κατέχει τη δεύτερη θέση σε παραγωγή λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την έκτη θέση παγκοσμίως. Με βάση τα συνολικά αποθέματα και τον προγραμματιζόμενο ρυθμό κατανάλωσης στο μέλλον, υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα οι υπάρχουσες ποσότητες λιγνίτη επαρκούν για τα επόμενα 45 χρόνια. Μέχρι σήμερα έχουν εξορυχτεί συνολικά 1,3 δις τόνοι λιγνίτη ενώ τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα ανέρχονται σε 3,2 δις τόνους περίπου. Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζεται η εξέλιξη της παραγωγής λιγνίτη σε εκατομμύρια τόνους για τη περίοδο 1994-2007 (ΔΕΗ, 2008).



Σχήμα 1.1: Εξέλιξη παραγωγής λιγνίτη σε εκατομμύρια τόνους (ΔΕΗ, 2008).

1.2 Κατανομή λιγνιτικών κοιτασμάτων στον Ελλαδικό χώρο και συμμετοχή των λιγνιτών στην ηλεκτροπαραγωγή

Η κατανομή των εκμεταλλεύσιμων λιγνιτικών αποθεμάτων στις περιοχές που έχει ολοκληρωθεί η έρευνα δίνεται στο χάρτη του Σχήματος 1.2.



Σχήμα 1.2: Κατανομή εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη στον ελληνικό χώρο (ΔΕΗ, 2008).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2, στη Δυτική Μακεδονία και συγκεκριμένα στον άξονα Φλώρινα – Πτολεμαίδα – Κοζάνη – Ελασσόνα είναι συγκεντρωμένο το μεγαλύτερο λιγνιτικό δυναμικό της χώρας μας.

Τα εναπομείναντα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη στις περιοχές όπου η ΔΕΗ αναπτύσσει λιγνιτική δραστηριότητα έχουν ως εξής :

• Λεκάνη Πτολεμαίδας – Αμυνταίου : 1546 εκ. τον.

• Λεκάνη Φλώρινας : 330* εκ. τον.

• Σύνολο Δυτικής Μακεδονίας : 1876 εκ. τον.

• Λεκάνη Μεγαλόπολης : 251 εκ. τον.

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ : 2127 εκ. τον.

* 191 εκ. τον. ανήκουν σε ιδιωτικές παραχωρήσεις

Τα παραπάνω αποθέματα με βάση τους σημερινούς ρυθμούς κατανάλωσης λιγνίτη επαρκούν για περίπου 40 ακόμη χρόνια στην περιοχή Δυτικής Μακεδονίας και 20 χρόνια στην περιοχή της Μεγαλόπολης.

Πέραν των ανωτέρω περιοχών στις οποίες η ΔΕΗ έχει αποκλειστικά δικαιώματα εκμετάλλευσης των λιγνιτικών κοιτασμάτων μέχρι εξάντλησής τους η ΔΕΗ έχει και το δικαίωμα έρευνας και στις περιοχές Ελασσόνας και Δράμας με εκμεταλλεύσιμα λιγνιτικά αποθέματα 169 εκατ. τον. και 900 εκατ. τον. αντίστοιχα.

Τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ που σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία και οι αντίστοιχοι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΑΗΣ) δίνονται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1: Στοιχεία εκμεταλλεύσεων λιγνίτη και αντίστοιχων ατμοηλεκτρικών σταθμών (ΑΗΣ) (Καβουρίδης 2005).

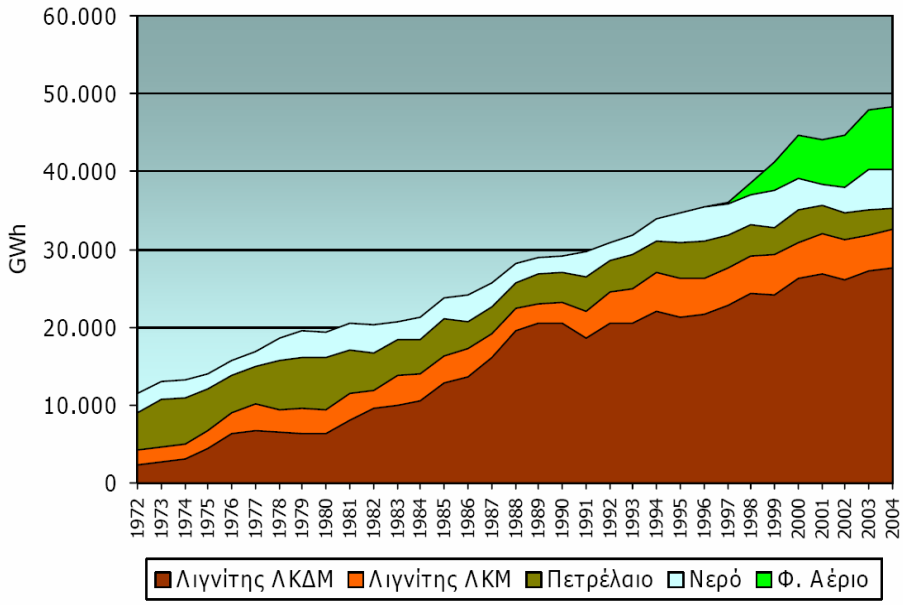
Ετήσια παραγωγή λιγνίτη 50-55 εκατ. τόνους **18 Μονάδες – 6 ατμοηλεκτρικοί σταθμοί**	
ΑΗΣ Πτολεμαΐδας	620 MW
ΑΗΣ ΛΙΠΤΟΛ	43 MW
ΑΗΣ Καρδιάς	1200 MW
ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου	1595 MW
ΑΗΣ Αμυνταίου	600 MW
ΑΗΣ Μελίτη	330 MW
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	4338 MW

Όπως φαίνεται και στον πίνακα η εγκατεστημένη ισχύς σήμερα ανέρχεται σε 4338 MW.

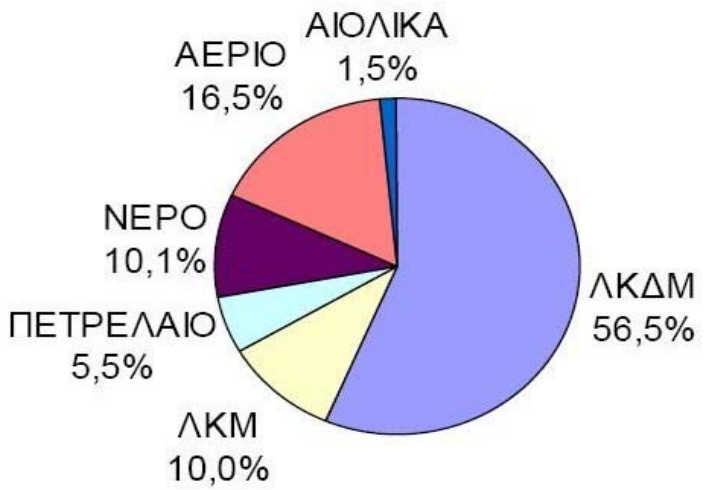
Κατά την τελευταία 5ετία η συμμετοχή των λιγνιτικών σταθμών στην παραχθείσα ενέργεια από το διασυνδεδεμένο δίκτυο κυμάνθηκε μεταξύ 66,2 % και

72,8 % με μέγιστη τιμή παραχθείσας ενέργειας από λιγνίτη το 2003 που ανήλθε σε 31731 GWh.

Η εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο καυσίμου για τη χρονική περίοδο 1972-2004 δίνεται στο Σχήμα 1.3. Στο Σχήμα 1.4 δίνεται η ποσοστιαία κατανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο καυσίμου το έτος 2004.



Σχήμα 1.3: Διαχρονική εξέλιξη ηλεκτροπαραγωγής 1972-2004 ανά τύπο καυσίμου (Καβουρίδης Κ., Ρούμπος Χ., κ.α 2005).



Σχήμα 1.4: Ποσοστιαία κατανομή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο καυσίμου το έτος 2004 (Καβουρίδης Κ., Ρούμπος Χ., κ.α 2005).

Σήμερα λειτουργούν τα παρακάτω μεγάλα συγκροτήματα ορυχείων:

Ορυχεία Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (ΛΚΔΜ)

- Ορυχείο Κυρίου Πεδίου : Το ορυχείο αυτό, που περιλαμβάνει τις εκμεταλλεύσεις των κοιτασμάτων Κομάνου και Μαυροπηγής, έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 6-8 εκ τον. και καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Πτολεμαίδας και του Βιομηχανικού Συγκροτήματος της τέως ΛΙΠΤΟΛ, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 663 MW.

Ορυχείο Πεδίου Καρδιάς : το ορυχείο αυτό, που περιλαμβάνει στην παρούσα φάση την εκμετάλλευση του κοιτάσματος του Τομέα 6, έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 15 εκ. τον. και καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Καρδιάς, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1200 MW.

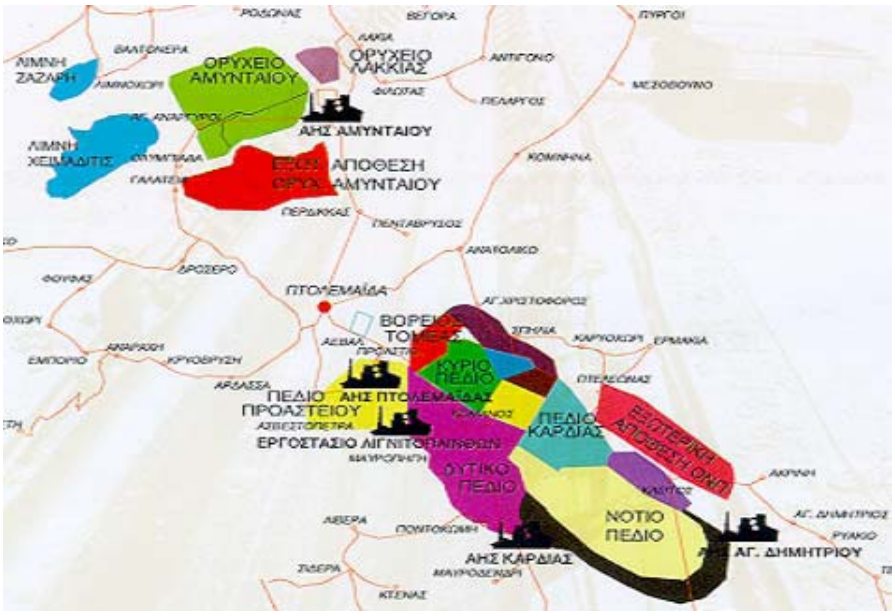
- Ορυχείο Νοτίου Πεδίου : το ορυχείο αυτό, που περιλαμβάνει την εκμετάλλευση του λιγνιτικού κοιτάσματος Νοτίου Πεδίου, έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 18-22 εκ. τον. και καλύπτει ανάγκες των 5 Μονάδων του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1585 MW.
- Ορυχείο Πεδίου Αμυνταίου : το ορυχείο αυτό, που περιλαμβάνει την εκμετάλλευση του κοιτάσματος Αμυνταίου και Αναργύρων έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη περίπου 8 εκ. τον. και καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Αμυνταίου-Φιλώτα, με εγκατεστημένη ισχύ 600 MW.
- Ορυχείο Κλειδίου (Φλώρινα) : Η ΔΕΗ έχει προχωρήσει στη διάνοιξη του ορυχείου Κλειδίου στην περιοχή της Φλώρινας.

Το ορυχείο Κλειδιού (απόθεμα ~40 εκ. τον.) μαζί με τα ιδιωτικά λιγνιτωρυχεία της λεκάνης Φλώρινας καλύπτουν τις ανάγκες του νέου ΑΗΣ Μελίτης ισχύος 330 MW που ξεκίνησε τη λειτουργία το 2003. Διοικητικά το ορυχείο Κλειδιού ανήκει στο ορυχείο Αμυνταίου.

Ορυχεία Λιγνιτικού κέντρου Μεγαλόπολης

- Ορυχείο Χωρεμίου με δυνατότητα παραγωγής 9-12 εκ. τον.
- Ορυχείο Μαραθούσας με δυνατότητα παραγωγής 1-2 εκ. τον.

Η παραγωγή των ως άνω εκμεταλλεύσεων Μεγαλόπολης καλύπτει τις ανάγκες των σταθμών Μεγαλόπολης Α και Β με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 850 MW. ((Καβουρίδης Κ., Ρούμπος Χ., κ.α 2005).



Σχήμα 1.5: Διάταξη ορυχείων λιγνιτικού κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (δεν περιλαμβάνονται τα ορυχεία περιοχής Φλώρινας)

Κεφάλαιο 2

Συστήματα περιορισμού των εκπομπών του CO_2

2.1 Πρωτόκολλο Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο προέκυψε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των αναπτυγμένων κρατών (η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση αυτή, κάνοντάς την νόμο του Κράτους τον Απρίλιο του 1994). Στόχος της Σύμβασης είναι "η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες". Λίγα χρόνια μετά, και συγκεκριμένα το 1997, καθορίστηκε στα πλαίσια της Σύμβασης αυτής ένα σημαντικό νομικό εργαλείο για τον έλεγχο των εκπομπών, γνωστό και ως Πρωτόκολλο του Κιότο. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές έξι (6) αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Το Πρωτόκολλο προβλέπει τον εξής καταμερισμό ευθυνών ανά χώρα (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1: Προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο (Kavouridis, 2008).

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

2.2 Διεθνείς και Εθνικές δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο επικυρώθηκε με την απόφαση 2002/358/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και το νόμο 3017/2002 στην Ελλάδα, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών έξι αερίων του θερμοκηπίου (CO_2, CH_4, N_2O, HFC_S, SF_S, PFC_S) κατά 8% μεταξύ των ετών 2008 και 2012, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Κάθε Κράτος Μέλος έχει αναλάβει συγκεκριμένη δέσμευση ως προς τις απαιτήσεις μείωσης.

Για την παγκόσμια μείωση κατά 5,2% των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι την περίοδο 2008-2012, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, έχουν διαμορφωθεί τρεις «ευέλικτοι μηχανισμοί» οι οποίοι επιτρέπουν την επίτευξη των στόχων με μειωμένο κόστος και αυτοί είναι η Εμπορία Εκπομπών (Emissions Trading: ET), τα έργα Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation: JI) και ο μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism: CDM).

Η Εμπορία Εκπομπών αφορά την κατανομή δικαιωμάτων («μεριδίων εκπομπών») για τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε σταθερές πηγές εκπομπών σύμφωνα με τους εθνικούς περιβαλλοντικούς στόχους κάθε κράτους. Τα δικαιώματα αυτά μπορούν να εμπορεύονται οι δικαιούχοι επιτυγχάνοντας μία ευνοϊκή σχέση κόστους και αποτελεσματικότητας.

Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2003/87 *«Σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου»*, (η οποία τροποποιήθηκε από την 2004/101/ΕΚ ενώ επικυρώθηκε σε εθνικό επίπεδο με την ΚΥΑ 54409/2632, ΦΕΚ 1931, 29/12/2004) για τα κράτη μέλη της ΕΕ, είχε προβλεφθεί πιλοτική εφαρμογής του Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών για την περίοδο 2005-2007 και κανονική περίοδος εφαρμογής για τη περίοδο 2008-2012 και θα συμπεριλαμβάνει και τα υπόλοιπα αέρια. Αυτή αναφερόταν μόνο σε εκπομπές CO_2 και τέσσερις κατηγορίες δραστηριοτήτων ενώ το πρόστιμο για κάθε επιπλέον εκπεμπόμενο τόνο διοξειδίου του άνθρακα προβλέπονταν 40 €/tCO_2 ενώ σε δεύτερη φάση (κανονική) η υπέρβαση των ορίων εκπομπών θα τιμωρείται με 100€/τόνο CO_2. Επιπλέον στα πλαίσια τη Οδηγίας προβλέπεται και η κατάρτιση Εθνικών Σχεδίων Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών. Στο πιλοτικό Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών περιλαμβάνονται ο τομέας της ενέργειας (εγκαταστάσεις καύσεως>20MW, διυλιστήρια,

οπτανθρακοποιεία) οι δραστηριότητες παραγωγής και επεξεργασίας σιδηρούχων μετάλλων, η παραγωγή τσιμέντου ή ασβέστη, η παραγωγή κεραμικών ειδών, η παραγωγή υάλου και οι εγκαταστάσεις για την παραγωγή πολτού, χαρτιού και χαρτονιού. Η τροποποίηση της Οδηγίας (2004/101/ΕΚ) αφορά τη σύνδεση του Κοινοτικού συστήματος Εμπορίας Εκπομπών με τα έργα μηχανισμών του Κιότο και επιτρέπει τη χρήση πιστοποιημένων μειώσεων εκπομπών από έργα CDM (από το 2005) και JI (από το 2008) για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων των κρατών μελών στα πλαίσια της 2003/87. Το ανώτατο όριο χρήσης καθορίζεται σε κάθε Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων εκπομπών (ΕΣΚΔΕ).

Επίσης για την εφαρμογή της εμπορίας εκπομπών σε Κοινοτικό και εθνικό επίπεδο απαιτείται η λειτουργία εθνικών μητρώων και η σύνδεσή τους με τον κεντρικό διαχειριστή της Ε. Επιτροπής (Κανονισμός ΕΕ 2216/2004 της 21/12/2004 – ΕΠΕΡ) (ΦΕΚ 1931, 2004) και η παρακολούθηση και καταγραφή εκπομπών η οποία θεσπίστηκε με τη Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2004/156/ΕΚ της 29/01/2004 («περί θεσπίσεως κατευθυντήριων γραμμών για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατ' εφαρμογή της οδηγίας 2003/87 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου»). Σύμφωνα με την απόφαση αυτή την ευθύνη για την διαδικασία εξακρίβωσης ως προς το αν στις αναφερόμενες πληροφορίες για μια εγκατάσταση υπάρχουν ουσιώδεις ανακρίβειες, έχει ανεξάρτητο και διαπιστευμένο όργανο, ο «ελεγκτής».

Στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου του Κιότο, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα επιτρέπεται να είναι αυξημένες έως και 25% σε σχέση με τα επίπεδα των αντίστοιχων εκπομπών του έτους βάσης (έτος 1990 για CO_2, CH_4, N_2O και 1995 για HFCs, PFCs, SF_6) . Σύμφωνα επίσης με το Εθνικό Πρόγραμμα για την Κλιματική Αλλαγή (ΦΕΚ Αρ. 58, 5 Μαρτίου 2003, Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου 5 της 27.2.2003), με επιπλέον μέτρα και πολιτικές η Ελλάδα αναμένεται να μπορεί να επιτύχει αύξηση μόνο μέχρι 24,5% σε σχέση με τα επίπεδα του έτους βάσης (ΦΕΚ Αρ. 58, 2003).

2.3 Διαχρονική εξέλιξη των εκπομπών του CO_2

2.3.1 Εξέλιξη σε παγκόσμιο επίπεδο

Οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου το 1990 ήταν περίπου 28 δις tCO_2eq, εκ των οποίων οι εκπομπές CO_2 αντιστοιχούσαν σε περισσότερο από 18,5 δις tCO_2eq. Η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα κατά την προβιομηχανική περίοδο ήταν 280 ppmv (parts per million by volume) και το 2000 ήταν περίπου 370 ppmv (22,7 δις tCO2eq) (Κακαράς, κ.α, 2005).

Το 41% των εκπομπών CO_2 προέρχονται από 2 μόνο χώρες, τις ΗΠΑ και την Κίνα. Επίσης στον πίνακα δίνεται η σημαντική αύξηση των εκπομπών CO_2 σε ορισμένες αναπτυγμένες χώρες σε σχέση με το έτος βάσης 1990 (Καβουρίδης και Παυλουδάκης, 2007).

Πίνακας 2.2: Εκπομπές CO_2 κατά τη περίοδο 1990-2002

Χώρα	Μεταβολή μεγεθών (%) 1990-2002		
	Κατανάλωση	*Κατανάλωση*	*Εκπομπές*
ΗΠΑ	*+29.5*	*+15.4*	*+16.6*
Κίνα	*-166.4*	*+59.9*	*+42.4*
Ινδία	*+98.4*	*+59.9*	*+42.4*
Ιαπωνία	*+27.0*	*+20.2*	*+12.0*
Νότια Κορέα	*+186.4*	*+119.5*	*101.0*

2.3.2 Εξέλιξη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σύμφωνα με το στόχο του Κιότο, η ΕΕ οφείλει να μειώσει τις εκπομπές της κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα του έτους βάσης. Οι υφιστάμενες τάσεις όμως δείχνουν ότι θα επιτευχθεί μείωση μόνο 1% δηλαδή η υπέρβαση των εκπομπών ΑΤΘ στην ΕΕ την περίοδο του Κιότο θα αφορά περίπου 300 Mt CO_2 ανά έτος (Κακαράς, κ.α 2005).

2.3.3 Εξέλιξη εκπομπών CO_2 στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το αναθεωρημένο Σενάριο Αναμενόμενης Εξέλιξης για την Ελλάδα ισχύουν τα ακόλουθα :

• Οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου το έτος βάσης είναι 110,212 $MtCO_2eq$

• Το έτος 2005, οι εκπομπές CO_2 αυξήθηκαν κατά 36% σε σχέση με τα επίπεδα του έτους βάσης .

• Το 2010 οι εκπομπές CO_2 αναμένονται αυξημένες κατά 48,1% σε σχέση με τα επίπεδα του έτους βάσης .

• Το 2020 οι εκπομπές CO_2 αναμένεται να αυξηθούν κατά 68,3% σε σχέση με τα επίπεδα του έτους βάσης (ΕΣΚΔΕ, 2004).

2.3.4 Συμμετοχή του λιγνίτη στις εκπομπές CO_2

Το έτος 1995 το σύνολο των εκπομπών CO_2 ήταν 80 Mt CO_2 έναντι 38 Mt CO_2 το έτος 1973, δηλαδή έχουμε υπερδιπλασιασμό των εκπομπών. Η συμμετοχή του λιγνίτη στις εκπομπές του έτους 1995 ήταν 35 Mt $C0_2$ (44%).

Η πρόσφατη δέσμευση της χώρας μας για διατήρηση των εκπομπών του έτους 2010 κάτω από ορισμένα επίπεδα και συγκεκριμένα 93.6 Mt CO_2, αυξημένες κατά 30% σε σχέση με το έτος βάση 1990, θέτει έναν περιορισμό στις επιλογές για την ανάπτυξη του ενεργειακού συστήματος. Έμμεσα ο περιορισμός αυτός σημαίνει ένα κόστος στις εκπομπές CO_2 και μια αυξημένη επιβάρυνση στα καύσιμα με υψηλές εκπομπές, όπως είναι ο λιγνίτης.

Το Εθνικό Σχέδιο κατανομής για την περίοδο 2005-2007 περιελάμβανε 213,4 Mt CO_2. Το μερίδιο που αντιστοιχεί στον ενεργειακό τομέα είναι 73% (156 Mt CO_2) ενώ το αντίστοιχο μερίδιο γα την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 55%.

Οι 156 Mt CO_2 αφορούν και τις τρεις κατηγορίες μονάδων παραγωγής ενέργειας ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιούν, όπως φαίνεται και στο πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Κατανομή εκπομπών (Kavouridis, 2008)

Λιγνιτικές θερμικές μονάδες	128.3 Mt CO_2 (82.3%)	Συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας: 64%
Θερμικές μονάδες αερίου	*14.3 Mt CO_2 (9.2%)*	*Συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας: 20%*
Θερμικές μονάδες πετρελαίου	*13.3 Mt CO_2 (8.5%)*	*Συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας: 16%*

Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζονται οι τιμές των εκπομπών του CO_2 (ton CO_2/MWh) για κάθε τύπο ορυκτού καυσίμου, αναφερόμενο στο Ελληνικό σύστημα παραγωγής (Kavouridis, 2008).

Πίνακας 2.4: Εκπομπές CO_2 ορυκτών καυσίμων

Ορυκτά καύσιμα	Ειδική τιμή (CO_2/MWh)	Θερμογόνος δύναμη (MJ/ton)	Βαθμός απόδοσης
Λιγνίτης Μεγαλόπολης	*1.49*	*4350*	*32*
Λιγνίτης Πτολεμαϊδας-Αμυνταίου	*1.31*	*5650*	*32*
Λιγνίτης Φλώρινας	*0.94*	*8180*	*40*
Πετρέλαιο	*0.75*	*43.500*	*34*
Φυσικό αέριο	*0.44*	*38.000*	*50*

Η ΔΕΗ το 2006 πλήρωσε 12.6 εκατ. εύρο για την απόκτηση άδειας εκπομπών CO_2 που αντιστοιχούν σε σχεδόν 3% περίσσευμα από αυτές που χορηγήθηκαν από το Εθνικό Σχέδιο Κατανομών.

Σύμφωνα με έρευνες της ΔΕΗ (Kavouridis & Pauloudakis, 2006) σε περίπτωση που η τιμή του CO_2 αυξηθεί πάνω από 45ευρώ/ton CO_2, το βραχυπρόθεσμο ελάχιστο κόστος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το λιγνίτη θα γίνει ίσο με το αντίστοιχο κόστος παραγωγής από αέριο (Kavouridis, 2008).

2.4 Επιπτώσεις στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, στην ανταγωνιστικότητα του λιγνίτη

Το σύστημα εμπορίας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έχει προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Η θέσπιση του διεθνών Δικαιωμάτων Εκπομπών CO_2 διαφοροποιεί το κόστος λειτουργίας των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.

Για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις που έχει το ευρωπαϊκό σύστημα εκπομπών στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας στη λειτουργία των υφιστάμενων μονάδων και στις αποφάσεις για επενδύσεις σε νέες μονάδες παραγωγής έχουν ληφθεί υπόψη οι συντελεστές εκπομπής CO_2/MWh, για τις διάφορες πηγές ενέργειας, που παρουσιάζονται στο Πίνακα 2.5 (Καβουρίδης και Παυλουδάκης, 2007).

Πίνακας 2.5: Συντελεστές εκπομπών CO_2 (σε τόνους / MWh) με βάση το καύσιμο και τη τεχνολογία.

Φυσικό αέριο (μονάδα συνδυασμένου κύκλου)	0.40 – 0.52
Λιθάνθρακας	*0.70 – 0.90*
Λιγνίτης	*1.00 – 1.30*
Πετρέλαιο-Μαζούτ	*0.70 – 0.85*
Πυρηνική ενέργεια	*0*
Ενέργεια από υδατοπτώσεις	*0*

Η ΔΕΗ το πρώτο 9μηνο του 2005 δαπάνησε για την απόκτηση δικαιωμάτων εκπομπών CO_2 69 εκατ. € για παραγωγή 36.900 GWh. Η δαπάνη αυτή είχε μέση επιβάρυνση 0,0019€/kWh που αντιστοιχεί σε αύξηση κατά 5% του μέσου κόστους της λιγνιτικής κιλοβατώρας.

Κεφάλαιο 3

Ποιοτικά χαρακτηριστικά Ελληνικών λιγνιτών και μεθοδολογία αξιολόγησής τους

3.1 Συστατικά λιγνιτών

Τα βασικά συστατικά των λιγνιτών είναι η οργανική ή καύσιμη ύλη, η υγρασία και η τέφρα.

Η καύσιμη ύλη περιλαμβάνει τον μόνιμο άνθρακα και τα πτητικά συστατικά. Πτητικά συστατικά θεωρούνται τα συστατικά που απομακρύνονται από τον λιγνίτη με θέρμανση σε ατμόσφαιρα αερίου και σε θερμοκρασία 950 ^{o}C.

Η υγρασία αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό των λιγνιτών και όλων γενικά των γαιανθράκων χαμηλού βαθμού ενανθράκωσης και απαντάται σε τέσσερις μορφές:

- Επιφανειακή υγρασία.

Είναι ένα λεπτό στρώμα νερού που περιβάλλει τους κόκκους του λιγνίτη. Απομακρύνεται με αεροξήρανση.

- Προσροφομένη υγρασία.

Είναι το νερό που συγκρατείται μέσα στους πόρους του λιγνίτη. Απομακρύνεται με θέρμανση στους 105 ^{o}C περίπου.

- Υγρασία που συνδέεται με οργανικά συστατικά του λιγνίτη.

Απελευθερώνεται με την καύση του.

- Κρυσταλλική υγρασία.

Αποτελείται από το κρυσταλλικό νερό που βρίσκεται στο πλέγμα διαφόρων, αργιλικών κυρίως, ορυκτών που απαντούν στο λιγνίτη.

Η τέφρα περιλαμβάνει τα ανόργανα συστατικά των φυτικών υπολειμμάτων (πρωτογενής και συγγενετική τέφρα) και το ανόργανο υλικό που προέρχεται από εξωτερικές πηγές και συναποτέθηκε με τα φυτικά υπολείμματα ή εισήλθε σε αυτά

μέσω ρηγμάτων (δευτερογενής ή επιγενετική τέφρα). Στην πράξη κατά την εξόρυξη του λιγνίτη προστίθεται και ανόργανο υλικό, ενδιάμεσα στείρα, που συνεξορύσσεται με το λιγνίτη. Η τέφρα προσδιορίζεται με καύση στους 750 ^{o}C + 25 (μέθοδος DIN). Τα παραπάνω τρία βασικά χαρακτηριστικά των λιγνιτών συνδέονται με τη σχέση:

Καύσιμη ύλη % + Υγρασία % + Τέφρα % = 100%

3.2 Προσδιορισμός ποιότητας λιγνιτών

Για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών των λιγνιτικών και ιδιαίτερα εκείνων που επηρεάζουν τη διεργασία της καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, πραγματοποιείται μια σειρά αναλύσεων που διακρίνονται στις αναλύσεις προσδιορισμού των βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών και στις ειδικές αναλύσεις που σχετίζονται με την καύση του λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι αναλύσεις προσδιορισμού των βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών περιλαμβάνουν την προσεγγιστική και στοιχειακή ανάλυση ενώ οι ειδικές αναλύσεις που σχετίζονται με την τεχνολογία καύσης του λιγνίτη, περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης, τη μελέτη της παραγόμενης τέφρας, φυσικοχημικές αναλύσεις, ειδικές τεχνικές παράμετροι και αθρακοπετρογραφική ανάλυση του λιγνίτη(Γαλετάκης, 1996).

3.2.1 Προσεγγιστική και στοιχειακή ανάλυση

Με τη προσεγγιστική ανάλυση προσδιορίζεται απευθείας η υγρασία, η τέφρα και τα πτητικά συστατικά, ενώ ο μόνιμος άνθρακας υπολογίζεται άμεσα, αφού αφαιρεθεί η υγρασία και εκφράζεται ως ποσοστό % του ξηρού λιγνίτη σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

Μόνιμος άνθρακας % = 100 – (πτητικά ξηρού λιγνίτη % + τέφρα ξηρού λιγνίτη %)

Με τη στοιχειακή ανάλυση προσδιορίζεται η περιεκτικότητα του λιγνίτη σε C, H, O, N και οργανικό S. Το O συνήθως προσδιορίζεται έμμεσα σαν διαφορά του αθροίσματος των υπολοίπων στοιχείων από το 100.

3.2.2 Προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης

Με τον όρο θερμογόνος δύναμη εννοείται η θερμότητα που παράγεται κατά τη καύση 1 kg λιγνίτη και εκφράζεται σε kJ/Kg ή kcal/Kg. Η θερμογόνος δύναμη προσδιορίζεται εργαστηριακά σε αεροξηρανθέντα δείγματα με τη βοήθεια θερμιδόμετρου και η προσδιοριζόμενη τιμή αναφέρεται σαν ανώτερη θερμογόνος δύναμη (ΑΘΔ). Η τιμή αυτή περιλαμβάνει και τη λανθάνουσα θερμότητα υγροποιήσεως των παραγόμενων υδρατμών, που προέρχονται από την εξάτμιση της περιεχόμενης υγρασίας και από την καύση υδρογονανθράκων, λόγω της αδιαβατικής μεταβολής που συμβαίνει στο θερμιδόμετρο. Στην πράξη όμως η καύση είναι ελεύθερη και κατά συνέπεια πρέπει η λανθάνουσα θερμότητα υγροποιήσεως των υδρατμών να αφαιρεθεί. Η υπολογιζόμενη τιμή μετά την αφαίρεση της θερμότητας υγροποίησης αποτελεί την κατώτερη θερμογόνου δύναμη (ΚΘΔ), που ενδιαφέρει και πρακτικά, και αναφέρεται σε φυσικά δείγματα λιγνίτη. Ο υπολογισμός γίνεται βάσει των παρακάτω τύπων:

ΚΘΔ = [ΑΘΔ– 5.85 *9*(100-AWF)*H/100]*(100-W)/100-5.85*W

Όπου :

W = υγρασία του λιγνίτη % ως έχει

ΚΘΔ = κατώτερη θερμογόνος δύναμη σε kcal/kg επί φυσικού

ΑΘΔ = ανώτερη θερμογόνος δύναμη σε kcal/kg επί ξηρού

AWF = τέφρα επί ξηρού %

H = περιεκτικότητα % σε υδρογόνο του καύσιμου επί ξηρού

Στο παραπάνω ο συντελεστής 5.85 αναφέρεται στη λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης του νερού και ο συντελεστής 9 στην αναλογία βάρους του υδρογόνου στο μόριο του νερού. Για τους λιγνίτες της περιοχής της Πτολεμαίδας λαμβάνεται περιεκτικότητα σε Η του λιγνίτη επί καυσίμου 5%.

Η υγρασία με την τέφρα και τη θερμογόνο δύναμη είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για μια προσεγγιστική ποιοτική κατάταξη των λιγνιτικών κοιτασμάτων (Γαλετάκης 1996).

3.3 Μεθοδολογία αξιολόγησης λιγνιτικών κοιτασμάτων

Η συλλογή των στοιχείων που επιτρέπουν τον καθορισμό των ποιοτικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος γίνεται κατά το στάδιο της εκπόνησης της κοιτασματολογικής μελέτης και στηρίζεται στο πρόγραμμα έρευνας με γεωτρήσεις.

Ο αριθμός, η θέση, ο τύπος των γεωτρήσεων καθώς και το πρόγραμμα των δειγματοληψιών και αναλύσεων, πρέπει να είναι σχεδιασμένα ορθολογικά έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο απαιτούμενος βαθμός βεβαιότητας, όσον αφορά την αξιοπιστία των στοιχείων, με το μικρότερο δυνατό κόστος. Πολλές φορές το κόστος της γεωτρητικής έρευνας μπορεί να είναι πολύ μικρό, συγκρινόμενο με τις δαπάνες της προγραμματιζόμενης εκμετάλλευσης και εκείνο που ενδιαφέρει ιδιαίτερα είναι η αξιοπιστία και η επάρκεια των συλλεγέντων στοιχείων, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή και να μηδενιστεί η πιθανότητα, έστω και μερικής αποτυχίας της εκμετάλλευσης, που θα έχει κόστος πολλαπλάσιο των ερευνητικών εργασιών που θα απαιτούνταν για την εκτέλεση επιπρόσθετων γεωτρήσεων ή άλλων ερευνητικών εργασιών.

Η διαδικασία συλλογής και αξιολόγησης των στοιχείων των γεωτρήσεων περιλαμβάνει τα εξής στάδια (Γαλετάκης , 1996):

- Καταγραφή και κωδικοποίηση των πρωτογενών στοιχείων των γεωτρήσεων όπως αυτά συλλέγονται στην ύπαιθρο.
- Δημιουργία βάσης δεδομένων, εισαγωγή και έλεγχος της ορθότητας των κωδικοποιημένων στοιχείων.
- Αξιολόγηση των στοιχείων κάθε μιας γεώτρησης λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που επιβάλλονται από τη μέθοδο εκμετάλλευσης και τις απαιτήσεις ποιότητας που προκύπτουν από τη χρήση για την οποία προορίζεται το εξορυσσόμενο υλικό.
- Δημιουργία μοντέλου του κοιτάσματος που βασίζεται στα στοιχεία των αξιολογημένων γεωτρήσεων.
- Υπολογισμοί όγκων, κατασκευή χαρτών ισότιμων καμπυλών για κάθε μία από τις παραμέτρους που μας ενδιαφέρει.

3.3.1 Υπολογισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών απολήψιμης λιγνιτικής στοιβάδας

W = Υγρασία επί φυσικού %

AWF = Τέφρα επί ξηρού %

A = Τέφρα επί φυσικού %

ΚΘΔ = Κατώτερη θερμογόνος δύναμη σε kcal/kg

dj = Πάχος σε cm του στρώματος i της γεώτρησης

d_0 = Αφαιρούμενο πάχος σε cm από κάθε απολήψιμη στοιβάδα λόγω απωλειών εκμετάλλευσης

d_σ = Πάχος ρυπαντικού στρώματος

ρ_i = Πυκνότητα του στρώματος i

ρ_σ = Μέση πυκνότητα στείρων στρωμάτων (1.8 g/cm^3)

Ο δείκτης ε αναφέρεται στην υπολογιζόμενη απολήψιμη στοιβάδα και ο δείκτης σ στο στείρο υλικό. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μιας απολήψιμης λιγνιτοφόρας στοιβάδας εκτιμούνται με τη βοήθεια της μέσης σταθμικής τιμής των τιμών των διακεκριμένων στρωμάτων (n) που την απαρτίζουν. Οι τύποι υπολογισμού είναι οι παρακάτω (Γαλετάκης, 1996):

$$W_\varepsilon = \frac{(d_1 - d_o)W_1\rho_1 + \sum_{i=2}^{n-1} d_i W_i \rho_i + (d_n - d_o)\, W_n \rho_n + d_\sigma W_\sigma \rho_\sigma}{\sum_{i=1}^{n} d_i \rho_i - d_o(\rho_n) + d_\sigma \rho_\sigma}$$

$$AWF_\varepsilon = \frac{(d_1 - d_0)AWF_i\rho_i + \sum_{i=2}^{n-1} d_i AWF_i \rho_i + (d_n - d_o)AWF_n\rho_n + d_\sigma AWF_\sigma \rho_\sigma}{\sum_{i=1}^{n} d_i \rho_i - d_o(\rho_n) + d_\sigma \rho_\sigma}$$

$$K\Theta\Delta_\varepsilon = \frac{(d_1 - d_0)KK\Theta_1\rho_1 + \sum_{i=2}^{n-1} d_i K\Theta\Delta_i \rho_i + (d_n - d_o)KK\Theta_n\rho_n + d_\sigma K\Theta\Delta_\sigma \rho_\sigma}{\sum_{i=1}^{n} d_i \rho_i - d_o(\rho_n) + d_\sigma \rho_\sigma}$$

Οι τιμές της τέφρας της υγρασίας και της ΚΘΔ που δεν έχουν αναλυθεί λαμβάνονται προσεγγιστικά. Συνήθως ως τέφρα επί ξηρού για τα ενδιάμεσα στείρα στρώματα λαμβάνεται 100%, ενώ η υγρασία επί φυσικού λαμβάνεται 35%. Η ΚΘΔ θεωρείται ίση με μηδέν ή λαμβάνει αρνητικές τιμές για ασβεστιτικής σύστασης τέφρα (Γαλετάκης , 1996).

Κατά την διαδικασία της αξιολόγησης απαιτείται λοιπόν ο προσδιορισμός των παρακάτω βασικών παραμέτρων (Γαλετάκης, 1996):

• Τα ελάχιστα απαιτούμενα πάχη για την εκλεκτική εξόρυξη των λιγνιτικών και στείρων ενδιαμέσων στρωμάτων, σύμφωνα με τον χρησιμοποιούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό και τη μέθοδο εξόρυξης.

• Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό τέφρας για τον χαρακτηρισμό ενός στρώματος ως λιγνιτικού.

• Το αφαιρούμενο πάχος λιγνίτη από κάθε απολήψιμο στρώμα (απώλεια εκμετάλλευσης).

• Τα ειδικά βάρη λιγνίτη και ενδιάμεσων στείρων.

• Την τέφρα επί ξηρού και την ΚΘΔ των ενδιαμέσων στείρων.

• Το ισοδύναμο πάχος στείρου στρώματος που αντιστοιχεί στην ρύπανση που συμβαίνει κατά την εξόρυξη.

Επειδή η διαδικασία της αξιολόγησης των πρωτογενών γεωτρήσεων είναι χρονοβόρα και επίπονη, πραγματοποιείται σήμερα με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και ειδικού λογισμικού, με τη βοήθεια του οποίου είναι δυνατή η ταχύτατη και αξιόπιστη αξιολόγηση μεγάλου αριθμού γεωτρήσεων.

Η ταχύτητα και αξιοπιστία που επιτυγχάνονται κατά την επεξεργασία με τη βοήθεια υπολογιστή, δίνει τη δυνατότητα να πραγματοποιηθούν πολλές διαφορετικές αξιολογήσεις και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τα πραγματικά στοιχεία της εκμετάλλευσης, να καθοριστούν οι βέλτιστες τιμές των κρισίμων για την αξιολόγηση παραμέτρων. Τα βήματα που ακολουθεί ο αλγόριθμος της αξιολόγησης είναι:

• Εξετάζει τα στρώματα της υπό αξιολόγηση γεώτρησης μέχρι να εντοπίσει στείρο στρώμα που ικανοποιεί τις προϋποθέσεις εκλεκτικής απόληψης αγόνου, όπως

για παράδειγμα το στρώμα lσ(2) του σχήματος 3.1. Στην συνέχεια ενοποιεί προσωρινά τα στρώμα-τα που προηγούνται του εκλεκτικά απολήψιμου αγόνου δημιουργώντας ένα μπλοκ (τμήμα lπ(1) του σχήματος 3.1) και αφού αφαιρέσει για λόγους απωλειών, από την οροφή και το δάπεδο του το αντίστοιχο πάχος, προχωρά στον υπολογισμό των μέσων σταθμικών τιμών της υγρασίας, τέφρας και κατωτέρας θερμογόνου δύναμης του.

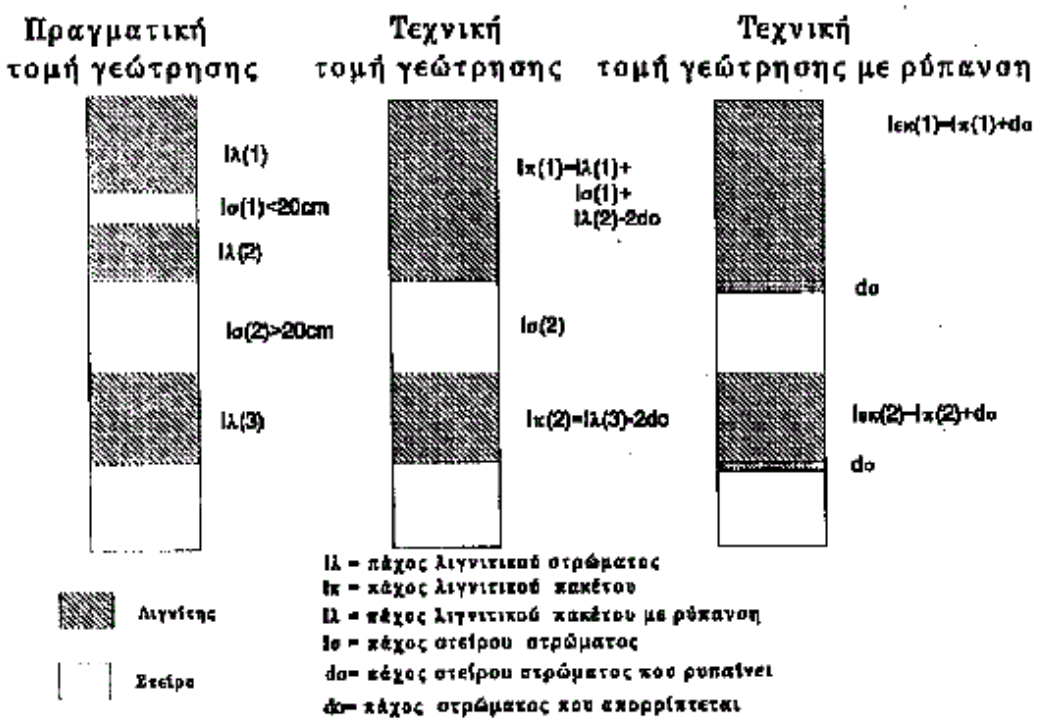
• Αν το πάχος του μπλοκ που προκύπτει και η μέση σταθμική τέφρα του ικανοποιεί τις προϋποθέσεις του απολήψιμου μπλοκ λιγνίτη, χαρακτηρίζεται λιγνιτικό στρώμα του αποδίδονται οι μέσες τιμές υγρασίας, τέφρας, ΚΘΔ και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις εξάντλησης των στρωμάτων της συγκεκριμένης γεώτρησης.

• Αν όμως ο σταθμικός μέσος όρος της τέφρας του παραπάνω μπλοκ και το συνολικό του πάχος δεν ικανοποιούν τις προϋποθέσεις του εκλεκτικά απολήψιμου λιγνιτικού στρώματος, αφαιρείται το τελευταίο στρώμα του μπλοκ και επαναλαμβάνεται η διαδικασία υπολογισμών μέσων τιμών και αφαιρέσεων στρωμάτων, έως ότου βρεθεί κάποιο τμήμα του μπλοκ που ικανοποιεί τις προδιαγραφές του απολήψιμου στρώματος λιγνίτη.

• Το τμήμα αυτό το χαρακτηρίζει λιγνίτη και συνεχίζεται η ίδια διαδικασία με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των στρωμάτων που απομένουν μέχρις εξάντλησης του μπλοκ lπ(1).

• Στην περίπτωση που μετά από συνεχείς αφαιρέσεις στρωμάτων κανένας συνδυασμός δεν δίνει τεχνικά απολήψιμο λιγνίτη, αξιολογείται το πρώτο στρώμα του μπλοκ και μετά τον χαρακτηρισμό του σε λιγνίτη ή στείρο, συνεχίζει την διαδικασία με τα υπόλοιπα στρώμα-τα μέχρις εξάντλησης του μπλοκ.

Ο αλγόριθμος αξιολόγησης εξετάζει και εξαντλεί όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μεταξύ των στρωμάτων ενός μπλοκ, γεγονός που με χειρογραφική διαδικασία είναι σχεδόν αδύνατο. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα επόμενα μπλοκ που αποκόπτονται από εκλεκτικά απολήψιμα άγονα στρώματα μέχρις εξάντλησης της εξεταζόμενης γεώτρησης. Μετά το πέρας της αξιολόγησης, τα υπερκείμενα και τα αξιολογημένα μπλοκ λιγνίτη και στείρων ενδιαμέσων συνθέτουν την στήλη της αξιολογημένης γεώτρησης, ένα τμήμα της οποίας φαίνεται στο σχήμα 3.1 (Γαλετάκης ,1996).



Σχήμα 3.1: Σχηματικό διάγραμμα διαδικασίας ενοποίησης στρωμάτων γεώτρησης

3.4 Ποιότητα λιγνίτη

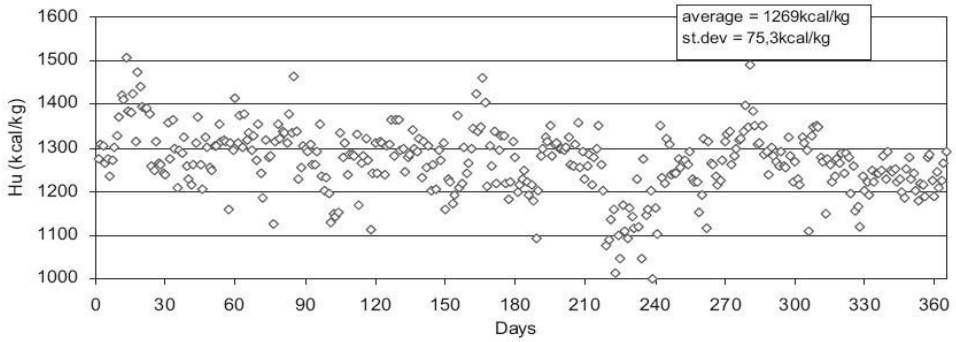
Οι αποθέσεις εκμεταλλεύσιμου λιγνίτη στην Ελλάδα χαρακτηρίζονται από χαμηλή θερμογόνο δύναμη και υψηλή περιεκτικότητα (Papanikolaou et al., 2005). Η ημερήσια διακύμανση της θερμογόνου δύναμης στην περιοχή Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου ποικίλει από 5850 έως 5430 MJ/ton. Στη περιοχή της Φλώρινας από 9610 έως 7525 MJ/ton και στη Μεγαλόπολη από 4600 έως MJ/ton (Πίνακας 3.1) (Kavouridis and Galetakis 2006).

Πίνακας 3.1: Βασικά χαρακτηριστικά των Ελληνικών λιγνιτικών κοιτασμάτων (Kavouridis, 2008)

Κοιτάσματα	Εκμεταλλεύσιμα αποθέματα $*10^6$ton	Σχέση αποκάλυψης (m^3/ton)	Περιεκτικότητα σε τέφρα επί ξηρού (%)	Θερμογόνος δύναμη LHV(MJ/kg)
Πτολεμαϊδας-Αμυνταίου	*1595*	*5.3*	*29.2*	*5650*
Φλώρινας	*325*	*7.8*	*39.6*	*8180*
Μεγαλόπολης	*237*	*2.3*	*32.6*	*4350*
Ελασσόνας	*169*	*5.0*	*34.8*	*8300*
Δράμας	*900*	*6.0*	*39.0*	*4370*

Μέθοδοι ομογενοποίησης εφαρμόζονται για την ανάμιξη λιγνίτη διαφορετικών ποιοτικών χαρακτηριστικών έτσι ώστε να διασφαλιστεί αποτελεσματικός έλεγχος της σύστασης του λιγνίτη με τον οποίο τροφοδοτούνται οι σταθμοί παραγωγής (Kavouridis and Pauloudakis, 2001).

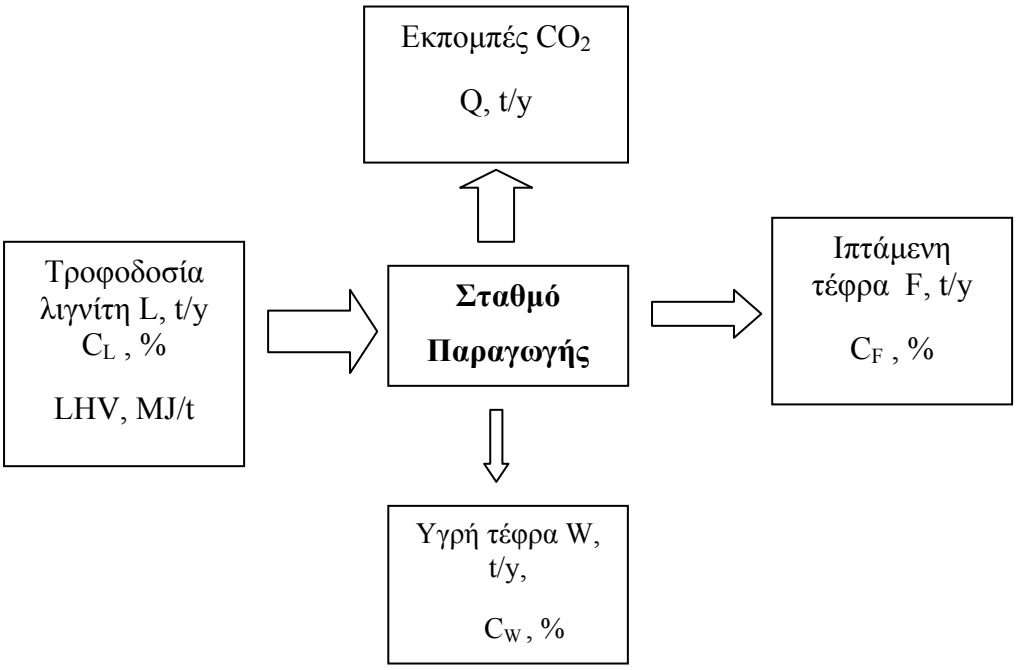
Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η διακύμανση της θερμογόνου δύναμης από τον λιγνίτη που παράγεται ημερησίως στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου.



Σχήμα 3.2: Ημερήσια διακύμανση της θερμογόνου δύναμης από τον παραγόμενο λιγνίτη του ορυχείου του Νοτίου πεδίου (Kavouridis, 2008).

3.5 Υπολογισμός ειδικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα

Ο υπολογισμός των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται με βάση το γενικό τύπο που προτείνεται από την οδηγία 2003/87 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για μια πιο ακριβή εκτίμηση της συσχέτισης των εκπομπών και του συντελεστή οξείδωσης, χρησιμοποιήθηκε το ισοζύγιο άνθρακα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της καύσης. Το ισοζύγιο άνθρακα (Σχήμα 3.3) που χρησιμοποιείται στους λιγνιτικούς σταθμούς παραγωγής παρουσιάζεται στο σχήμα.



Σχήμα 3.3: Ισοζύγιο άνθρακα που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των εκπομπών CO_2

Οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, Q, από την καύση λιγνίτη μπορεί να υπολογιστούν με βάση το συνολικό άνθρακα με τη χρήση του παρακάτω τύπου (1) (K. Kavouridis, et al. 2006):

$$Q = \frac{44}{12} * L * C_L * \left(1 - \frac{W * C_W + F * C_F}{L * C_L}\right) \quad (1)$$

Οι ειδικές εκπομπές Q_s εκφρασμένες σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη MWh δίνοται από τον τύπο:

$$Q = \frac{3153}{LHV * n}\left(1 - \frac{W * C_W + F * C_F}{L * C_L}\right) * C_L \quad (2)$$

Όπου

L: ετήσια κατανάλωση λιγνίτη σε τόνους ανά χρόνο

C_L: περιεκτικότητα σε συνολικό άνθρακα του λιγνίτη όπου λαμβάνεται %

W: ετήσια παραγωγή της υγρής τέφρας σε τόνους ανά χρόνο

C_W: περιεκτικότητα σε συνολικό άνθρακα της υγρής τέφρας σε ποσοστό %

F: ετήσια παραγωγή σε ιπτάμενη τέφρα σε τόνους ανά χρόνο

C_F: περιεκτικότητα συνολικού άνθρακα σε ιπτάμενη τέφρα σε ποσοστό %

LHV: κατώτερη θερμογόνος δύναμη kcal/kg

n: βαθμός απόδοσης %

A: περιεκτικότητα τέφρας του λιγνίτη ως έχει

Στην εξίσωση αυτή ο όρος 44/12 C_L είναι ο παράγοντας εκπομπής που προέρχεται από το στοιχειομετρικό ποσοστό του άνθρακα C στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και την περιεκτικότητα σε ολικό άνθρακα του λιγνίτη. Το L είναι η κατανάλωση λιγνίτη και εκφράζει το ύψος παραγωγής, ενώ τα στοιχεία που υπολογίζονται στην παρένθεση δηλώνουν τον παράγοντα οξείδωσης (K. Kavouridis, M. Galetakis, et al. 2006).

$$\textit{παράγοντας οξείδωσης} = \left(1 - \frac{W * C_W + F * C_F}{L * C_L}\right) \quad (3)$$

Θέτοντας W+F=L*A, προσδιορίζοντας το ποσοστό της υγρής τέφρας (W) στη συνολικά παραγόμενη τέφρα (W+F) ως (α_1=W/(W+F) και η προηγούμενη εξίσωση γράφεται:

$$Q_S = \frac{3153}{LHV * n} * (C_L - \alpha_1 * A * C_W - (1 - \alpha_1) * A * C_F) \quad (4)$$

Όπου:

n: συνολική απόδοση λιγνίτη%

A: περιεκτικότητα τέφρας σε λιγνίτη σε ποσοστό %

Οι μετρήσεις των δεδομένων της δραστηριότητας και των εκπομπών (δειγματοληψία, ανάλυση και ζύγιση) χρησιμοποιούν πρότυπες μεθόδους. Η κατανάλωση λιγνίτη μετράται συνεχώς με τη χρήση ταινιοζυγού με ακρίβεια καλύτερη από 2,5%. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του λιγνίτη, η τέφρα και η υγρασία μετρώνται καθημερινά από δείγματα τα οποία λαμβάνονται από τους ταινιόδρομους μέσο ενός αυτόματου δειγματολήπτη (K. Kavouridis, M. Galetakis, et al. 2006).

3.5.1 Υπολογισμός παραμέτρων Q_S

Στόχος μας ήταν ο υπολογισμός των ειδικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Q_S) για την περιοχή του Νοτίου Πεδίου. Ως βάση για την ανάπτυξη του μοντέλου του κοιτάσματος χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία 480 γεωτρήσεων οι οποίες εκτελέστηκαν στην περιοχή αυτή. Για να γίνει αυτό υπολογίστηκαν οι επιμέρους παράμετροι της εξίσωσης 2.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην εκμετάλλευση αυτού του λιγνιτικού κοιτάσματος τα στοιχεία των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν είναι το ποσοστό επί της εκατό της τέφρας (AWF%), της υγρασίας (W%) και της θερμογόνου δύναμης (LHV cal/g) όπου αυτές έχουν μετρηθεί.

Για όλες τις γεωτρήσεις γνωρίζουμε της συντεταγμένες τους X,Y και το ποσοστό της τέφρας (AWF%). Για το 56% των γεωτρήσεων είναι γνωστό το ποσοστό της υγρασίας ενώ για το 38% των γεωτρήσεων είναι γνωστή η θερμογόνος δύναμη.

Για τον υπολογισμό αυτών των τιμών χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της πολλαπλής παλινδρόμησης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι ποιότητας για τους σταθμούς Αγίου Δημητρίου και Καρδίας καθώς σε αυτούς τους σταθμούς η ποιότητα του τροφοδοτούμενου λιγνίτη έχει τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά με αυτού που εξορύσσεται από το ορυχείο του Νοτίου Πεδίου. Τα

στοιχεία αυτά αναφέρονται σε μετρήσεις που έγιναν την χρονική περίοδο από το 1998 έως και το 2005.

Πίνακας 3.2: Παράμετροι ποιότητας για τα έτη 1998-2005 για τους ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου και Καρδιάς

	Έτη	**Υγρασία W%**	**Τέφρα επί ξηρού**	**LHV (cal/g)**	**Μόνιμος άνθρακας**
ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου	**1998**	51,19	15,55	1358	20,23
	1999	51,13	15,89	1344	19,7
	2000	50,23	17,31	1311	19,58
	2001	49,66	17,98	1266	19,31
	2002	50,27	17,08	1207	18,71
	2003	49,89	18,15	1192	19,07
	2004	49,64	18,56	1201	18,66
	2005	50	18,77	1235	18,83
ΑΗΣ Καρδιάς	**1998**	53,07	14,16	1382	20,2
	1999	52,72	14,47	1386	20,29
	2000	52,03	14,92	1418	20,25
	2001	52,59	13,85	1420	20,74
	2002	51,77	15,7	1312	19,59
	2003	51,46	15,65	1297	19,65
	2004	50,69	15,54	1314	20,01
	2005	50,25	16,53	1279	19,66

3.5.2 Πολλαπλή παλινδρόμηση

Η παλινδρόμηση βασίζεται στην προσπάθεια πρόβλεψης της συμπεριφοράς μιας μεταβλητής (εξαρτημένης), βασισμένη σε μια άλλη (ανεξάρτητη). Όταν αυτή η πρόβλεψη γίνεται σε δύο μόνο τυχαίες μεταβλητές τότε έχουμε την απλή παλινδρόμηση, ενώ όταν η πρόβλεψη για την εξαρτημένη μεταβλητή βασίζεται σε περισσότερες από μία μεταβλητές τότε θα ονομάζεται πολλαπλή παλινδρόμηση.

Εφαρμόζοντας πολλαπλή παλινδρόμηση για τις παραμέτρους ποιότητας του Πίνακα 3.1 προέκυψαν οι εξισώσεις παλινδρόμησης με βάση τις οποίες υπολογίστηκαν τα ελλιπή στοιχεία της υγρασίας και της θερμογόνου δύναμης.

Για την επιλογή της κατάλληλης παλινδρόμηση ελέγχουμε την τιμή του συντελεστή συσχέτισης R. Όσο πλησιέστερα στη μονάδα είναι ο συντελεστής συσχέτισης R τόσο καλύτερο είναι το μοντέλο της παλινδρόμησης.

Αρχικά προσδιορίστηκε το ποσοστό της υγρασίας από από την σύνθετη εξίσωση.

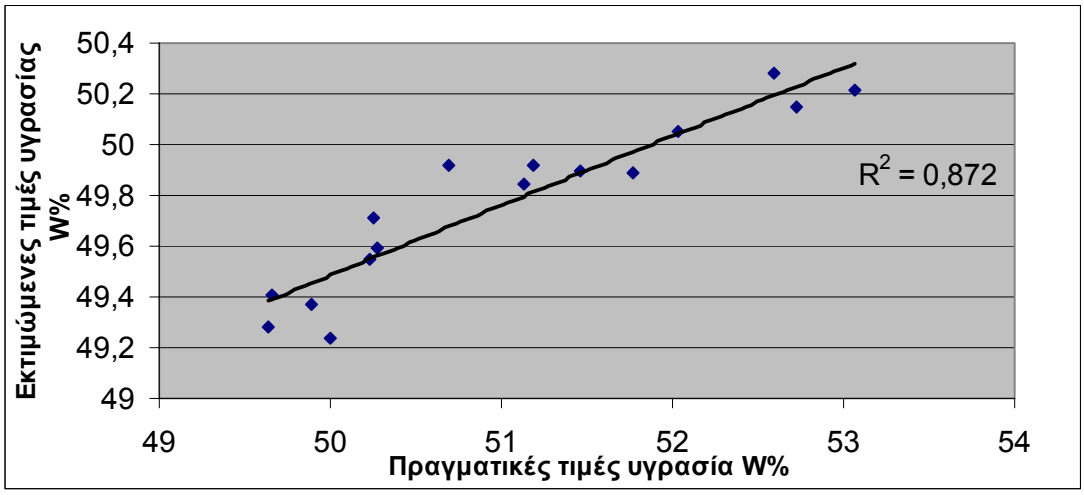
$$W\,\% = \begin{cases} 53.20732 - 0.2115 * AWF\,, & \text{όταν } W=35 \\ W, & \text{όταν } W > 35 \end{cases} \qquad (1)$$

Για τον υπολογισμό της κατώτερης θερμογόνου δύναμης (LHV) χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

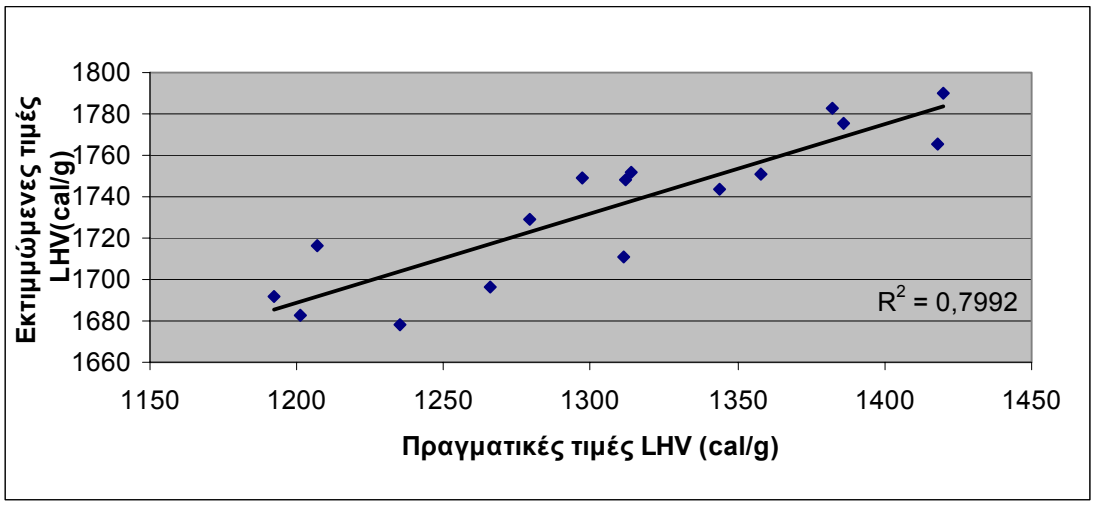
$$LHV = \begin{cases} 3942{,}765627 - 27{,}11802535 * AWF - 31{,}03725587 * W\,, & \text{για } LHV=0 \\ \text{LHV}\,, & \text{για LHV} > 0 \end{cases}$$

με R^2=89.98%

Κάνοντας μια συσχέτιση των πραγματικών τιμών της υγρασίας και της θερμογόνου δύναμης που έχουμε από τους σταθμούς παραγωγής Αγίου Δημητρίου και Καρδιάς με τις αντίστοιχες που μπορούν να εκτιμηθούν από τον παραπάνω τύπο (Σχήμα 3.4, 3.5) βλέπουμε ότι ο συντελεστής συσχέτισης πλησιάζει τη μονάδα δηλαδή η προσέγγιση των τιμών από τους τύπους 1 & 2 πλησιάζουν τις πραγματικές.



Σχήμα 3.4: Συσχέτιση πραγματικά μετρούμενης υγρασίας με τις εκτιμώμενες τιμές βάσει της εξίσωσης



Σχήμα 3.5: Γραφική απεικόνιση των πραγματικών τιμών LHV(cal/g) σε σχέση με τις εκτιμώμενες.

3.5.3 Υπολογισμός μόνιμου άνθρακα C_L

Στη συνέχεια και αφού έχει γίνει ο υπολογισμός της υγρασίας και της θερμογόνου δύναμη, έγινε ο υπολογισμός του μόνιμου άνθρακα C_L. Με τη μέθοδο της πολλαπλής παλινδρόμησης συσχετίζοντας την υγρασία, την τέφρα επί ξηρού και τη κατώτερη θερμογόνο δύναμη υπολογίσαμε τον μόνιμο άνθρακα.

C_L= f (AWF, W, LHV)

$$C_L = 23.693 + 0.0058 * LHV^* - 0.1432 * W^* - 0.131 * AWF$$

Όπου LHV^* , W^* είναι οι τιμές που προέκυψαν από τους τύπους 1 & 2.

3.5.4 Παράγοντας οξείδωσης

Μετά από διερεύνηση διαπιστώθηκε ότι δεν μπορεί να υπάρξει συσχέτιση του παράγοντα οξείδωσης με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη. Για αυτό το λόγο αλλά και επειδή εμφανίζει μικρή μεταβολή στην πάροδο του χρόνου, ο συντελεστής οξείδωσης θα υπολογιστεί από τη μέση τιμή των συντελεστών που έχουν καταγραφεί στη διάρκεια των ετών από το 1998 έως το 2005 (Πίνακας 3.3).

Πίνακας 3.3: Τιμή του παράγοντα οξείδωσης όπως έχει μετρηθεί για την χρονική περίοδο 1998-2005.

Παράγοντας οξείδωσης για την περίοδο 1998-2005							
1998	*1999*	*2000*	*2001*	*2002*	*2003*	*2004*	*Μέση τιμή*
0,9605999	*0,9587809*	*0,9583031*	*0,9549194*	*0,94739*	*0,9687045*	*0,969076*	*0,9596832*

3.5.5 Υπολογισμός ειδικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά γεώτρηση

Οι ειδικές εκπομπές Q_S εκφρασμένες σε tn CO_2 / MWh δίνεται από το τύπο:

$$Q = \frac{3153}{LHV * n}\left(1 - \frac{W * C_W + F * C_F}{L * C_L}\right) * C_L$$

όπου

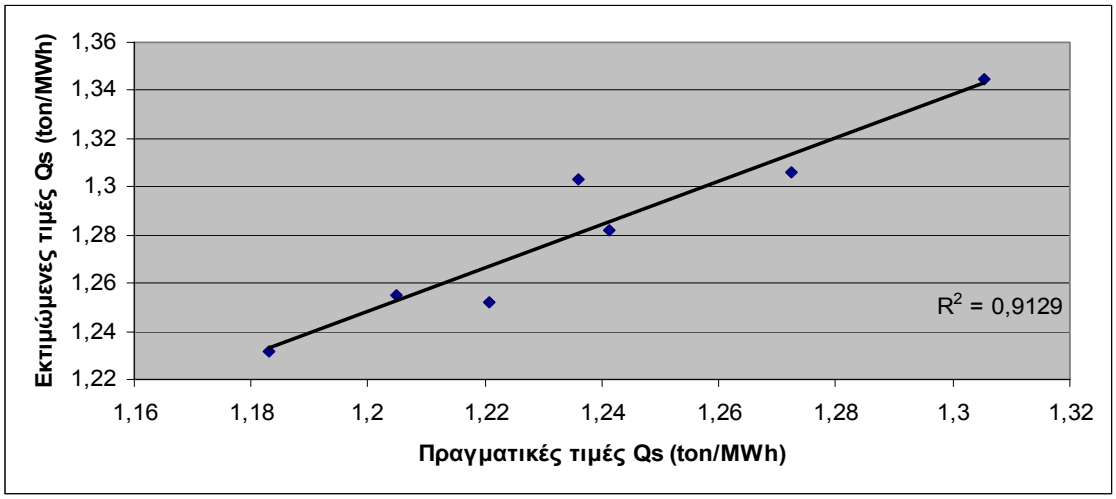
$$\textit{παράγοντας οξείδωσης} = \left(1 - \frac{W * C_W + F * C_F}{L * C_L}\right)$$

Τέλος, ο βαθμός απόδοσης του σταθμού παραγωγής κυμαίνεται από 34% έως και 38%. Στην παρούσα εργασία, για τον υπολογισμό των ειδικών εκπομπών χρησιμοποιείται βαθμός απόδοσης (n) 36%. Στον πίνακα 3.3 δίνεται ένα τμήμα του συνολικού πίνακα πάνω στον οποίο στηρίχτηκαν οι υπολογισμοί για το Q_S όπου LHV^* και W^* οι τιμές που υπολογίστηκαν για όλες τις γεωτρήσεις.

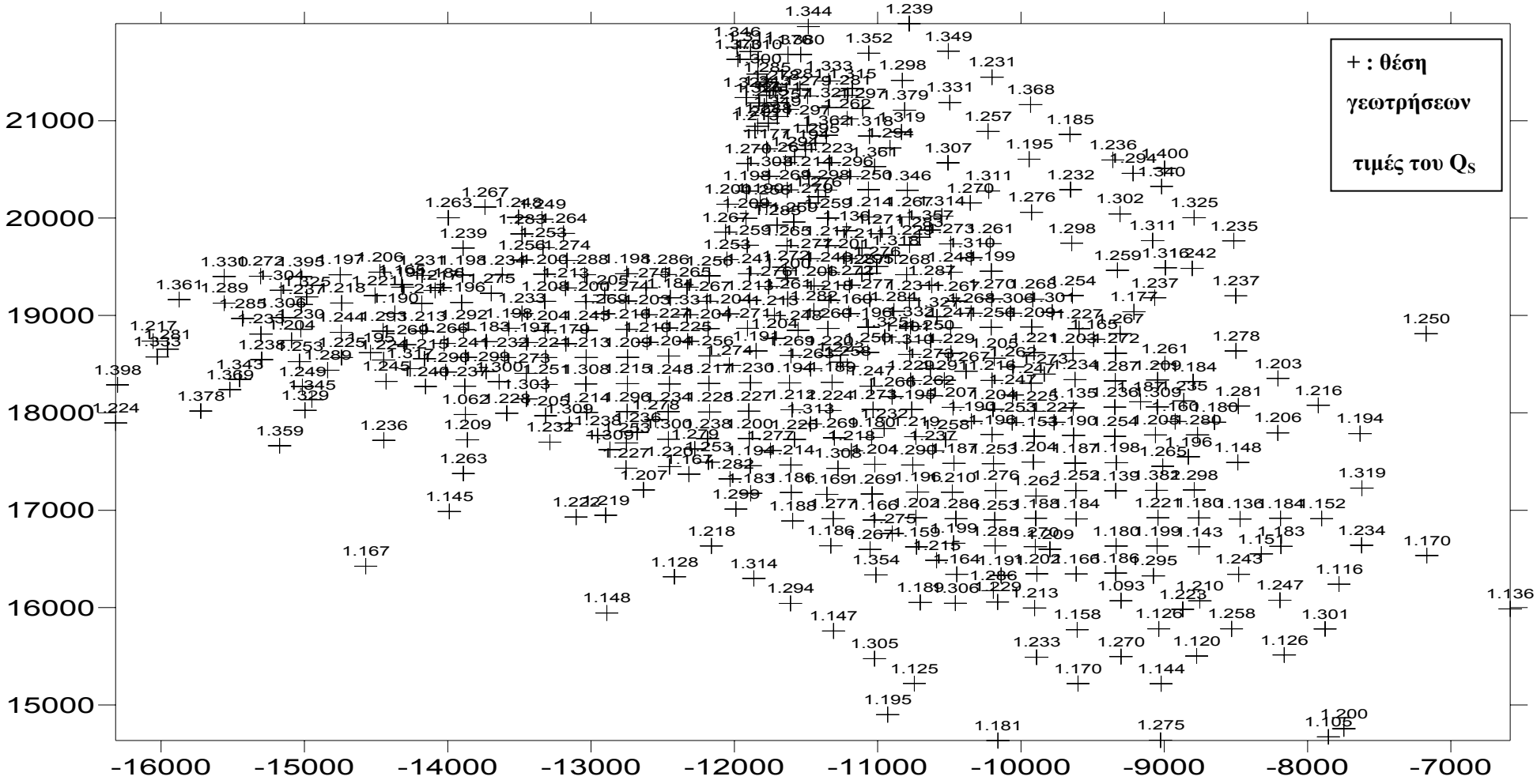
Στο σχήμα 3.8 παρουσιάζεται το πλήθος των γεωτρήσεων και η μέση τιμή των ειδικών εκπομπών για κάθε γεώτρηση.

Πίνακας 3.4: Στοιχεία υπολογισμού για το Q_S (ton/Mwh)

X(m)	Y(m)	AWF%	LHV*(cal/g)	W^* %	C_L	Q_S για n=36%
-8487	17491	29,85	1577	51,89	21,53473	1,147776
-9345	17759	28,84	1448,587213	47,107	21,60421	1,253554
-9342	18328	33,79	1335,836833	46,060	20,44889	1,286666
-10059	18184	27,72	1474,09841	47,344	21,86562	1,246765
-10383	18427	30,96	1400,298162	46,659	21,10940	1,267083
-10630	18745	28,2	1463,16504	47,243	21,75359	1,249646
-11110	19425	33,88	1333,786827	46,041	20,42788	1,287319
-11177	21330	37,51	1251,103215	45,273	19,58064	1,315477
-11504	20704	33,75	1404,904535	52,28	19,96541	1,194486
-11702	19928	33,62	1339,709069	46,096	20,48856	1,285436
-11698	21187	37,02	1262,264363	45,377	19,69501	1,311461
-11711	21309	32,58	1363,398037	46,316	20,73130	1,278066
-11775	20711	33,8	1440	52,32	20,15756	1,17659
-11775	21260	40,68	1178,897416	44,603	18,84077	1,343297



Σχήμα 3.7: Συσχέτιση πραγματικών ειδικών εκπομπών Q_s (ton/MWh) με τις εκτιμώμενες.



Σχήμα 3.8: Θέσεις γεωτρήσεων όπου απεικονίζεται το μέσο Q_s για κάθε γεώτρηση.

Κεφάλαιο 4

Εκτίμηση της χωρικής κατανομής των ειδικών εκπομπών του CO_2 στην περιοχή του Νοτίου Πεδίου

4.1 Το λιγνιτικό κοίτασμα της περιοχής του Νοτίου Πεδίου

Το λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας βρίσκεται στη βόρεια Ελλάδα, περίπου 110 χιλιόμετρα δυτικά της πόλης Θεσσαλονίκης. Τα λιγνιτικά αποθέματα τα οποία βρίσκονται υπό εξόρυξη καλύπτουν μια περιοχή 120 km^2, περιλαμβάνοντας 4000Mt βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα και 2500 Mt εκμεταλλεύσιμου λιγνίτη υπό γνωστά οικονομικά και τεχνολογικά κριτήρια. Σήμερα το λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας διαχειρίζεται τέσσερις μεγάλες, ενεργές λιγνιτικές μονάδες (ορυχεία) από τις οποίες παράγεται λιγνίτης ο οποίος καλύπτει το 62% της συνολικής παραγωγής στην Ελλάδα. Παράγονται ετησίως 50 Mt λιγνίτη από εκσκαφή 250 Mm^3 υλικού (M. Galetakis, Z. Agioutantis, 2000).

Το ορυχείο του Νοτίου Πεδίου είναι το μεγαλύτερο ορυχείο εξόρυξης στο λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας. Τα αρχικά αποθέματα στην περιοχή υπολογίζονται στα 1.2 δισεκατομμύρια τόνους λιγνίτη. Οι διαδικασίες εξόρυξης ξεκίνησαν τον Αύγουστο του 1979 και στη συνέχεια αναβαθμίστηκαν με τη δημιουργία δέκα βαθμίδων εκμετάλλευσης με τη χρήση κυρίως μεθόδων συνεχούς εκμετάλλευσης, οι οποίες χρησιμοποιούν καδοφόρους εκσκαφής, ταινιόδρομους κ.α. Ακόμη, συμβατικός εξορυκτικός εξοπλισμός που περιλαμβάνει φορτηγά, φορτωτές, εκσκαφείς μετωπικού τύπου (Shovel) χρησιμοποιούνται για την διακίνηση (εξόρυξη-μεταφορά- απόθεση) σκληρών σχηματισμών οι οποίοι έχουν ενσωματωθεί σε επιφανειακά άγονα πετρώματα. Η ετήσια προγραμματισμένη παραγωγή στο Νότιο πεδίο είναι 20Mt λιγνίτη ενώ συνολικές εκσκαφές ανέρχονται σε >110 Mm^3.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του λιγνίτη που εξορύσσεται στο Νότιο Πεδίο τροφοδοτεί τους γειτονικούς σταθμούς παραγωγής του Αγίου Δημητρίου με συνολική ισχύ 1585 MW. Η ποιότητα, ωστόσο, του εξορυσσόμενου λιγνίτη μεταβάλλεται σημαντικά και δε συμφωνεί πάντα τις προδιαγραφές του σταθμού παραγωγής. Η έντονη διακύμανση των βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών σχετίζεται με το περιβάλλον απόθεσης των λιγνιτικών κοιτασμάτων, τα οποία αποτελούνται από

πολλαπλούς σχηματισμούς με διαδοχικές στρώσεις λιγνιτικών και άγονων υλικών διαφορετικού πάχους.

4.2 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου

Η ποιότητα του εξορυσσόμενου λιγνίτη στο ορυχείο του Νότου Πεδίου είναι κυμαινόμενη εξαιτίας της διαφοροποίησης του κοιτάσματος. Για την εξασφάλιση μιας ομαλής και αποδοτικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτούνται με τον λιγνίτη (ειδικότερα το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Αγίου Δημητρίου), είναι αναγκαία η μείωση της διακύμανσης του εξορυσσόμενου υλικού.

Οι βραχυπρόθεσμες λύσεις που έχουν εφαρμοστεί περιλαμβάνουν τη χρήση βοηθητικών καυσίμων και μια προσπάθεια για ομογενοποιήσει, σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού και την ζήτηση για πρώτη ύλη.

Όσον αφορά στον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό, κατάλληλη θεωρήθηκε η ανάπτυξη στρατηγικών με τη δημιουργία των σχετικών μοντέλων εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων. Έτσι, συλλέχθηκαν ανεπεξέργαστα δεδομένα τα οποία περιλαμβάνουν έναν μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων οι οποίες καλύπτουν όλη τη μελετώμενη περιοχή. Με βάση αυτά τα δεδομένα μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος του λιγνίτη και των υπερκειμένων καθώς και η χωρική τους κατανομή. Επιπρόσθετα, ποιοτικές παράμετροι, όπως η θερμογόνος δύναμη, περιεκτικότητα σε τέφρα επί ξηρού και η υγρασία που είναι διαθέσιμα για κάθε γεώτρηση. Για ένα πιο ρεαλιστικό μοντέλο παραγωγής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι απώλειες εξόρυξης και τη ρύπανση της εκμετάλλευσης. Με τον όρο απώλειες αναφέρεται ο λιγνίτης ο οποίος δεν μπορεί να εξορυχτεί εξαιτίας των ανωμάλων ορίων του.

Ακόμη, ένας σημαντικός παράγων είναι η αραίωση του εξορυσσόμενου λιγνίτη από την εξόρυξη κάποιων εκ των ενδιαμέσων στρωμάτων στείρων υλικών. Το όριο του πεδίου αποτελεί επίσης μια δυναμική παράμετρο και τροποποιήθηκε αρκετές φορές κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της διαδικασίας σχεδιασμού, αφού (για οικονομικούς λόγους) ο συντελεστής εκμετάλλευσης (ο λόγος υπερκειμένων+ενδίαμεσων / λιγνίτη) θα πρέπει να είναι κάτω από μια ορισμένη τιμή.

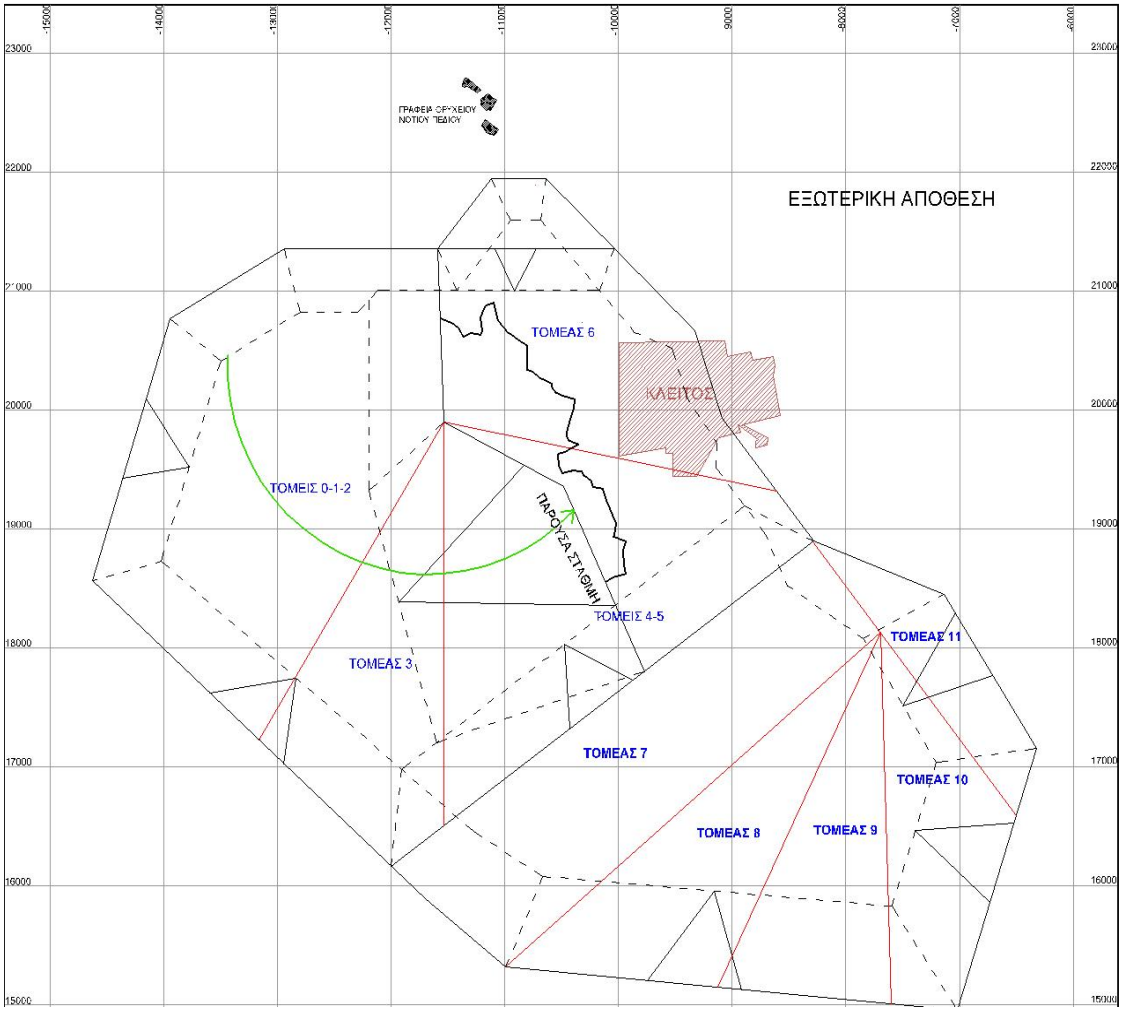
Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι ειδικές εκπομπές του CO_2 οι οποίες προέρχονται από την καύση του εξορυσσόμενου λιγνίτη της περιοχής του Νοτίου

Πεδίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι ποιοτικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι η τέφρα επί ξηρού, η υγρασία και η κατώτερη θερμογόνος δύναμη. Έτσι δημιουργήθηκε ένα δισδιάστατο μοντέλο όπου οι ειδικές εκπομπές ορίστηκαν ως χαρακτηριστική τιμή για κάθε μπλοκ. Το μοντέλο βασίστηκε σε 473 γεωτρήσεις με απόσταση μεταξύ τους 250m. Το μοντέλο αποτελείται από 16709 μπλοκ διαστάσεων 100 x100 cm^2 το καθένα. Αφού προσδιοριστεί το κατάλληλο μοντέλο κυψελίδας για το κοίτασμα θα πρέπει να προσδιοριστεί το μοντέλο λειτουργίας της εκμετάλλευσης. Τα πιο κοινά πρότυπα σε συστήματα συνεχούς εκμετάλλευσης είναι με παράλληλη και με στροφική λειτουργία. Ο σχεδιασμός εκμετάλλευσης καθορίζει τον αριθμό των τομέων στους οποίους διαιρείται το κοίτασμα, το πρότυπο που θα εφαρμοστεί σε κάθε τομέα όπως και η ακολουθία της εξόρυξης για κάθε τομέα.

Στη παρούσα εργασία το ορυχείο του Νοτίου Πεδίο χωρίστηκε σε 11 τομείς και εφαρμόζεται σε όλους στροφική λειτουργία (Σχήμα 4.1). Για την εκτίμηση της μέσης ποιότητας του λιγνίτη που εξορύσσεται ετησίως, χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη μεθοδολογία:

Για την εκτίμηση των γεωτρητικών δεδομένων ομαδοποιούνται λεπτά στρώματα λιγνίτη χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα κριτήρια που αφορούν στο πάχος και την περιεκτικότητα σε τέφρα για το σχηματισμό των εκμεταλλεύσιμων κυψελίδων. Τα κύρια κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση είναι το ελάχιστο πάχος λιγνίτη και στείρου υλικού που μπορεί να ληφθεί με επιλεκτική εκσκαφή και τα όρια των ποιοτικών χαρακτηριστικών των εκμεταλλεύσιμων κυψελίδων λιγνίτη. Επίσης ελήφθησαν υπόψη η αραίωση και η απώλεια του υλικού.

Θεωρώντας μια ετήσια παραγωγή 20Mt, ορίστηκε η περιοχή που θα υποστεί εκμετάλλευση μέχρι την εξόφληση του κοιτάσματος. Τα εναπομείναντα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα, τα οποία είναι 452Mt, διασφαλίζουν λειτουργία του ορυχείου για περίπου 27 χρόνια (2009-2036) υποθέτοντας ότι η τρέχουσα παραγωγική ικανότητα θα παραμείνει σταθερή στο μέλλον. Η μέση περιεκτικότητα σε τέφρα του εξορυσσόμενου λιγνίτη για κάθε έτος υπολογίστηκε λαμβάνοντας το μέσο όρο της τέφρας σε στοιχειώδη όγκο μέσα στην επιθυμητή περιοχή (M. Galetakis & Z. Agioutantis 2000).



Σχήμα 4.1: Μοντέλο εκμετάλλευσης με τη μέθοδο της στροφικής λειτουργίας

4.3 Γεωστατιστική μέθοδος Krigging

Το Krigging είναι μια γεωστατιστική μέθοδος εκτίμησης των τιμών των μπλοκ. Θεωρητικά, η μέθοδος Krigging αποτελεί τη βέλτιστη γραμμική μεσοσταθμική μέθοδο. Στα πλεονεκτήματα της, πλην του θεωρητικού υποβάθρου της γεωστατιστικής στο οποίο στηρίζεται, σε αντίθεση με την εμπειρική μέθοδο IDS (Inverse Distance Power) αναφέρεται ως το σημαντικότερο, η δυνατότητα που περιέχει το Krigging να εκτιμηθεί εκτός της μέσης τιμής ενός μπλοκ και η διακύμανσή του. Εξασφαλίζεται δηλαδή μια ένδειξη κατά πόσο η εκτιμώμενη μέση τιμή ενός μπλοκ είναι αξιόπιστη (Γαλετάκης, 2002).

Οι βασικές αρχές και βήματα που ακολουθούνται για την εκτίμηση των στοιχειωδών όγκων του μοντέλου του κοιτάσματος με τη μέθοδο Krigging είναι αρχικά η στατιστική ανάλυση των στοιχείων των γεωτρήσεων, για να υπολογιστούν οι βασικές στατιστικές παράμετροι (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, διάμεσος, επικρατούσα τιμή, μέτρο ασυμμετρίας και κύρτωσης) και να διαπιστωθεί ποια θεωρητική κατανομή των στοιχείων των γεωτρήσεων. Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος της κατανομής που ακολουθείται από τα δεδομένα εφαρμόζοντας τα κριτήρια X^2 ή Kolmogorof-Smirnof. Αρχική εκτίμηση του τύπου της κατανομής γίνεται με την κατασκευή ιστογραμμάτων σχετικής ή αθροιστικής συχνότητας. Έλεγχος γραφικός για το αν τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή μπορεί να γίνει με τη χρήση των ειδικών διαγραμμάτων κανονικής κατανομής όπου η καμπύλη αθροιστικής κατανομής αν ακολουθείται η κανονική εμφανίζεται ως ευθεία. Οι κατανομές που ακολουθούν συνήθως οι παράμετροι ποιότητας των κοιτασμάτων είναι η κανονική και λογαριθμική κατανομή. Σε σπανιότερες περιπτώσεις ακολουθείται κατανομή εκθετική ή Weibull. Στην περίπτωση δεδομένων με κατανομή ασύμμετρη, ο πιο συνηθισμένος μετασχηματισμός στα αρχικά δεδομένα είναι ο λογαριθμικός (Γαλετάκης, 2002).

Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός του βαριογράμματος. Το βαριόγραμμα είναι το βασικό γεωστατιστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για να μετρηθεί η μεταβολή μιας μεταβλητής. Για τον υπολογισμό του πειραματικού βαριογράμματος γ(h) χρησιμοποιείται η σχέση:

$$\gamma(h)=\frac{1}{n(h)}\sum_{i=1}^{n(h)}\left(Z(x_i)-Z(x_i+h) \right)^2$$

όπου γ(h) ο αριθμός του βαριογράμματος

n(h) ο αριθμός των δειγμάτων που απέχουν απόσταση h

$Z(x_i)$ η τιμή της μεταβλητής που εξετάζεται στη θέση x_i

$Z(x_i+h)$ η τιμή της χωρομεταβλητής που εξετάζεται στις θέσεις x_i+h, x_i

h το βήμα του βαριογράμματος

Οι κυριότεροι τύποι βαριογραμμάτων που χρησιμοποιούνται για να ερμηνεύσουν τη μεταβολή των παραμέτρων ενός κοιτάσματος στο χώρο είναι: σφαιρικό, γραμμικό βαριόγραμμα Gaussian, εκθετικό, παραβολικό και τυχαίο.

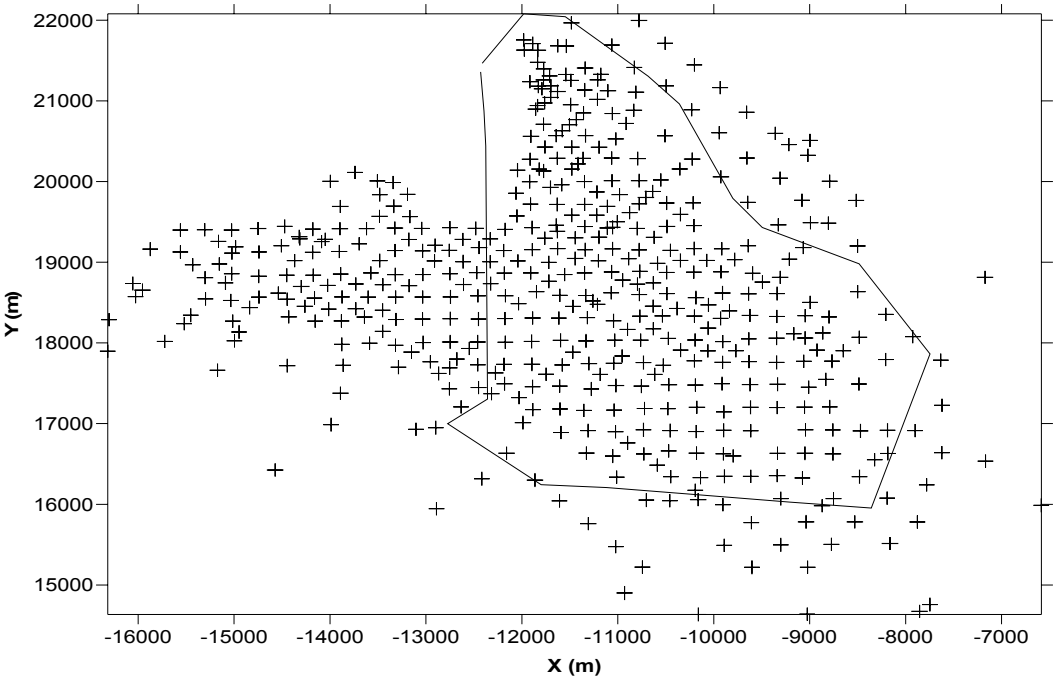
Για τον υπολογισμό των τιμών των στοιχειωδών όγκων με Krigging απαιτείται να βρεθεί ο τύπος του συνολικού βαριογράμματος που περιγράφει το κοίτασμα καθώς και να υπολογιστούν και τα βαριογράμματα σε διάφορες κατευθύνσεις ώστε να εντοπιστεί αν υπάρχει ανισοτροπία στη μεταβολή της παραμέτρου του κοιτάσματος και να υπολογιστεί ο λόγος και η διεύθυνση της ανισοτροπίας.

Μετά την στατιστική ανάλυση και τη γεωστατιστική ανάλυση των δεδομένων μέσω των βαριογραμμάτων μπορεί να υλοποιηθεί η εφαρμογή της μεθόδου υπολογισμού Krigging (Γαλετάκης, 2002).

4.4 Παράμετροι της μεθόδου Krigging

4.4.1 Στατιστική ανάλυση των δεδομένων των γεωτρήσεων

Από το αρχείο που περιλαμβάνει τα επεξεργασμένα στοιχεία των γεωτρήσεων (480 γεωτρήσεις που δίνονται στο παράρτημα) δημιουργήθηκε αρχικά το σχεδιάγραμμα του Νοτίου Πεδίου που περιέχει τις θέσεις των γεωτρήσεων Σχήμα4.3).



Σχήμα 4.2: Σχεδιάγραμμα του Νοτίου Πεδίου με τις θέσεις των γεωτρήσεων.

Η ανάγκη για την εκτίμηση της διαχρονικής εξέλιξης των εκπομπών του CO_2 σε σχέση με την πορεία της εκμετάλλευσης, οδήγησε στη δημιουργία ενός αρχείου που περιέχει τις αναμενόμενες εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα ανά τομέα αλλά και ανά έτος εκμετάλλευσης. Το σχεδιαστικό πακέτο Surfer 8.0 παρέχει αυτή τη δυνατότητα. Έτσι από την στατιστική ανάλυση του αρχείου των γεωτρήσεων προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία (πίνακας 4.1):

- Ελάχιστη απόσταση γεωτρήσεων
- Μέγιστη απόσταση γεωτρήσεων
- Διάμεσος: παρουσιάζει το κέντρο των τιμών αν ταξινομηθούν σε αύξουσα σειρά. Οι μισές τιμές θα είναι μικρότερες του διάμεσου και οι μισές μεγαλύτερες.

Ποσοστιαίες τιμές: με τον ίδιο τρόπο που ο διάμεσος χωρίζει τις τιμές στα δύο έτσι και τα τεταρτημόρια (quartiles) χωρίζουν τις τιμές στα τέσσερα. Εάν οι τιμές ταξινομηθούν σε αύξουσα σειρά τότε το 25% των τιμών θα βρίσκεται κάτω από το πρώτο τεταρτημόριο και το 25% πάνω από το τρίτο τεταρτημόριο.

- Εύρος: μέγιστη τιμή – ελάχιστη τιμή.
- Μέσο: (ελάχιστη + μέγιστη τιμή)/2
- Ενδοτεταρτημοριακό εύρος: (75% των τιμών - 25% των τιμών) εύρος μεταξύ ποσοστιαίων σημείων.
- Μέση τιμή
- Διασπορά: Υπολογίζει το μέσο όρο των τετραγώνων των διαφορών των τιμών από τη μέση τιμή.
- Τυπική απόκλιση: είναι η τετραγωνική ρίζα της διασποράς και υποδηλώνει το βαθμό απόκλισης των τιμών από τη μέση τιμή.
- Συντελεστής ασυμμετρίας: ο συντελεστής ασυμμετρίας ορίζεται από τη σχέση: Συντελεστής ασυμμετρίας = $[1/n \sum (x_i-m)^3] / \sigma^3$

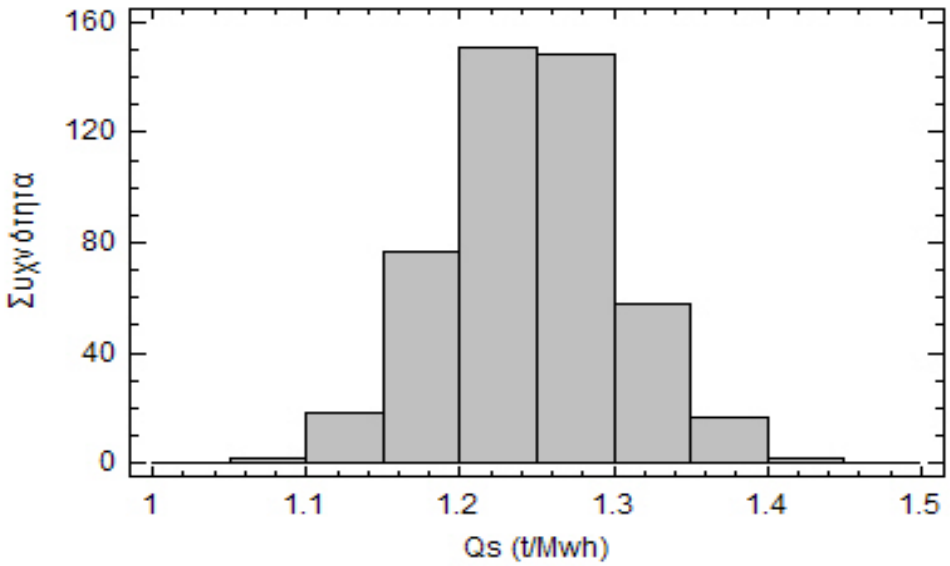
Αν ο συντελεστής ασυμμετρίας λαμβάνει τιμές πλησίον του 0 και ο διάμεσος είναι περίπου ίσος με την μέση τιμή τότε το ιστόγραμμα θεωρείται σχεδόν

συμμετρικό. Στην περίπτωσή που εξετάζεται το ιστόγραμμα παρουσιάζει θετική ασυμμετρία αφού έχει θετικό συντελεστή ασυμμετρίας και διάμεσο μικρότερο της μέσης τιμής.

- Συντελεστής διακύμανσης: ο συντελεστής διακύμανσης ορίζεται ως ο λόγος της τυπικής απόκλισης προς τη μέση τιμή (Γαλετάκης, 2002).

Πίνακας 4.1: Στατιστικά στοιχεία απόστασης γεωτρήσεων.

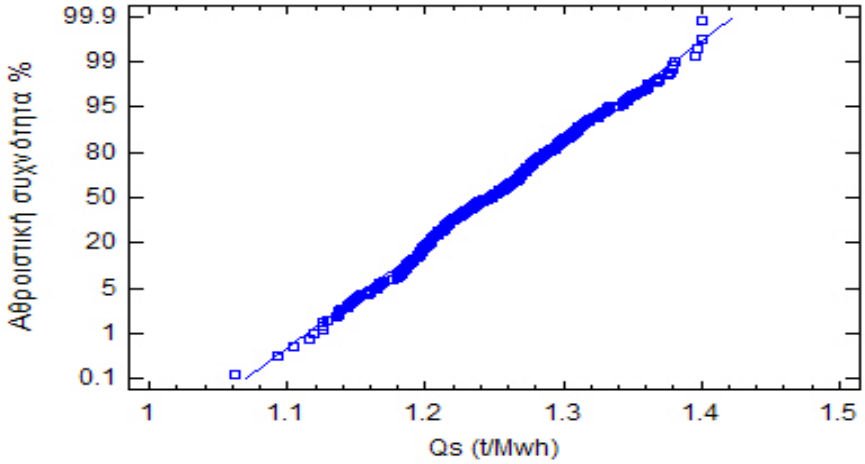
Στατιστικά στοιχεία	Απόσταση γεωτρήσεων (m)
Μέση τιμή:	209,95
Τυπική απόκλιση:	99,60



Σχήμα 4.3: Έλεγχος της κατανομής της παραμέτρου Q_s (ton/Mwh)

Με τον έλεγχο της κατανομής που αναφέρεται στην παράμετρο των ειδικών εκπομπών βλέπουμε ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή (Σχήμα 4.3). Με τη χρήση των στοιχείων του πίνακα 4.1 ορίστηκαν οι παράμετροι για τη λειτουργία της μεθόδου Krigging. Για τον έλεγχο της κατανομής που ακολουθείται από τα δεδομένα εφαρμόζονται τα κριτήρια x^2 ή Kolmogorof-Smirnof. Στη

συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο x^2 όπου διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή (Σχήμα4.4) .



Σχήμα 4.4: Δίκτυο πιθανοτήτων κανονικής κατανομής.

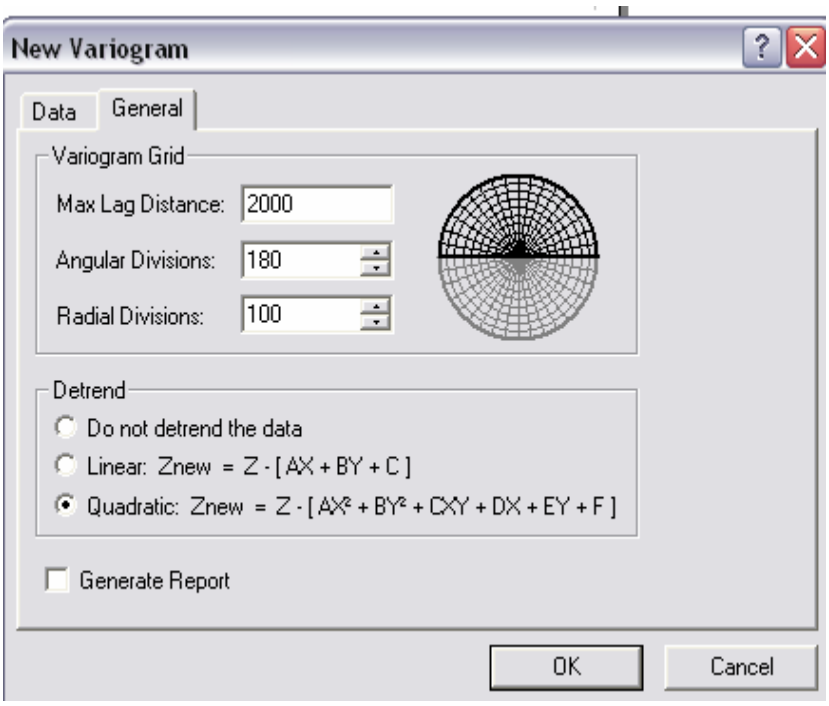
Επιλέχθηκε να παρουσιαστεί η εφαρμογή της μεθόδου για βαθμό απόδοσης του σταθμού παραγωγής (n) ίσο με 36%. Αναφέρεται ότι ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 34% έως 38% στους σταθμούς παραγωγής που τροφοδοτούνται από την περιοχή του Νοτίου Πεδίου. Το μέγεθος των στοιχειωδών όγκων που χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς μας είναι 100 x 100 m^2.

4.4.2 Γεωστατιστική ανάλυση (βαριογράμματα)

Στη συνέχεια κατασκευάσαμε το συνολικό βαριόγραμμα. Χρησιμοποιήσαμε τον τύπο του εκθετικού βαριογράμματος ως καταλληλότερο για τη γεωστατιστική μας μελέτη.

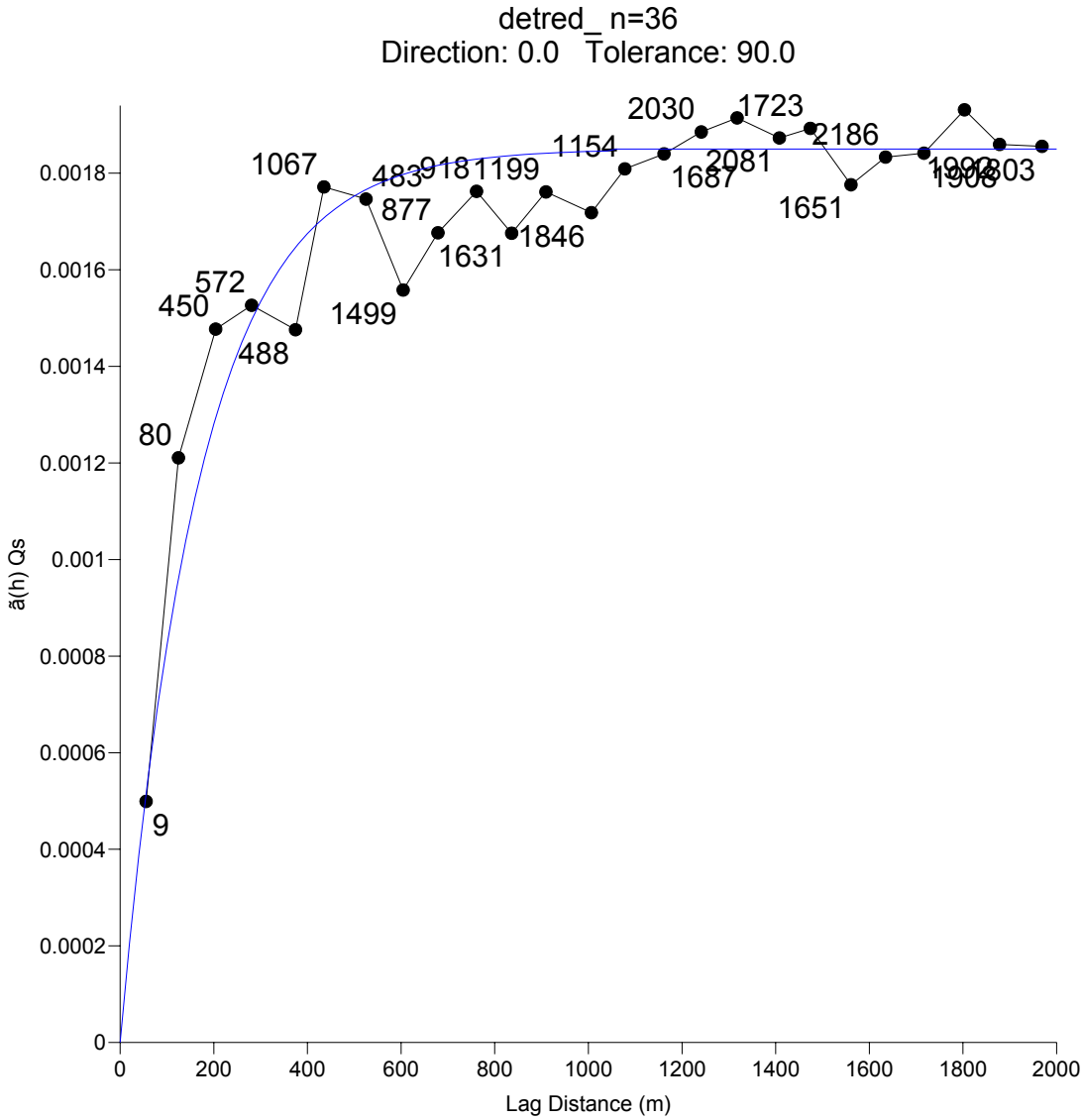
$$\gamma(h) = C[1 - \exp(-\frac{|h|}{a})]$$

Ο υπολογισμός του βαριογράμματος έγινε έτσι ώστε να μετρηθεί η μεταβολή της χωρομεταβλητής. Ο τύπος του βαριογράμματος που επιλέχθηκε μετά από δοκιμές είναι αυτός του εκθετικού βαριογράμματος με τις παραμέτρους C=0.00185 και ακτίνα επιρροής 250m (Σχήμα 4.5).



Σχήμα 4.5: Παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του βαριογράμματος.

Μετά από υπολογισμούς των βαριογραμμάτων σε διάφορες κατευθύνσεις παρατηρείται ότι τα δεδομένα μας παρουσιάζουν ανισοτροπία με λόγο ανισοτροπίας 1.6 και γωνία διεύθυνσης 300^0.



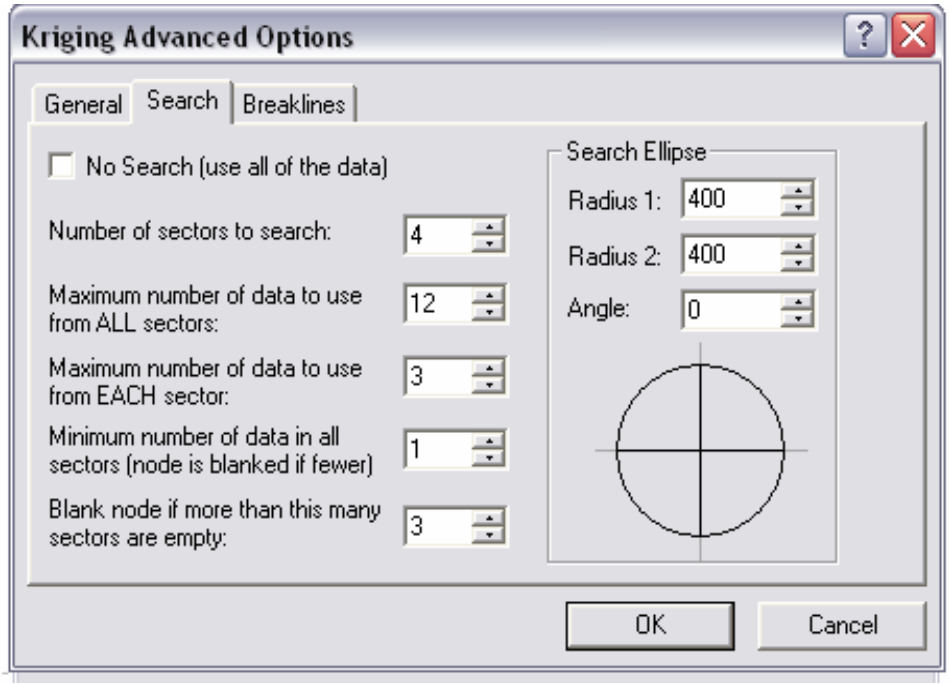
Σχήμα 4.6: Βαριόγραμμα γ(h) για το Q_s, με βαθμό απόδοσης n=36%..

4.4.3 Επιλογή παραμέτρων για τη μέθοδο Krigging και εφαρμογή της

Τέλος, έπρεπε να οριστούν οι παράμετροι που αφορούν τους τομείς της έλλειψης αναζήτησης καθώς και ο αριθμός των δεδομένων που θα υπάρχουν σε κάθε τομέα της έλλειψης αναζήτησης έτσι ώστε να προκύψουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα (Σχήμα 4.7).

- Στη παρούσα περίπτωση ο αριθμός των τομέων της έλλειψης είναι τέσσερα (4)

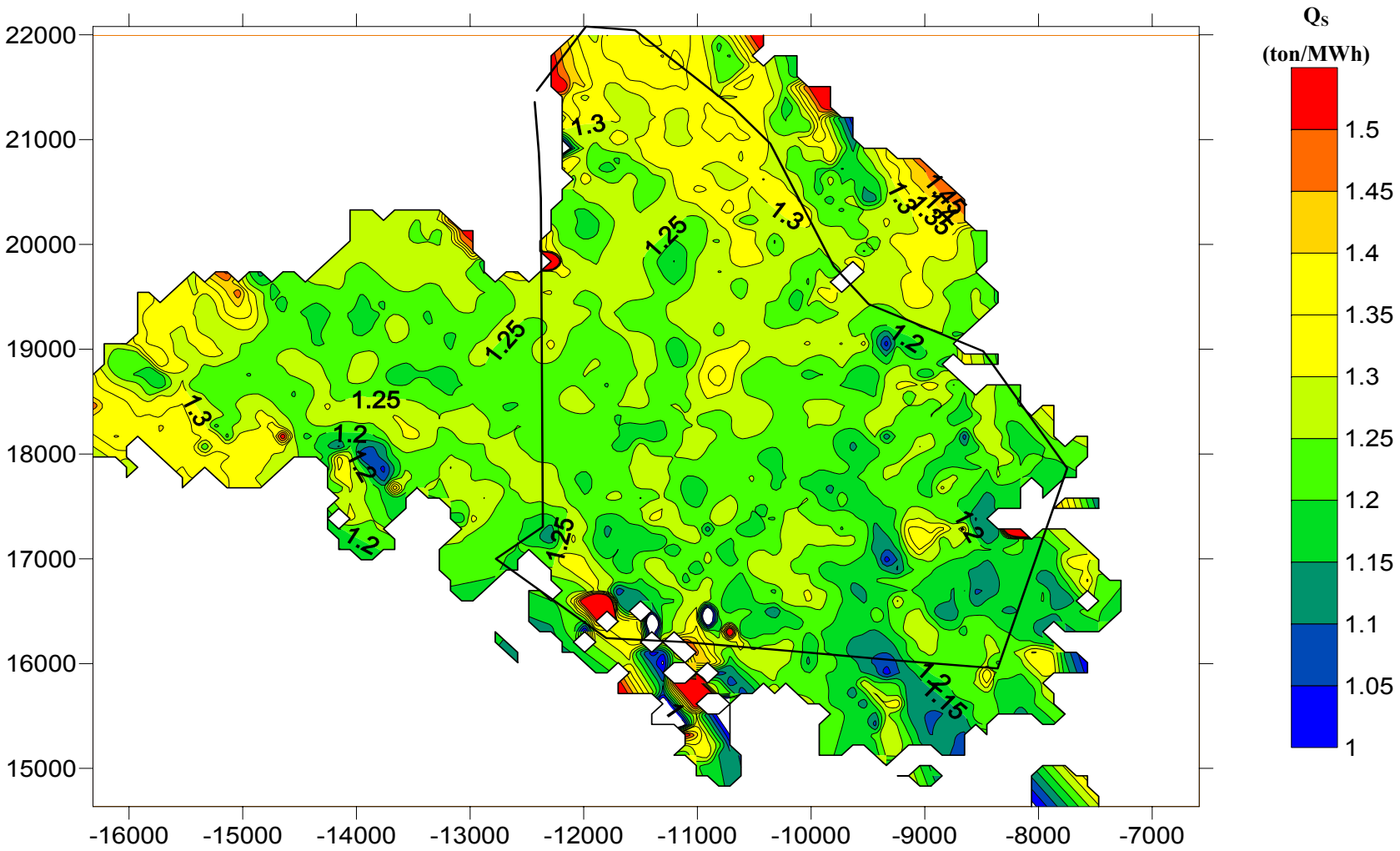
- Ο μέγιστος αριθμός στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν στην αναζήτηση για όλους τους τομείς της έλλειψης και είναι δώδεκα (12)
- Ο μέγιστος αριθμός στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν στην αναζήτηση για έναν τομέα της έλλειψης και είναι τρία (3)
- Ο ελάχιστος αριθμός στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν στην αναζήτηση για όλους τους τομείς της έλλειψης και είναι ένα (1)
- Ο μέγιστος αριθμός τομέων που δεν περιέχουν στοιχεία και είναι τρία (3) .



Σχήμα 4.7: Παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στη μέθοδο Krigging.

Λόγο του γεγονότος ότι υπάρχουν κυψελίδες με τιμές AWF=100% δηλαδή καθόλου λιγνίτη, αυτές οι τιμές αφαιρέθηκαν για την δημιουργία των χωρικών μοντέλων καθώς δίνουν τιμές ειδικών εκπομπών αρνητικές.

Με βάση τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω έγινε η ανάπτυξη του μοντέλου για τις ειδικές εκπομπές του CO_2 ως συνάρτηση της απόδοσης του σταθμού παραγωγής. Η διερεύνηση έγινε για βαθμούς απόδοσης (n) 36%. Για το n=36% προέκυψαν τα παρακάτω χωρικά μοντέλα για όλη την έκταση του πεδίου εκμετάλλευσης.



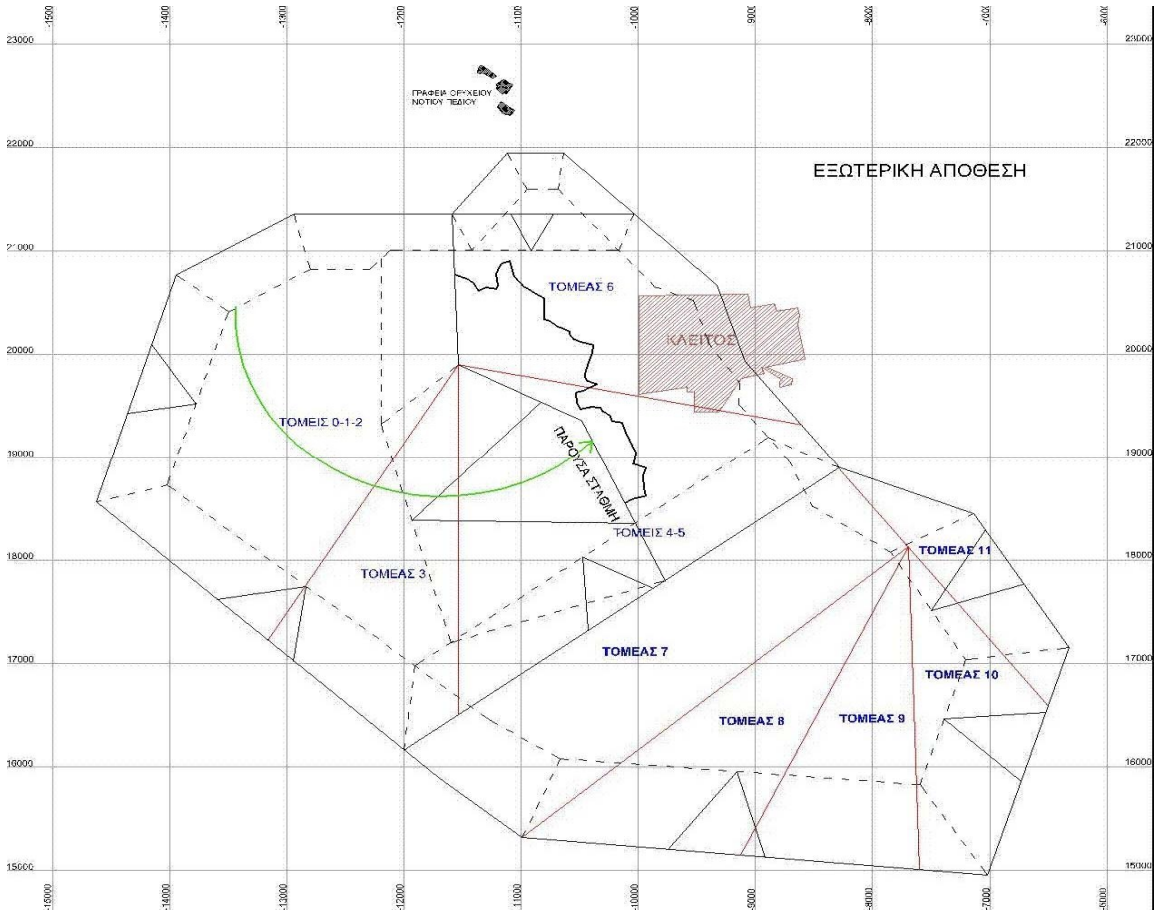
Σχήμα 4.8: Χάρτης ειδικών εκπομπών CO_2 (ton/MWh)

Πίνακας 4.2: Στατιστικά στοιχεία για το Q_s (ton/MWh) του κοιτάσματος του Νοτίου Πεδίου.

Ελάχιστο	0.271
25% των τιμών	1.205
Διάμεσος	1.241
75% των τιμών	1.281
Μέγιστο	2.434
Μέσο	2.163
Εύρος	2.163
Ενδοτεταρτομοριακό εύρος	0.076
Μέση τιμή	1.247
Τυπική Απόκλιση	0.086
Διασπορά	0.007
Συντελεστής διακύμανσης	0.069
Συντελεστής ασυμμετρίας	0.969
Τετραγωνικός μέσος	1.562

4.4.4 Διαίρεση του Νοτίου Πεδίου σε τομείς

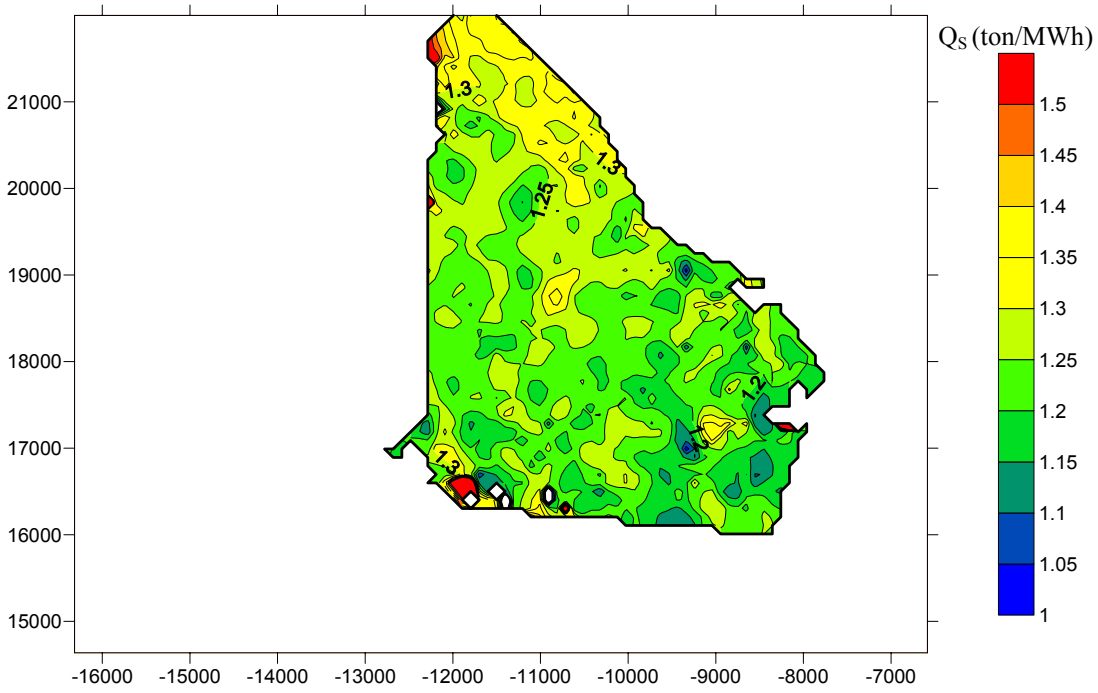
Σύμφωνα με το σχέδιο εκμετάλλευσης το οποίο ακολουθείται από τη ΔΕΗ το ορυχείο του Νοτίου Πεδίου έχει χωριστεί σε 11 τομείς. Η εκμετάλλευση αυτών των τομέων αναμένεται να διαρκέσει μέχρι και το 2036.Το συστήματα συνεχούς εκμετάλλευσης που ακολουθείται είναι αυτό της στροφικής λειτουργίας. Μέχρι σήμερα έχει περατωθεί η εκμετάλλευση στους τομείς από ένα έως τρία ενώ τώρα βρίσκεται στον τομέα τέσσερα και πέντε. Στη συνέχεια η εκμετάλλευση συνεχίζεται στον τομέα 6 και αφού εξοφληθεί ολόκληρος ο τομέας συνεχίζεται στον 7 και διαδοχικά φτάνει μέχρι τον 11, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9: Διαιρεμένο μοντέλο εκμετάλλευσης ανά τομείς (ΔΕΗ, 2008)

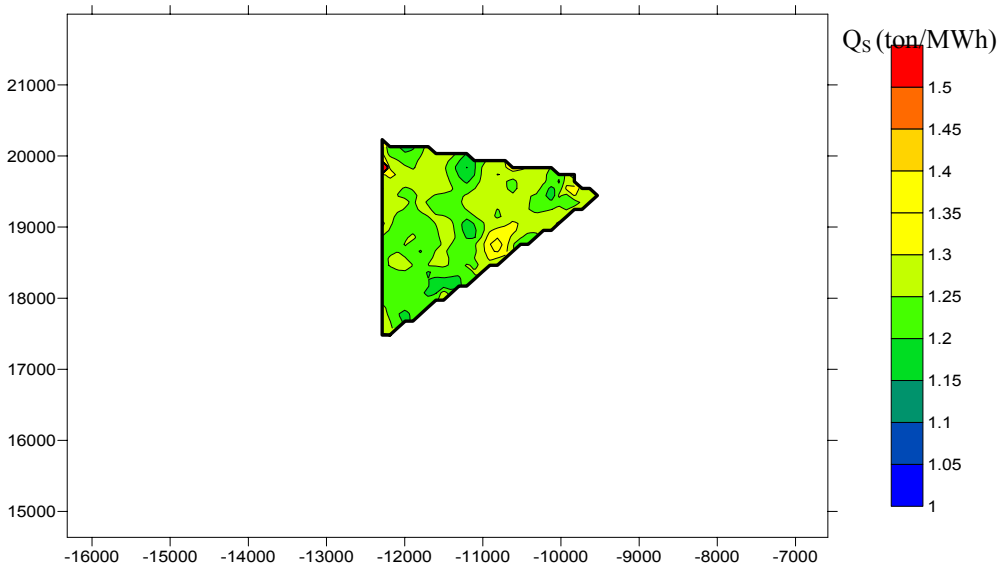
Επιλέχθηκε να παρουσιαστούν οι εκπομπές του CO_2 για βαθμό απόδοσης (n) 36% σε κάθε τομέα χωριστά. Τα χωρικά μοντέλα που προέκυψαν από την επεξεργασία στο Surfer 8.0 για βαθμό απόδοσης n= 36% και απεικονίζουν σε ισοκαμπύλες τις διακυμάνσεις των ειδικών εκπομπών είναι τα παρακάτω:

Τομέας 4 έως 11



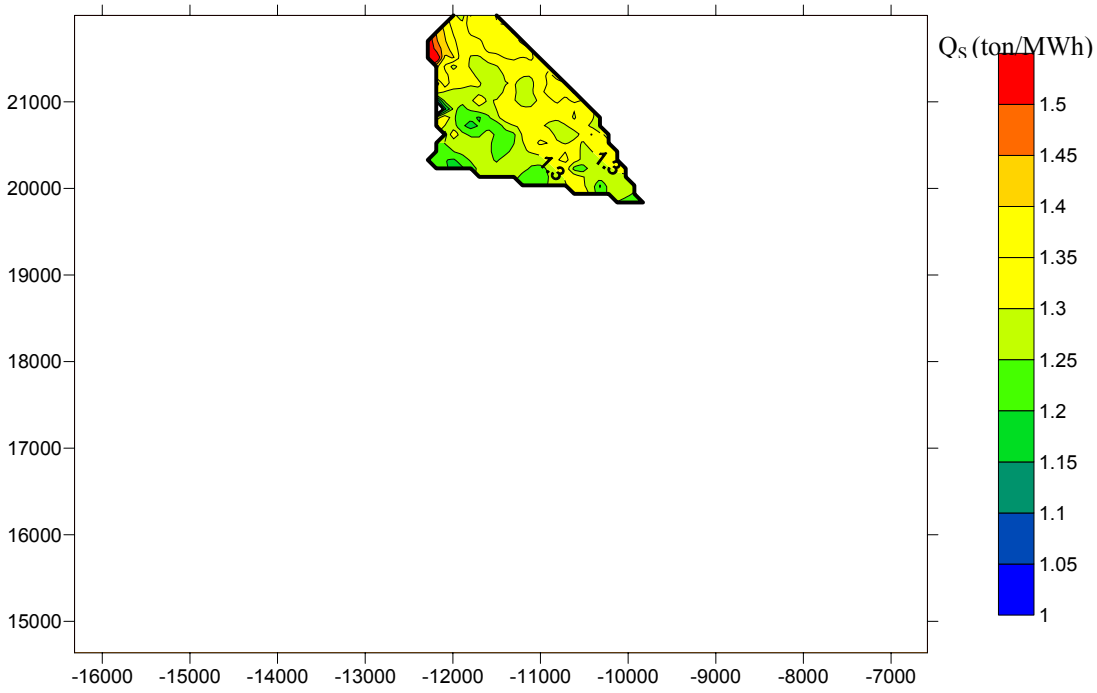
Σχήμα 4.10: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στους τομείς 4 έως 11.

Τομέας 4-5



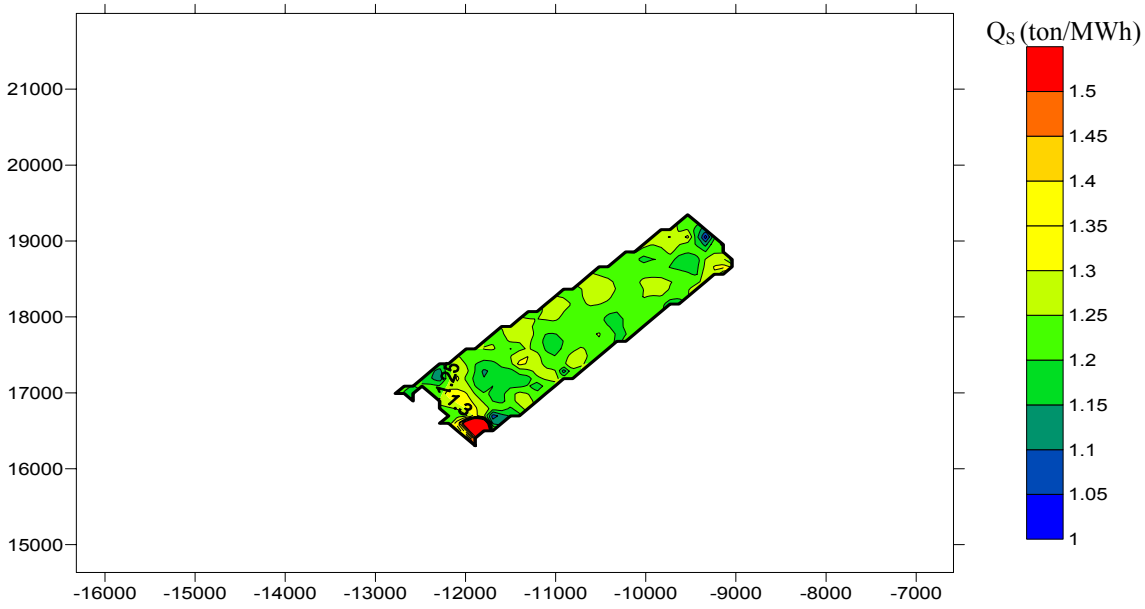
Σχήμα 4.11: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στους τομείς 4-5.

Τομέας 6



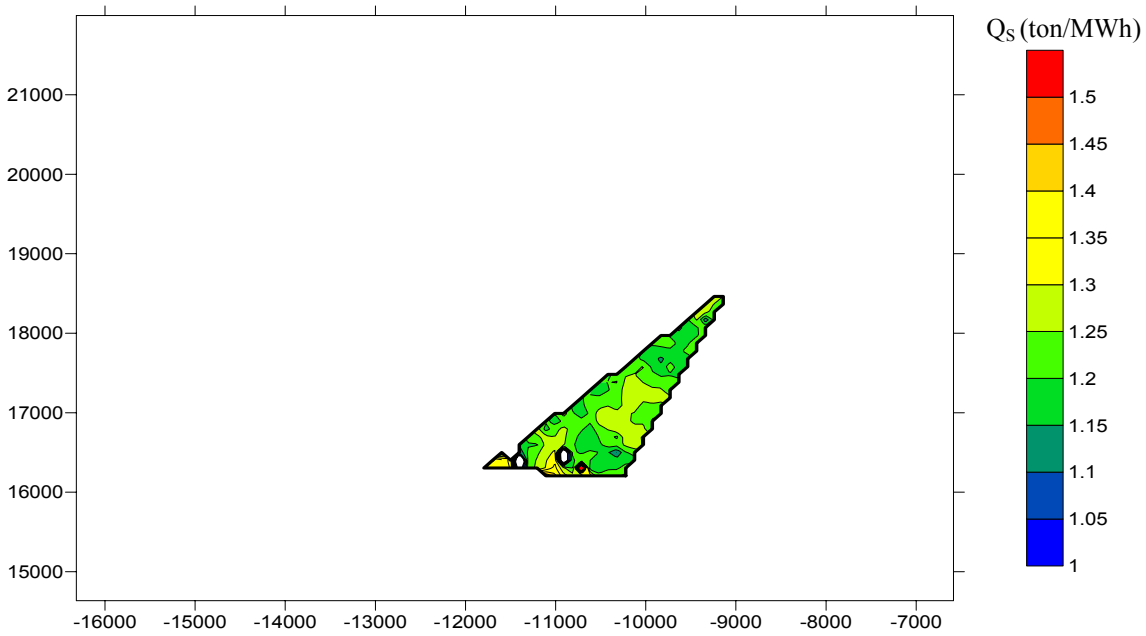
Σχήμα 4.12: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 6.

Τομέας 7



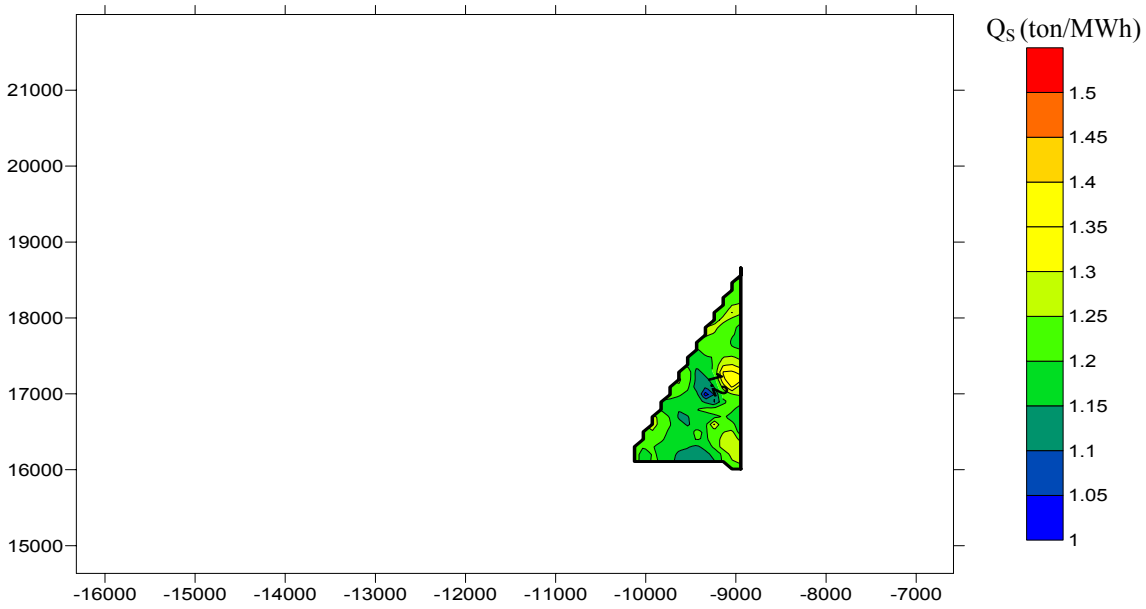
Σχήμα 4.13: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 7.

Τομέας 8



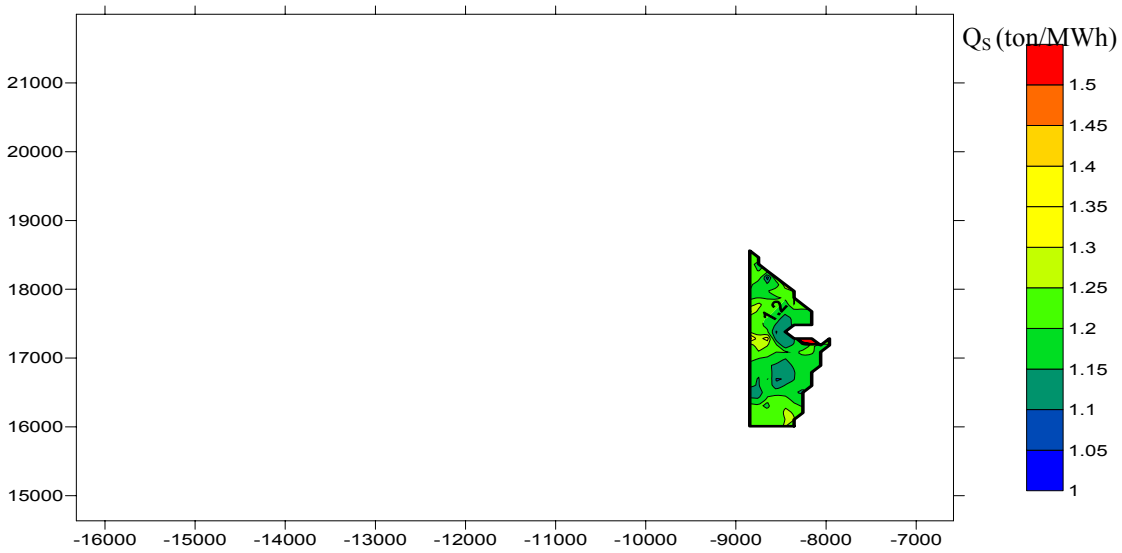
Σχήμα 4.14: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 8.

Τομέας 9



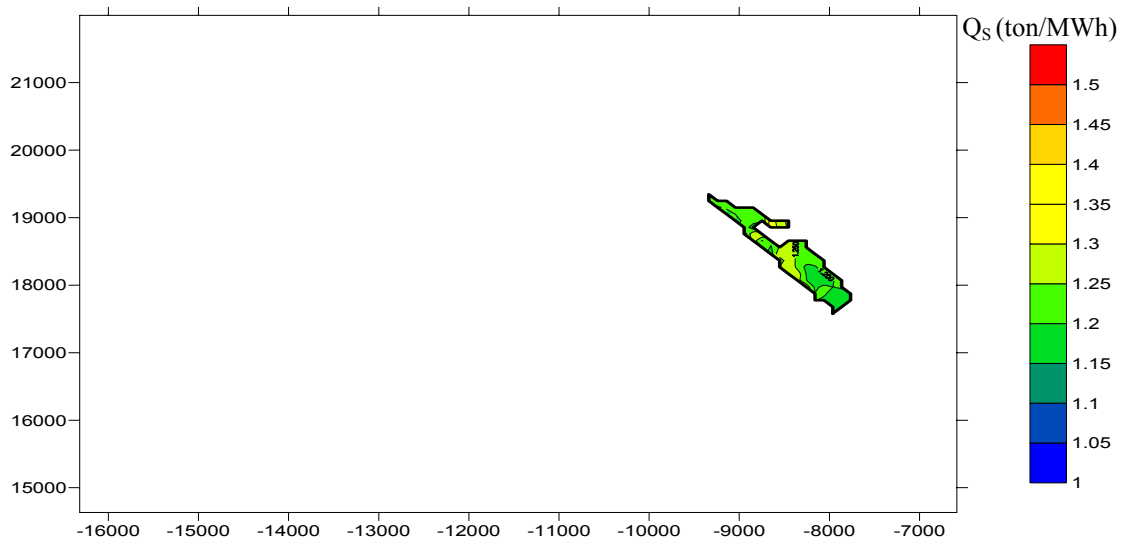
Σχήμα 4.15: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 9.

Τομέας 10



Σχήμα 4.16: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 10

Τομέας 11



Σχήμα 4.17: Χάρτης ισότιμων καμπυλών για το Qs (ton/MWh) στο τομέα 11

4.5 Διαχρονική εξέλιξη των ειδικών εκπομπών Q_s

4.5.1 Τρόπος υπολογισμού του Qs ετησίως

Στόχος είναι η εκτίμηση του διαστήματος εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των ειδικών εκπομπών του CO_2 για κάθε χρόνο εκμετάλλευσης. Αυτό επιτεύχθηκε με την παρακάτω διαδικασία.

Αρχικά χωρίστηκε το κοίτασμά μας σε 11 τομείς εκμετάλλευσης. Σε κάθε τομέα υπολογίστηκε η τυπική απόκλιση και η μέση τιμή των ειδικών εκπομπών. Κάνοντας την παραδοχή ότι έχουμε ομοιόμορφη κατανομή του λιγνίτη σε όλη την έκταση του ορυχείου του Νοτίου Πεδίου και έχοντας γνωστό το χρονοδιάγραμμα εκμετάλλευσης (Πίνακας 4.5) δηλαδή την ποσότητα του λιγνίτη που λαμβάνεται κάθε χρόνο ανά τομέα αλλά και συνολικά από κάθε τομέα υπολογίστηκε η συνδυασμένη τυπική απόκλιση και η μέση τιμή για κάθε έτος εκμετάλλευσης εφαρμόζοντας τους παρακάτω τύπους.

$$m_k = \frac{\sum_{i=1}^{l} Ci * m_i}{\sum_{i=1}^{l} Ci} \qquad S^2 = \frac{\sum_{i=1} n_i * S_i^2}{\sum_{i=1}^{l} n_i}$$

- m_i μέσες τιμές των τομέων i=1,2,3,..,l εντός των οποίων γίνεται η εξόρυξη το έτος κ.
- m_κ η μέση τιμή των Q_s κατά το έτος κ.
- n_i ο αριθμός των στοιχειωδών όγκων (κυψελίδων) που εξορύσσονται σε κάθε τομέα i.
- C_i η απολαμβανόμενη ποσότητα σε λιγνίτη από κάθε τομέα i=1,2,3,.., l.

Θεωρώντας ότι η συνδυασμένη τυπική απόκλιση και η μέση τιμή παραμένουν σταθερά ανά τομέα αυτό που θα μεταβάλλεται κάθε φορά είναι ο αριθμός των κυψελίδων που εξορύσσονται ανά έτος (n) στον υπολογισμό της διασποράς.

Έχοντας υπολογίσει όλες τις παραμέτρους καταλήγουμε στον υπολογισμό του σφάλματος των μέσων ετήσιων ειδικών εκπομπών Q_s (άνω όριο, κάτω όριο) για κάθε τομέα του πεδίου εκμετάλλευσης σύμφωνα με τον τύπο:

$$m \pm t * \frac{S_1}{\sqrt{n}}$$

όταν η εκμετάλλευση γίνεται σε ένα τομέα, και

$$m \pm t_{(n_1+n_2)-2} * S_{12} * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

όταν η εκμετάλλευση γίνεται σε δύο τομείς ταυτόχρονα.

Το μέγεθος t υπολογίζεται από την κατανομή Student για στάθμη σημαντικότητας 95% η α = 0.0250 και βαθμό ελευθερίας n-1 αν η εκμετάλλευση του λιγνίτη διενεργείται σε ένα τομέα και n_1+n_2 -2 όταν διενεργείται σε δύο τομείς.

Πίνακας 4.3: Στατιστικά στοιχεία κάθε τομέα για τον συντελεστή ειδικών εκπομπών CO_2, Q_s.

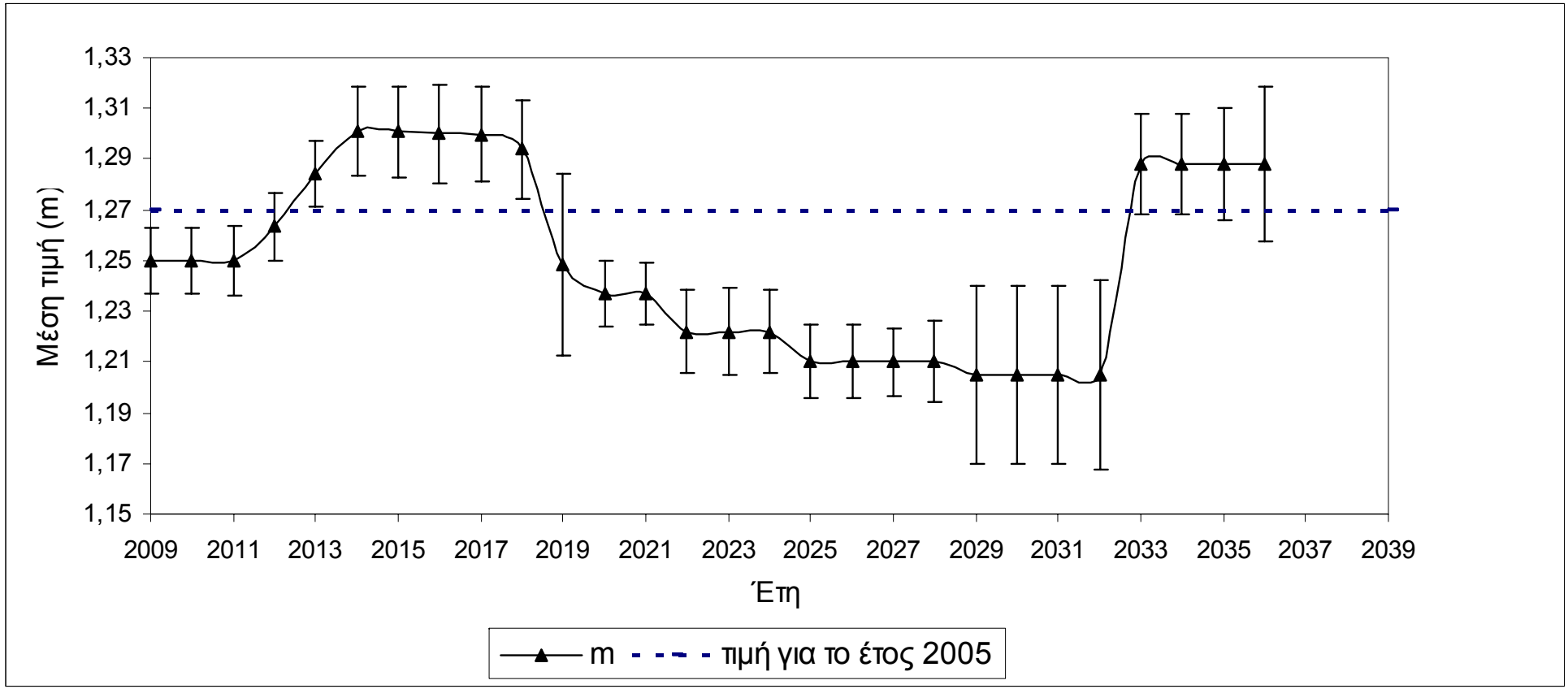
	Αριθμός κυψελίδων ανά τομέα (n)	**Μέση τιμή (m) (t/MWh)**	**Τυπική απόκλιση (s)**
Τομέας 4-5	469	1.250	0.057
Τομέας 6	355	1.237	0.074
Τομέας 7	405	1.237	0.074
Τομέας 8	230	1.237	0.074
Τομέας 9	197	1.210	0.053
Τομέας 10	175	1.205	0.115
Τομέας 11	90	1.228	0.046

Πίνακας 4.4: Όρια διακύμανσης της τιμής των εκπομπών του CO_2 για το σύνολο του κοιτάσματος ανά έτος εκμετάλλευσης.

		Αριθμός κυψελίδων ανά τομέα ανά έτος(n)	**Σύνολο περιεχ. λιγνίτη ($x10^6$ Tn)**	**Τυπική απόκλιση (s)**	**Μέση τιμή (m) Q_s (ton/MWh)**	**t τιμές από πίνακες κατανομής student**	**Σφάλμα $\pm t^* s_1/\sqrt{n}$**
Τομέας 4-5	2009	77	19,926	0,0570	1,2500	1,9900	0,0129
	2010	77	19,899	0,0570	1,2500	1,9900	0,0129
	2011	67	17,460	0,0570	1,2500	1,9900	0,0138
Τομέας 4-5-6	2012	69	17,499	0,0584	1,2632	1,9990	0,0140
	2013	75	18,083	0,0386	1,2784	1,9990	0,0089
Τομέας 6	2014	58	13,483	0,0680	1,3010	2,0025	0,0178
	2015	58	13,363	0,0680	1,3010	2,0032	0,0179
Τομέας 6-7	2016	51	11,767	0,0683	1,3064	2,0096	0,0192
	2017	55	12,665	0,0681	1,2996	2,0057	0,0184
	2018	55	11,978	0,0688	1,2954	2,0066	0,0187
	2019	90	13,290	0,0730	1,2490	1,9900	0,0153
Τομέας 7	2020	123	15,997	0,0741	1,2370	1,9788	0,0132
	2021	142	18,356	0,0741	1,2370	1,9771	0,0123
Τομέας 8	2022	93	17,400	0,0802	1,2220	1,9860	0,0165
	2023	86	15,991	0,0802	1,2220	1,9890	0,0172
	2024	91	17,079	0,0802	1,2220	1,9850	0,0167
Τομέας 9	2025	54	18,198	0,0537	1,2100	2,0050	0,0146
	2026	55	18,375	0,0537	1,2100	2,0030	0,0145
	2027	63	21,075	0,0537	1,2100	2,0000	0,0135
	2028	45	15,083	0,0537	1,2100	2,0154	0,0161
Τομέας 10	2029	43	12,962	0,1150	1,2050	2,0181	0,0354
	2030	43	13,024	0,1150	1,2050	2,0170	0,0353
	2031	43	13,024	0,1150	1,2050	2,0170	0,0353
	2032	39	11,815	0,1150	1,2050	2,0230	0,0371
Τομέας 11	2033	23	8,914	0,0466	1,2880	2,0739	0,0200
	2034	23	8,914	0,0466	1,2880	2,0739	0,0200
	2035	20	7,515	0,0466	1,2880	2,1000	0,0221
	2036	11	4,391	0,0466	1,2880	2,2100	0,0304

Στο Σχήμα 4.19 παρουσιάζονται τα όρια της διακύμανσης της τιμής των εκπομπών του CO_2 για το σύνολο του κοιτάσματος ανά έτος εκμετάλλευσης. Από το γράφημα διαπιστώνεται ότι η μεταβολή του Q_S χωρίζεται σε τρεις περιόδους. Την πρώτη

περίοδο, από το 2009 έως και το 2017 έχουμε αύξηση της μέσης τιμής, από το 2018 έως το 2023 έχουμε μείωση της ενώ για τα επόμενα εννιά χρόνια παραμένει σχεδόν σταθερή. Τέλος από το 2033 παρουσιάζει μια απότομη αύξηση φτάνοντας την τιμή 1,28 ton/Mwh. Το σφάλμα (άνω όριο, κάτω όριο) αυξάνεται σε περιοχές όπου ο αριθμός των κυψελίδων είναι μικρός.



Σχήμα 4.18: Χρονική εξέλιξη της μέσης ετήσιας τιμής των Q_s (t CO_2/MWh) και του διαστήματος διακύμανσης για α=5%.

Πίνακας 4.5: Ετήσιες συνολικές εκσκαφές και περιεχόμενος λιγνίτης κατά τομέα

ΕΤΟΣ		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
ΤΟΜΕΙΣ 4-5	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΣΚΑΦΕΩΝ	**10**	**10**	**8**	**8**	**8**	**4**	**1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	
	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΣΚΑΦΕΣ ($x10^6$ Fm^3)	108	103	92	91	85	33	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	520,88
	ΠΕΡΙΕΧ. ΛΙΓΝΙΤΗΣ ($x10^6$ Tn)	22,4	22,3	19,9	19,9	17,5	13,3	6,3																								121,62
ΤΟΜΕΑΣ 6	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΣΚΑΦΕΩΝ	**-**	**-**	**1**	**1**	**1**	**3**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**3**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΣΚΑΦΕΣ ($x10^6$ Fm^3)	6	6	13	15	15	36	53	56	54	48	48	28	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	382,62
	ΠΕΡΙΕΧ. ΛΙΓΝΙΤΗΣ ($x10^6$ Tn)						4,2	11,7	13,5	13,4	11,7	12,5	11,2	3,8																		82,01
ΤΟΜΕΙΣ 7-11	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΣΚΑΦΕΩΝ	**-**	**-**	**1**	**1**	**1**	**3**	**4**	**6**	**6**	**6**	**6**	**8**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**7**	**6**	**5**	**2**	
	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΣΚΑΦΕΣ ($x10^6$ Fm^3)	-	-	13	13	13	43	57	72	73	73	73	86	105	115	120	125	125	129	131	132	136	137	114	104	104	99	65	53	28	9	2344,71
	ΠΕΡΙΕΧ. ΛΙΓΝΙΤΗΣ ($x10^6$ Tn)										0,1	0,1	0,8	9,5	16,0	18,4	17,4	16,0	17,1	18,2	18,4	21,1	15,1	13,0	13,0	13,0	11,8	8,9	8,9	7,5	4,4	248,60
ΣΥΝΟΛΟ	ΣΥΝΟΛ. ΑΡΙΘΜ. ΕΚΣΚΑΦΕΩΝ	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**	**7**	**6**	**5**	**2**	
	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΣΚΑΦΕΣ ($x10^6$ Fm^3)	114	109	118	119	113	112	120	128	127	121	121	114	110	115	120	125	125	129	131	132	136	137	114	104	104	99	65	53	28	9	3248,21
	ΠΕΡΙΕΧ. ΛΙΓΝΙΤΗΣ ($x10^6$ Tn)	22,4	22,3	19,9	19,9	17,5	17,5	18,1	13,5	13,4	11,8	12,7	12,0	13,3	16,0	18,4	17,4	16,0	17,1	18,2	18,4	21,1	15,1	13,0	13,0	13,0	11,8	8,9	8,9	7,5	4,4	452,23

ΤΟΜΕΙΣ 4-5 **ΤΟΜΕΑΣ 6** **ΤΟΜΕΙΣ 7-11**

4.5.2 Επίδραση επί της εκμεταλλευσιμότητας, επιβάρυνση ανά kWh.

Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση της επιβάρυνσης της παραγόμενης kWh από το φόρο που επιβάλλεται για τις εκπομπές του CO_2. Επειδή δεν έχει καθοριστεί η κατανομή των φόρων του CO_2 ανά ορυχείο και ανά σταθμό ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η επιβάρυνση σε αντίστοιχα χρηματικά ποσά αναπτύχθηκε ένας δείκτης που αντικατοπτρίζει την επιβάρυνση λόγω των εκπομπών του CO_2. Πρόκειται για ένα σύνθετο δείκτη ο οποίος λαμβάνει ως βάση ένα συγκεκριμένο έτος λειτουργίας και προκύπτει από το γινόμενο δύο συντελεστών, του συντελεστή παραγωγής (ΣΠ) και του συντελεστή ειδικών εκπομπών Q_S (ΣΕ). Ως έτος βάση αναφοράς χρησιμοποιείται το έτος 2005.

Ο συντελεστής παραγωγής (ΣΠ) ορίστηκε ίσος με το λόγο της ετήσιας παραγωγής προς την παραγωγή του έτους 2005 και δείχνει τη μεταβολή της παραγωγής σε σχέση με το 2005.

Σ.Π = Παραγωγή λιγνίτη/ Παραγωγή λιγνίτη το έτος 2005

Ο συντελεστής ειδικών εκπομπών (ΣΕ) ορίστηκε ως ο λόγος του συντελεστή ειδικών εκπομπών Q_S για κάθε έτος προς το αντίστοιχο για το έτος 2005.

$$Σ.Ε = Q_S / Q_{S\,(2005)}$$

Το γινόμενο αυτών των δύο συντελεστών μας δίνει το συντελεστή επιβάρυνσης ο οποίος απεικονίζει την επίπτωση του φόρου των εκπομπών του CO_2 στην εκμεταλλευσιμότητα των λιγνιτικών κοιτασμάτων.

Από τα παραπάνω προέκυψαν οι υπολογισμοί του πίνακα 4.6 για τον υπολογισμό του συντελεστή επιβάρυνσης.

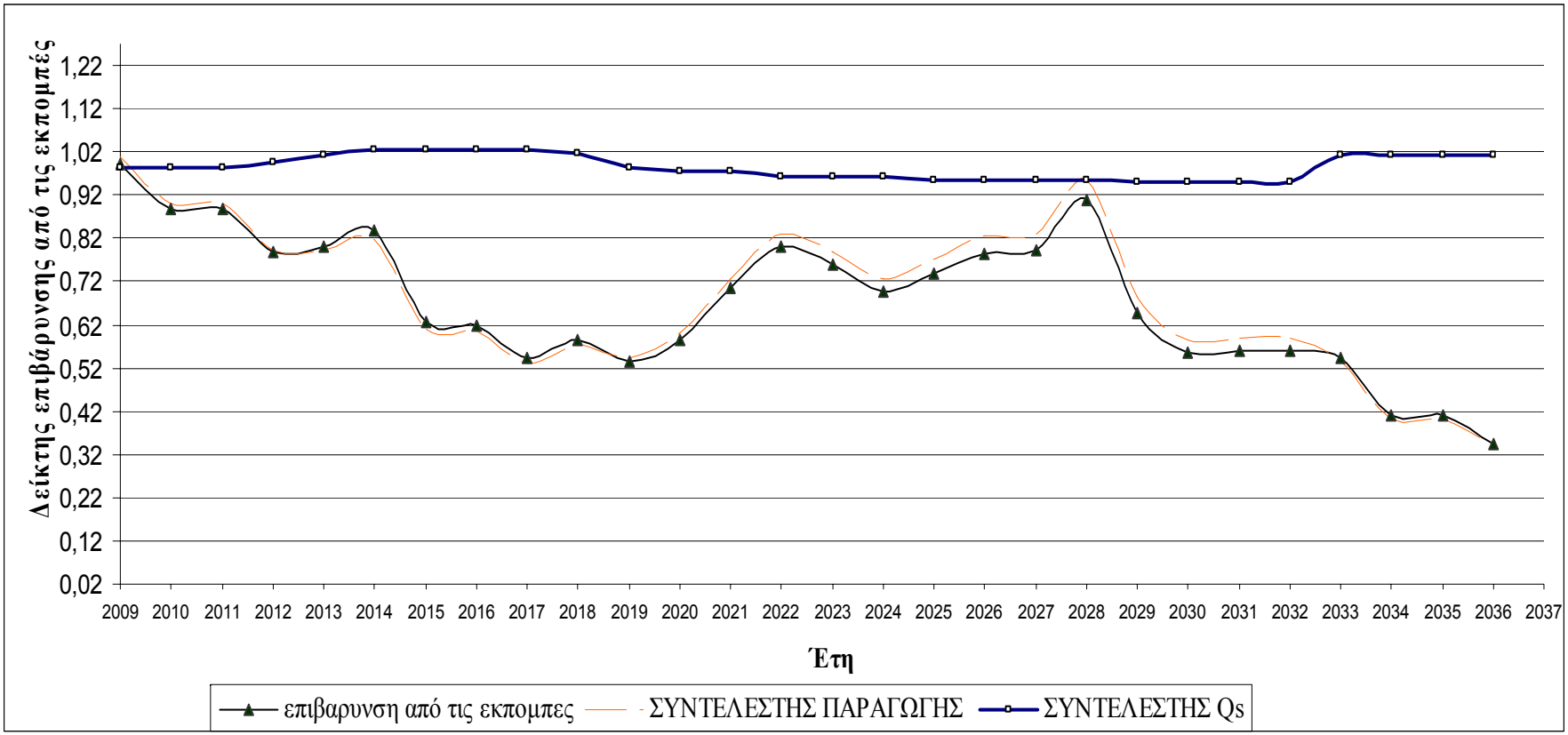
Πίνακας 4.6: Υπολογισμός επιβάρυνσης εκπομπών του CO_2.

Επιβάρυνση από τις εκπομπές					
	L λιγνίτη (x10^6 ton)	**Qs ανά έτος (ton/Mwh)**	**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**	**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Qs**	**ΣΠ*ΣΕ**
2009	22,28733	1.25	1.009	0.984	0.993
2010	19,92583	1.25	0.902	0.984	0.888
2011	19,89919	1.25	0.901	0.984	0.887
2012	17,46	1.26	0.790	0.995	0.786
2013	17,49904	1.28	0.792	1.011	0.801
2014	18,08319	1.30	0.819	1.024	0.839
2015	13,48258	1.30	0.610	1.024	0.625
2016	13,36332	1.30	0.605	1.024	0.619
2017	11,76661	1.30	0.533	1.023	0.545
2018	12,66476	1.29	0.573	1.019	0.584
2019	11,97789	1.25	0.542	0.983	0.533
2020	13,28988	1.24	0.602	0.974	0.586
2021	15,99662	1.24	0.724	0.974	0.705
2022	18,35576	1.22	0.831	0.962	0.800
2023	17,39964	1.22	0.788	0.962	0.758
2024	15,99105	1.22	0.724	0.962	0.697
2025	17,07853	1.21	0.773	0.953	0.737
2026	18,19757	1.21	0.824	0.953	0.785
2027	18,37455	1.21	0.832	0.953	0.793
2028	21,07455	1.21	0.954	0.953	0.909
2029	15,08262	1.21	0.683	0.949	0.648
2030	12,96163	1.21	0.587	0.949	0.557
2031	13,02389	1.21	0.590	0.949	0.559
2032	13,02389	1.21	0.590	0.949	0.559
2033	11,81466	1.29	0.535	1.014	0.542
2034	8,914083	1.29	0.404	1.014	0.409
2035	8,914083	1.29	0.404	1.014	0.409
2036	7,514854	1.29	0.340	1.014	0.345

Η γραφική απεικόνιση του δείκτη επιβάρυνσης για κάθε έτος αλλά των συντελεστών που το αποτελούν δίνεται στο σχήμα 4.20. Από τη γραφική αυτή παράσταση παρατηρείται ότι ο δείκτης επιβάρυνσης ακολουθεί παράλληλη πορεία με το συντελεστή παραγωγής. Από την εξέλιξη του δείκτη επιβάρυνσης παρατηρείται ότι το 2009 η τιμή των ειδικών εκπομπών είναι ίση με αυτή του 2005, ενώ έχουμε μείωση από το 2009 μέχρι το έτος 2019 μέχρι και στο μισό από το έτος βάση. Στη συνέχεια από το 2020 έως και το έτος 2028 παρουσιάζει συνεχής αύξηση

πλησιάζοντας ξανά την τιμή του 2005. Τέλος από το 2020 και μετά παρατηρείται ξανά μείωση με την πάροδο των ετών, έως και το τέλος της εκμετάλλευσης φθάνοντας το 2036 στην κατώτερη τιμή (0,36) δηλαδή μια επιβάρυνση ίση με το ένα τρίτο του έτους βάσης.

Όσο αναφορά την γραφική απεικόνιση των επιμέρους συντελεστών, ο συντελεστή παραγωγής ακολουθεί παράλληλη πορεία με τον δείκτη επιβάρυνσης που σημαίνει ότι όταν η παραγωγή είναι ανάλογη της επιβάρυνσης. Από την άλλη πλευρά ο δείκτης ειδικών εκπομπών είναι σταθερός μέχρι το 2011. Από το 2011 και μέχρι το 2014 παρουσιάζει μια αύξηση πλησιάζοντας το έτος βάση 2005 και το ξεπερνά. Αυτή η υπέρβαση διατηρείται μέχρι και το 2008 και από εκεί και μετά μειώνεται έως και το 2032. Τέλος από εκεί και μέχρι το τέλος της εκμετάλλευσης παρουσιάζει αύξηση και τα τελευταία τρία χρόνια σταθεροποίηση του.



Σχήμα 4.19: Συντελεστής επιβάρυνσης εκπομπών CO_2 με βάση το έτος 2005.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Ο λιγνίτης αποτελεί στρατηγικής σημασίας καύσιμο για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα καλύπτοντας το 65% των συνολικών αναγκών. Η μελλοντική αξιοποίηση των λιγνιτικών κοιτασμάτων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στην Ελλάδα και στην Ευρώπη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα να προσαρμοστεί στο Πρωτόκολλο του Κιότο για τον περιορισμό των εκπομπών CO_2. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την επίδρασή του Πρωτοκόλλου του Κιότο στην οικονομικότητα του παραγόμενου λιγνίτη αυξάνοντας έτσι την τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι εκπομπές του CO_2 εξαρτώνται τόσο από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εξορυσσόμενου λιγνίτη (τέφρα επί ξηρού, την υγρασία, θερμογόνο δύναμη) όσο και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του σταθμού παραγωγής που καθορίζουν την απόδοσή του.

Η εφαρμογή του τύπου για τον υπολογισμό των ειδικών εκπομπών Q_s έγινε για τις 480 γεωτρήσεις οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου. Από τον τύπο συμπεραίνουμε ότι οι ειδικές εκπομπές μειώνονται με την αύξηση της θερμογόνου δύναμης και του συντελεστή απόδοσης του σταθμού.

Για κάθε γεώτρηση υπολογίστηκε το Q_S με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που δόθηκαν για κάθε γεώτρηση και για απόδοση του σταθμού παραγωγής n=36%. Οι υπολογισθήσες τιμές ακολουθούν την κανονική κατανομή. Η γεωστατιστική ανάλυση έδειξε ότι τα δεδομένα παρουσιάζουν ανισοτροπία στο χώρο και μπορούν να αποδοθούν με ένα βαριόγραμμα εκθετικού τύπου. Με βάση τις παραμέτρους αυτές γίνεται η ανάπτυξη του χωρικού μοντέλου με τη μέθοδο Krigging και η απεικόνιση των ειδικών εκπομπών με τη μορφή ισοκαμπυλών. Από τα χωρικά αυτά μοντέλα συμπεραίνουμε ότι στους τομείς 4 έως 11 έχουμε τιμές τέφρας που κυμαίνονται από 1.1 έως 1.25 (ton/MWh) στο κέντρο του κοιτάσματος άλλά όσο κινούμαστε προς τα άκρα του οι εκπομπές αυξάνονται με τιμές 1.3 έως 1.4 ενώ στα άκρα μπορεί να φτάσει και 1.5.

Από τη διαχρονική εξέλιξη του Q_S με βάση τους τομείς που έχει χωριστεί και τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής παρατηρείται μια αύξηση των ειδικών εκπομπών από το 2009 έως και το 2016 με μέγιστη τιμή 1.3 (ton/MWh). Από το 2017 έως και 2022 μειώνεται κατακόρυφα ενώ η μείωση αυτή συνεχίζεται με ομαλότερο ρυθμό μέχρι το 2032. Το έτος 2032 παρατηρείται απότομη αύξηση της τιμής από 1.2 σε 1.28 που παραμένει μέχρι και την εξόφληση του κοιτάσματος. Η αύξηση αυτή μπορεί να δικαιολογηθεί από την αλλαγή τομέα εκμετάλλευση. Η εκμετάλλευση περνά στον τομέα 11 το 2032, ο οποίος βρίσκεται στα άκρα του κοιτάσματος και εκεί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά παρουσιάζουν χαμηλές τιμές. Γενικότερα με την αλλαγή τομέα έχουμε αλλαγή στις ειδικές εκπομπές με μέγιστες τιμές στα άκρα του ορυχείου και ελάχιστες τιμές όσο πλησιάζουμε προς το κέντρο του.

Με βάση το δείκτη επιβάρυνσης που αναπτύχθηκε προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση στην οικονομική εκμεταλλευσιμότητα (θεωρώ έτος βάσης το 2005) παρατηρήθηκε ότι η μεταβολή του δείκτη μπορεί να χωριστεί σε τρεις περιόδους. Από το 2009 έως το 2019 όπου παρουσιάζει συνεχώς φθίνουσα πορεία ενώ από το 2020 έως και το 2028 παρουσιάζει αύξηση φθάνοντας μέχρι και την τιμή του έτους 2005. Τέλος από το 2029 έως και την εξόφληση του κοιτάσματος ο δείκτης μειώνεται έως και 0,3. Η μείωση του δείκτη επιβάρυνσης οφείλεται κυρίως στην μείωση του συντελεστή παραγωγής αφού η πορεία που ακολουθούν σχεδόν ταυτίζεται. Όσο αναφορά τον συντελεστή ειδικών εκπομπών αυτός παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές του την περίοδο όπου ο δείκτης επιβάρυνσης παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές.

Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση

Η παρούσα έρευνα, με τα δεδομένα τα οποία υπάρχουν, δίνει μια μακροπρόθεσμη εκτίμηση της εξέλιξης των ειδικών εκπομπών καθώς από τις υπάρχουσες γεωτρήσεις τα στοιχεία τα οποία λαμβάνονται είναι ελλιπή με αποτέλεσμα ο υπολογισμός του μόνιμου άνθρακα να γίνεται προσεγγιστικά. Η ακρίβεια μπορεί να βελτιωθεί για μεσοπρόθεσμους ή βραχυπρόθεσμους προγραμματισμούς όταν έχουμε στη διάθεσή μας από τη γεωτρητική διαδικασία περισσότερα στοιχεία για τον υπολογισμό του μόνιμου άνθρακα. Επιπλέον γνωρίζοντας την ακριβή θέση εκσκαφής κάθε μήνα αλλά και με τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου εκμετάλλευσης μπορεί να δοθεί μια καλύτερη προσέγγιση της ποιότητας του εξορυσσόμενου λιγνίτη αλλά και το ύψος της παραγωγής του.

Τέλος εφόσον γίνουν γνωστά τα περιθώρια των εκπομπών και η κατανομή τους σε κάθε σταθμό μπορεί να υπολογιστεί σε απόλυτες τιμές η επιβάρυνση.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνικές

1. Δικτυακός τόπος Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού
   http/www.dei.gr

2. Γαλετάκης Μ.(1996). Διδακτορική Διατριβή «Προσδιορισμός της ποιότητας λιγνίτη που εξορύσσεται με τη συνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης από πολυστρωματικά κοιτάσματα».
3. Γαλετάκης Μ. (2002). Σημειώσεις μαθήματος «Έλεγχος ποιότητας πρώτων υλών» Πολυτεχνείο Κρήτης.
4. Γαλετάκης Μ. (2002). Σημειώσεις μαθήματος «Σχεδίαση εκμεταλλεύσεων ορυκτών πόρων με ηλεκτρονικό υπολογιστή» Πολυτεχνείο Κρήτης.
5. Γαλετάκης Μ., Καβουρίδης Κ. (1998) «Ποιοτικός έλεγχος του λιγνίτη που εξορύσσεται με την υπαίθρια συνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης με τη χρήση στατιστικών μεθόδων», Τεχνικά Χρονικά Έκδοσης ΤΕΕ,V, τεύχος 1-2 1998.
6. Καβουρίδης Κ. Παυλουδάκης Φ. (2007). «Το Ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας εκπομπών CO_2 και οι ανταγωνιστικότητα του λιγνίτη, στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας και στις επενδύσεις», Ορυκτός πλούτος 143/2007.
7. Καβουρίδης Κ., Χαλούλος Κ., Λεοντίδης Μ. (2005) «Η εκμετάλλευση του λιγνίτη στην Ελλάδα με οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια. Σημερινή κατάσταση-προοπτικές», Διημερίδα ΤΕΕ «Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας», Αθήνα, 9-10 Ιουνίου 2005.
8. Κακαράς Ε., Γιαννακόπουλος Δ, Χατζηλάου Χ. (2005) «Τα σχέδια κατανομής εκπομπών CO_2 και θέματα ηλεκτροπαραγωγής» Διημερίδα ΤΕΕ «Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας», Αθήνα, 9-10 Ιουνίου 2005.
9. Κακαράς Ε., Α. Δουκέλης, Γιαννακόπουλος Δ, Κουμανάκος Α. (2005), «Δέσμευση CO_2 στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από λιγνίτη και φυσικό αέριο» Διημερίδα ΤΕΕ «Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας», Αθήνα, 9-10 Ιουνίου 2005.
10. Οδηγία 2003/87 σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου».

11. Οδηγία 2004/101/ΕΚ για την τροποποίηση της 2003/87 σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας, όσον αφορά τους μηχανισμούς έργων του πρωτοκόλλου του Κιότο.

Διεθνείς

1. Galetakis M., Z. Agioutantis, (2005). «The influence of strategic development options on the long-term quality variation of mined lignite- The case of the South Field Mine in Ptolemais», Greece.
2. K. Kavouridis, «Lignite industry in Greece within a world context: Mining, energy supply and environment», Energy policy, 2008.
3. Kavouridis K., Vamvuka D., Galetakis M., (2006). «The effect of lignite quality on CO_2 emissions and the cost of power production from Western Macedonia power plants», 2and International Conference on: ‘ Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology’, Hania 2006, Greece.

Παράρτημα

Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται το αρχείο των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αυτή καθώς και η διορθωμένες τιμές της υγρασίας, της τέφρας και της θερμογόνου δύναμης, οι τιμές του μόνιμου άνθρακα και ειδικές εκπομπές για βαθμό απόδοσης του σταθμού 36%.

X	Y	AWF %	W %	LCV cal/g	W *%	LCV *cal/g	μόνιμος άνθρακας C_L	Q_S για n=36%
-8487	17491	29.85	51.89	1577	51,89	1577	21,53	1,15
-9345	17759	28.84	35.00	0	47,11	1449	21,60	1,25
-9342	18328	33.79	35.00	0	46,06	1336	20,45	1,29
-10059	18184	27.72	35.00	0	47,34	1474	21,87	1,25
-10383	18427	30.96	35.00	0	46,66	1400	21,11	1,27
-10630	18745	28.20	35.00	0	47,24	1463	21,75	1,25
-11110	19425	33.88	35.00	0	46,04	1334	20,43	1,29
-11177	21330	37.51	35.00	0	45,27	1251	19,58	1,32
-11504	20704	33.75	52.28	0	52,28	1405	19,97	1,19
-11702	19928	33.62	35.00	0	46,10	1340	20,49	1,29
-11698	21187	37.02	35.00	0	45,38	1262	19,70	1,31
-11711	21309	32.58	35.00	0	46,32	1363	20,73	1,28
-11775	20711	33.80	52.32	1440	52,32	1440	20,16	1,18
-11775	21260	40.68	35.00	0	44,60	1179	18,84	1,34
-11829	21183	38.81	35.00	0	45,00	1221	19,28	1,33
-11886	17174	30.67	52.14	1480	52,14	1480	20,83	1,18
-11915	20277	30.74	55.22	0	55,22	1395	19,88	1,20
-11916	21238	38.26	35.00	0	45,12	1234	19,41	1,32
-12678	17801	35.81	55.78	0	55,78	1240	18,24	1,24
-12750	18858	33.63	55.28	0	55,28	1315	19,03	1,22
-10176	17202	28.94	35.00	1406	47,09	1406	21,35	1,28
-10468	17482	32.03	53.38	1428	53,38	1428	20,17	1,19
-10491	19735	34.17	57.37	1180	57,37	1180	17,87	1,27
-11480	19583	32.41	35.00	0	46,35	1367	20,77	1,28
-11489	21254	32.75	35.00	0	46,28	1360	20,69	1,28
-11542	21328	32.99	35.00	0	46,23	1354	20,64	1,28
-11579	20630	34.82	35.00	0	45,84	1312	20,21	1,29
-11632	19717	30.69	35.00	0	46,72	1406	21,17	1,27
-8832	17549	32.82	54.24	1383	54,24	1383	19,68	1,20
-8924	17911	33.53	53.99	1449	53,99	1449	20,01	1,16
-13287	17699	38.68	53.00	0	53,00	1249	18,31	1,23
-13588	17996	39.05	52.19	0	52,19	1264	18,46	1,23
-13324	19424	31.00	55.36	0	55,36	1384	19,76	1,20
-9339	16355	28.75	56.93	1420	56,93	1420	20,04	1,19
-9837	18398	31.84	35.00	0	46,47	1380	20,90	1,27
-9897	16917	30.56	54.49	1431	54,49	1431	20,22	1,19
-10703	16053	37.50	51.08	1377	51,08	1377	19,48	1,19
-10778	19153	35.70	55.31	0	55,31	1258	18,42	1,23
-10798	19419	31.03	35.00	0	46,64	1399	21,09	1,27
-11327	16635	33.78	53.36	1402	53,36	1402	19,79	1,19
-11748	17612	32.46	35.00	0	46,34	1366	20,76	1,28
-10204	19170	43.45	52.92	0	52,92	1122	16,95	1,27

-10777	19724	32.68	57.57	0	57,57	1270	18,56	1,23
-11848	18636	29.85	54.93	0	54,93	1428	20,23	1,19
-9011	17451	30.59	35.00	0	46,74	1409	21,20	1,26
-7623	16640	25.59	35.00	0	47,80	1523	22,36	1,23
-8791	17208	35.37	35.00	0	45,73	1300	20,08	1,30
-10186	18561	32.15	54.99	0	54,99	1364	19,55	1,20
-12461	18012	35.33	55.98	0	55,98	1247	18,31	1,23
-11643	20570	29.98	35.00	0	46,87	1423	21,34	1,26
-9641	19205	40.81	53.60	0	53,60	1172	17,50	1,25
-11346	19717	31.93	56.79	0	56,79	1314	19,03	1,22
-11363	20288	35.34	35.00	0	45,73	1301	20,09	1,30
-11700	21043	41.24	35.00	0	44,49	1166	18,71	1,35
-11763	20975	34.03	35.00	0	46,01	1330	20,39	1,29
-15723	18019	44.16	35.00	0	43,87	1100	18,03	1,38
-11332	18024	34.93	55.17	0	55,17	1283	18,69	1,22
-12276	17629	32.70	35.00	0	46,29	1361	20,70	1,28
-14181	19124	33.44	55.55	0	55,55	1312	19,00	1,22
-10073	19023	36.30	35.00	0	45,53	1279	19,86	1,31
-10930	14901	40.85	46.48	0	46,48	1392	19,79	1,19
-11899	18018	34.26	56.03	0	56,03	1275	18,60	1,23
-14262	18454	37.72	35.00	0	45,23	1246	19,53	1,32
-14741	18568	37.63	53.04	0	53,04	1276	18,60	1,22
-14948	18135	40.89	35.00	0	44,56	1174	18,79	1,35
-15022	19113	38.60	53.91	1227	53,91	1227	18,06	1,24
-15163	19259	36.05	35.00	0	45,58	1284	19,92	1,30
-15303	18809	37.94	53.32	1253	53,32	1253	18,38	1,23
-15452	18344	40.69	35.00	0	44,60	1179	18,84	1,34
-15520	18238	43.29	35.00	0	44,05	1119	18,23	1,37
-12035	18487	31.93	35.00	0	46,45	1378	20,88	1,27
-13323	19145	28.50	56.98	1381	56,98	1381	19,84	1,21
-14155	18271	36.99	54.21	1241	54,21	1241	18,31	1,24
-14447	18543	34.51	54.79	1296	54,79	1296	18,87	1,22
-14743	18827	34.08	55.64	1254	55,64	1254	18,56	1,24
-10208	18878	29.31	35.00	0	47,01	1438	21,49	1,26
-12613	19007	30.93	55.37	1379	55,37	1379	19,74	1,20
-13032	18848	32.57	56.70	1261	56,70	1261	18,65	1,24
-13313	18291	34.76	56.54	1219	56,54	1219	18,14	1,25
-13619	19417	27.90	57.26	1337	57,26	1337	19,62	1,23
-15306	19403	33.07	57.95	1188	57,95	1188	17,98	1,27
-15431	18969	39.82	51.74	1169	51,74	1169	17,87	1,29
-15560	19400	39.11	54.13	1081	54,13	1081	17,11	1,33
-16027	18574	39.56	35.00	0	44,84	1204	19,10	1,33
-10458	16045	36.28	35.00	0	45,53	1279	19,87	1,31
-10622	19309	33.88	35.00	0	46,04	1334	20,43	1,29
-10877	19615	37.77	35.00	0	45,22	1245	19,52	1,32
-11415	20219	32.25	35.00	0	46,39	1371	20,81	1,28
-11479	20155	32.65	35.00	0	46,30	1362	20,71	1,28
-11631	20289	31.26	35.00	0	46,60	1393	21,04	1,27
-11759	20428	36.55	35.00	0	45,48	1273	19,80	1,31
-11906	20561	31.41	35.00	0	46,56	1390	21,00	1,27
-11354	17163	32.86	52.78	1464	52,78	1464	20,35	1,17
-11445	19047	33.21	35.00	0	46,18	1349	20,58	1,28
-15154	18978	36.28	35.00	0	45,53	1279	19,87	1,31
-10452	19147	31.01	35.00	0	46,65	1399	21,10	1,27

-10982	19839	31.61	35.00	0	46,52	1385	20,96	1,27
-11053	16598	30.93	35.00	0	46,67	1401	21,12	1,27
-11310	16913	32.36	35.00	0	46,36	1368	20,78	1,28
-11603	17182	33.42	51.84	1435	51,84	1435	20,25	1,19
-13044	19419	33.91	35.00	0	46,04	1333	20,42	1,29
-13603	18568	34.30	56.54	1256	56,54	1256	18,42	1,23
-13875	18570	31.10	57.79	1268	57,79	1268	18,73	1,24
-15173	17662	42.33	35.00	0	44,25	1141	18,46	1,36
-16304	18288	45.92	35.00	0	43,50	1060	17,62	1,40
-9076	16326	34.91	35.00	0	45,82	1310	20,19	1,29
-9895	17146	30.25	35.00	0	46,81	1416	21,28	1,26
-9062	17773	32.80	54.73	1357	54,73	1357	19,46	1,21
-9308	18813	30.95	35.00	0	46,66	1401	21,11	1,27
-9336	16632	31.39	55.43	1417	55,43	1417	19,89	1,18
-9769	17903	33.99	56.30	1273	56,30	1273	18,59	1,23
-9906	18016	28.99	58.04	1323	58,04	1323	19,29	1,23
-10061	17901	28.78	35.00	0	47,12	1450	21,62	1,25
-10192	17478	28.68	35.00	0	47,14	1452	21,64	1,25
-10202	17778	29.29	56.40	1401	56,40	1401	19,94	1,20
-10507	21714	41.30	35.00	0	44,47	1165	18,70	1,35
-13877	17983	36.49	53.88	1645	53,88	1645	20,78	1,06
-9038	15782	26.46	52.45	1680	52,45	1680	22,50	1,13
-9933	21165	43.20	35.00	0	44,07	1121	18,25	1,37
-7878	15781	35.68	35.00	0	45,66	1293	20,01	1,30
-8650	17904	31.60	55.14	1418	55,14	1418	19,91	1,18
-9026	14639	32.20	35.00	0	46,40	1372	20,82	1,28
-9595	18864	33.90	55.29	1291	55,29	1291	18,85	1,23
-9602	15220	30.96	54.35	1463	54,35	1463	20,37	1,17
-9615	16911	32.43	55.04	1400	55,04	1400	19,71	1,18
-10526	17723	29.53	35.00	0	46,96	1433	21,44	1,26
-10887	19044	33.47	35.00	0	46,13	1343	20,52	1,28
-10899	18167	30.73	35.00	0	46,71	1406	21,16	1,27
-11045	18274	27.83	35.00	0	47,32	1472	21,84	1,25
-11348	20000	29.76	35.00	0	46,91	1428	21,39	1,26
-11492	20953	35.22	35.00	0	45,76	1303	20,12	1,30
-9345	18059	31.42	57.39	1279	57,39	1279	18,81	1,24
-8752	16070	33.40	55.54	1325	55,54	1325	19,08	1,21
-9617	17202	28.58	35.00	0	47,16	1455	21,66	1,25
-9914	17495	31.17	55.87	1365	55,87	1365	19,56	1,20
-10202	18333	28.29	58.13	1350	58,13	1350	19,52	1,22
-10489	18612	29.58	58.10	1307	58,10	1307	19,11	1,23
-11064	20292	34.75	55.65	1235	55,65	1235	18,36	1,25
-11347	18867	34.35	57.28	1198	57,28	1198	17,97	1,26
-11834	21628	36.81	35.00	0	45,42	1267	19,74	1,31
-12175	19407	29.27	35.00	0	47,02	1439	21,50	1,26
-15560	19127	40.51	53.88	1122	53,88	1122	17,20	1,29
-8471	16910	31.80	51.49	1579	51,49	1579	21,35	1,14
-9929	18305	27.84	35.00	0	47,32	1471	21,84	1,25
-10729	16624	27.88	54.76	1531	54,76	1531	21,11	1,16
-10778	20011	30.88	59.57	1202	59,57	1202	18,12	1,27
-10812	21108	44.26	35.00	0	43,85	1097	18,01	1,38
-11055	19433	34.95	35.00	0	45,82	1309	20,18	1,30
-11585	19960	31.27	35.00	0	46,59	1393	21,04	1,27
-11761	19298	32.34	35.00	0	46,37	1369	20,79	1,28

-13451	18143	36.02	35.00	0	45,59	1285	19,93	1,30
-10497	21187	39.33	35.00	0	44,89	1210	19,16	1,33
-11021	20529	42.47	35.00	0	44,22	1138	18,42	1,36
-11212	18478	29.56	35.00	0	46,96	1432	21,44	1,26
-11894	19429	26.78	35.00	0	47,54	1496	22,09	1,24
-12745	18570	30.97	55.31	1369	55,31	1369	19,69	1,21
-8323	16552	32.11	46.38	0	46,38	1632	22,35	1,15
-8768	17774	32.86	35.00	0	46,26	1357	20,67	1,28
-8799	18322	32.77	54.41	1405	54,41	1405	19,79	1,18
-9166	18114	27.98	58.23	1409	58,23	1409	19,89	1,19
-9637	18609	33.87	53.41	0	53,41	1367	19,56	1,20
-9925	18882	35.47	52.81	0	52,81	1342	19,30	1,21
-10348	19593	36.85	35.00	0	45,41	1266	19,73	1,31
-10488	19444	36.70	56.36	0	56,36	1198	17,79	1,25
-11012	16336	41.79	35.00	0	44,37	1154	18,58	1,35
-11196	20426	35.10	35.00	0	45,78	1306	20,14	1,30
-11433	20768	34.92	35.00	0	45,82	1310	20,19	1,30
-11480	20427	32.78	55.65	1325	55,65	1325	19,14	1,21
-11593	16890	32.86	54.10	1401	54,10	1401	19,80	1,19
-9047	18338	29.30	57.13	1364	57,13	1364	19,62	1,21
-9340	18612	31.76	35.00	0	46,49	1382	20,92	1,27
-9623	18341	31.56	57.01	1286	57,01	1286	18,88	1,23
-9909	18619	31.20	56.50	1323	56,50	1323	19,22	1,22
-10056	18472	30.19	35.00	0	46,82	1418	21,29	1,26
-11006	19503	32.22	35.00	0	46,39	1372	20,82	1,28
-11020	17472	35.57	54.00	1330	54,00	1330	19,04	1,20
-11039	17167	31.22	35.00	0	46,60	1394	21,05	1,27
-11344	19443	29.61	59.34	1257	59,34	1257	18,63	1,25
-11605	18590	31.24	35.00	0	46,60	1394	21,04	1,27
-11774	20132	29.24	35.00	0	47,02	1439	21,51	1,26
-11864	16300	37.29	35.00	0	45,32	1256	19,63	1,31
-11908	18868	31.58	35.00	0	46,53	1386	20,96	1,27
-12172	18585	29.30	35.00	0	47,01	1438	21,50	1,26
-12190	19145	30.98	35.00	0	46,66	1400	21,10	1,27
-12330	19290	30.63	35.00	0	46,73	1408	21,19	1,26
-12481	19420	33.67	35.00	0	46,09	1339	20,48	1,29
-12609	18724	30.46	56.10	1362	56,10	1362	19,60	1,21
-13482	19020	32.04	55.27	1309	55,27	1309	19,20	1,23
-9917	19167	31.13	35.00	0	46,62	1396	21,07	1,27
-9870	19426	100.00	35.00	0	32,06	-172	5,00	-2,44
-10073	19314	31.94	56.70	1241	56,70	1241	18,61	1,26
-10215	19737	37.34	59.21	1000	59,21	1000	16,14	1,36
-10637	19877	36.20	35.00	0	45,55	1281	19,89	1,30
-11022	15476	100.00	35.00	0	32,06	-172	5,00	-2,44
-11201	20144	32.96	35.00	0	46,24	1355	20,64	1,28
-11210	21261	39.53	35.00	0	44,85	1205	19,11	1,33
-11341	21408	44.49	35.00	0	43,80	1092	17,95	1,38
-9054	17204	30.79	56.02	1378	56,02	1378	19,66	1,20
-10207	19455	31.02	58.32	1235	58,32	1235	18,47	1,26
-10230	20890	39.46	35.00	0	44,86	1207	19,13	1,33
-10771	18888	34.78	35.00	0	45,85	1313	20,22	1,29
-10914	20720	38.66	35.00	0	45,03	1225	19,31	1,33
-10950	18779	32.48	35.00	0	46,34	1366	20,75	1,28
-11055	19166	31.32	58.96	1220	58,96	1220	18,25	1,26

-11629	21116	43.39	35.00	0	44,03	1117	18,21	1,37
-11975	21630	40.97	35.00	0	44,54	1172	18,77	1,35
-11981	21756	39.34	35.00	0	44,89	1209	19,15	1,33
-12330	19007	28.72	35.00	0	47,13	1451	21,63	1,25
-15034	18526	34.61	53.61	1350	53,61	1350	19,34	1,20
-15090	18745	36.84	35.00	0	45,42	1266	19,74	1,31
-10776	18600	33.55	55.20	0	55,20	1320	19,08	1,22
-11791	21150	35.45	35.00	0	45,71	1298	20,06	1,30
-13732	18424	34.64	35.00	0	45,88	1316	20,25	1,29
-14451	18840	36.40	52.63	0	52,63	1322	19,09	1,21
-9905	15996	34.40	35.00	0	45,93	1322	20,31	1,29
-10535	18335	33.20	55.21	0	55,21	1329	19,17	1,21
-11856	20898	34.52	35.00	0	45,91	1319	20,28	1,29
-13889	18854	32.95	54.50	0	54,50	1358	19,48	1,21
-14473	19445	37.16	52.58	0	52,58	1303	18,88	1,22
-11184	17610	37.23	35.00	0	45,33	1257	19,65	1,31
-11469	17886	32.02	35.00	0	46,44	1376	20,86	1,27
-12757	19148	30.91	55.43	1360	55,43	1360	19,62	1,21
-14175	18840	34.00	56.67	1225	56,67	1225	18,26	1,25
-12753	17691	36.68	35.00	0	45,45	1270	19,77	1,31
-12868	17622	36.67	35.00	0	45,45	1270	19,78	1,31
-13151	17887	36.66	35.00	0	45,45	1270	19,78	1,31
-9048	18061	31.37	35.00	0	46,57	1391	21,01	1,27
-9900	16626	32.64	55.34	1377	55,34	1377	19,51	1,19
-10139	16331	36.56	35.00	0	45,47	1273	19,80	1,31
-11277	17430	36.46	52.01	0	52,01	1340	19,27	1,21
-11919	19998	32.50	35.00	0	46,33	1365	20,75	1,28
-12549	17931	36.62	35.00	0	45,46	1271	19,79	1,31
-13036	18297	34.37	55.36	1266	55,36	1266	18,63	1,24
-13881	18273	36.94	53.70	0	53,70	1274	18,58	1,23
-11580	17727	34.22	35.00	0	45,97	1326	20,35	1,29
-14014	18419	37.59	35.00	0	45,26	1249	19,56	1,32
-8992	19490	46.22	35.00	0	43,43	1053	17,55	1,40
-10796	18729	31.28	35.00	0	46,59	1393	21,03	1,27
-12911	19017	31.33	54.44	1395	54,44	1395	19,92	1,20
-13035	19142	31.28	56.01	1344	56,01	1344	19,40	1,21
-13178	19282	29.30	55.77	1408	55,77	1408	20,07	1,20
-13574	18868	29.43	55.48	1414	55,48	1414	20,13	1,20
-13903	19133	29.81	56.70	1333	56,70	1333	19,43	1,23
-12326	18735	31.11	57.28	1301	57,28	1301	18,99	1,23
-12470	18871	29.89	57.02	1334	57,02	1334	19,38	1,22
-13316	18568	35.28	54.97	1242	54,97	1242	18,43	1,25
-8193	16076	27.00	35.00	0	47,50	1490	22,03	1,24
-8481	16342	27.81	52.71	1608	52,71	1608	21,87	1,14
-8758	16625	26.65	52.22	1646	52,22	1646	22,31	1,14
-9339	17199	30.81	56.68	1391	56,68	1391	19,64	1,19
-9622	17484	28.43	57.25	1412	57,25	1412	19,99	1,19
-10346	17912	30.15	35.00	0	46,83	1419	21,30	1,26
-10630	18176	31.75	35.00	0	46,49	1382	20,93	1,27
-11642	19459	36.08	53.89	0	53,89	1292	18,77	1,22
-14507	19205	34.07	35.00	0	46,00	1329	20,38	1,29
-14838	18438	39.13	35.00	0	44,93	1214	19,20	1,33
-14996	18026	45.71	35.00	0	43,54	1064	17,67	1,40
-15026	19399	34.26	35.00	0	45,96	1325	20,34	1,29

-10755	17465	31.96	54.15	0	54,15	1395	19,88	1,20
-14750	19418	33.07	55.94	1249	55,94	1249	18,62	1,25
-12181	17494	29.80	57.52	1324	57,52	1324	19,26	1,22
-8871	15982	37.92	49.50	0	49,50	1378	19,66	1,20
-10470	16661	27.71	35.00	0	47,35	1474	21,87	1,25
-10491	18874	31.20	35.00	0	46,61	1395	21,05	1,27
-11302	17744	30.49	56.19	1370	56,19	1370	19,63	1,20
-11719	18765	29.68	35.00	0	46,93	1429	21,41	1,26
-11910	19721	32.38	54.81	0	54,81	1364	19,54	1,20
-12905	19210	29.95	35.00	0	46,87	1423	21,35	1,26
-8996	18503	33.67	35.00	0	46,09	1339	20,48	1,29
-10193	16174	32.77	55.03	1295	55,03	1295	19,06	1,24
-10616	17610	31.83	35.00	0	46,48	1380	20,91	1,27
-10632	18456	27.53	58.51	1380	58,51	1380	19,74	1,20
-10733	16923	32.08	35.00	0	46,42	1375	20,85	1,27
-10898	16761	35.82	53.34	1286	53,34	1286	18,85	1,23
-10955	17838	31.40	54.01	1423	54,01	1423	20,13	1,19
-11318	18314	30.35	35.00	0	46,79	1414	21,25	1,26
-11468	18453	24.78	35.00	0	47,97	1541	22,55	1,23
-11888	18309	33.08	35.00	0	46,21	1352	20,61	1,28
-12030	17322	33.63	54.98	1286	54,98	1286	18,90	1,24
-8864	18123	31.26	53.99	1451	53,99	1451	20,32	1,18
-9212	19038	36.15	55.45	1245	55,45	1245	18,27	1,23
-9891	15491	29.29	51.76	1576	51,76	1576	21,62	1,15
-9908	17760	30.12	35.00	0	46,84	1419	21,31	1,26
-11213	21019	36.28	55.01	1225	55,01	1225	18,19	1,25
-12453	18297	31.64	57.59	1287	57,59	1287	18,79	1,23
-12756	17432	34.90	55.54	1254	55,54	1254	18,47	1,24
-12954	17767	35.48	53.79	1332	53,79	1332	19,10	1,21
-13317	17971	36.96	55.81	1187	55,81	1187	17,77	1,26
-8530	15782	24.26	51.63	1750	51,63	1750	23,31	1,12
-8774	15503	25.31	51.86	1685	51,86	1685	22,76	1,14
-9635	18051	35.76	35.00	0	45,64	1291	19,99	1,30
-9782	19033	33.71	57.46	1255	57,46	1255	18,36	1,23
-10163	16058	32.91	52.11	1486	52,11	1486	20,57	1,16
-10448	16342	32.02	55.46	1435	55,46	1435	19,91	1,17
-11024	16900	32.22	56.41	1321	56,41	1321	19,09	1,21
-11606	17465	27.87	56.96	1406	56,96	1406	20,07	1,20
-11896	17736	30.70	53.48	1491	53,48	1491	20,69	1,17
-12317	17371	32.86	55.16	1347	55,16	1347	19,33	1,21
-8208	17794	31.46	35.00	0	46,55	1389	20,99	1,27
-9302	15497	27.31	49.14	1822	49,14	1822	23,69	1,09
-9302	16071	27.91	53.70	1536	53,70	1536	21,29	1,17
-9493	18755	28.02	55.53	1518	55,53	1518	20,91	1,16
-9608	15773	29.85	52.43	1526	52,43	1526	21,16	1,17
-9615	16346	33.55	56.68	1231	56,68	1231	18,35	1,25
-10183	16901	30.09	56.71	1357	56,71	1357	19,53	1,21
-10479	17185	38.83	35.00	0	44,99	1221	19,27	1,33
-10586	18987	33.31	35.00	0	46,16	1347	20,56	1,28
-10708	19803	35.61	35.00	0	45,68	1294	20,02	1,30
-13641	18321	35.51	57.20	1199	57,20	1199	17,83	1,25
-7173	18813	100.00	35.00	0	32,06	-172	5,00	-2,44
-7621	17227	37.90	35.00	0	45,19	1242	19,49	1,32
-8483	18070	33.00	35.00	0	46,23	1354	20,63	1,28

-10454	16914	33.67	35.00	0	46,09	1339	20,48	1,29
-10589	16486	34.54	53.06	1341	53,06	1341	19,38	1,21
-10733	17756	31.32	56.55	1323	56,55	1323	19,19	1,22
-10817	23603	100.00	35.00	0	32,06	-172	5,00	-2,44
-11057	20843	37.83	35.00	0	45,21	1244	19,51	1,32
-11104	21126	35.12	35.00	0	45,78	1306	20,14	1,30
-11337	20569	36.08	53.54	1295	53,54	1295	18,84	1,22
-11345	21135	38.21	35.00	0	45,13	1235	19,42	1,32
-8759	16921	31.64	54.60	1427	54,60	1427	20,04	1,18
-9050	16633	29.72	55.79	1399	55,79	1399	19,96	1,20
-9335	17488	32.28	55.38	1368	55,38	1368	19,50	1,20
-9633	17769	29.98	54.76	1430	54,76	1430	20,25	1,19
-9798	16599	31.56	55.68	1354	55,68	1354	19,47	1,21
-10770	18332	31.68	57.48	1285	57,48	1285	18,79	1,23
-11032	18035	31.88	35.00	0	46,46	1379	20,89	1,27
-11202	19019	27.44	56.05	1513	56,05	1513	20,88	1,16
-11597	18032	30.86	56.51	1344	56,51	1344	19,38	1,21
-12173	18009	33.29	55.93	1288	55,93	1288	18,82	1,23
-12460	17729	35.55	35.00	0	45,69	1296	20,04	1,30
-12748	18012	35.03	35.00	0	45,80	1308	20,16	1,30
-10354	20156	31.46	35.00	0	46,55	1389	20,99	1,27
-10474	18056	29.23	56.76	1375	56,76	1375	19,74	1,21
-10509	20568	36.42	35.00	0	45,50	1276	19,84	1,31
-11069	18621	28.32	35.00	0	47,22	1460	21,73	1,25
-11197	19311	31.66	35.00	0	46,51	1384	20,95	1,27
-11628	19169	31.72	58.20	1221	58,20	1221	18,31	1,26
-7168	16535	33.46	48.65	0	48,65	1525	21,23	1,17
-10793	20285	40.98	35.00	0	44,54	1172	18,77	1,35
-11061	20011	29.63	58.31	0	58,31	1329	19,20	1,21
-12160	16633	41.41	49.07	0	49,07	1297	18,79	1,22
-12447	19182	29.28	54.46	0	54,46	1458	20,55	1,18
-14740	19128	34.47	54.76	0	54,76	1308	18,95	1,22
-12177	18302	31.85	56.90	0	56,90	1313	19,02	1,22
-12751	19429	29.97	55.92	0	55,92	1394	19,88	1,20
-14162	18556	38.04	51.49	0	51,49	1313	18,98	1,22
-15298	18547	42.18	50.80	0	50,80	1222	18,01	1,24
-11042	17748	27.43	55.38	0	55,38	1480	20,79	1,18
-11615	18308	30.10	55.16	0	55,16	1414	20,09	1,19
-11892	19156	28.91	58.83	0	58,83	1333	19,24	1,21
-10348	19023	31.05	35.00	0	46,64	1398	21,09	1,27
-11358	20851	42.62	35.00	0	44,19	1135	18,39	1,36
-11608	16043	34.74	35.00	0	45,86	1314	20,23	1,29
-11773	21397	33.49	35.00	0	46,12	1343	20,52	1,28
-11836	21479	35.59	35.00	0	45,68	1295	20,03	1,30
-11887	21710	36.97	35.00	0	45,39	1263	19,71	1,31
-11626	21682	43.99	35.00	0	43,90	1104	18,07	1,38
-12183	18865	35.78	51.96	0	51,96	1360	19,48	1,20
-12458	18584	34.34	53.10	0	53,10	1363	19,53	1,20
-7747	14757	43.08	45.37	0	45,37	1366	19,51	1,20
-10195	18037	30.90	55.94	0	55,94	1369	19,60	1,20
-11065	18880	28.72	56.57	0	56,57	1408	20,03	1,20
-13104	16930	41.10	49.79	0	49,79	1283	18,65	1,22
-9889	16347	28.66	56.54	1397	56,54	1397	19,98	1,20
-10180	16634	33.57	35.00	0	46,11	1341	20,50	1,29

-10722	17187	27.48	56.74	1424	56,74	1424	20,26	1,20
-11555	18848	27.92	35.00	0	47,30	1470	21,82	1,25
-11837	20943	34.35	35.00	0	45,94	1323	20,32	1,29
-11630	19384	30.15	55.98	0	55,98	1388	19,81	1,20
-13891	17377	45.45	50.54	0	50,54	1142	17,15	1,26
-13897	19416	28.81	56.78	0	56,78	1399	19,93	1,20
-14984	19191	38.66	35.00	0	45,03	1225	19,31	1,33
-15874	19163	42.53	35.00	0	44,21	1137	18,41	1,36
-15955	18654	32.95	35.00	0	46,24	1355	20,64	1,28
-11537	21680	44.35	35.00	0	43,83	1095	17,98	1,38
-11989	17012	35.47	35.00	0	45,71	1298	20,06	1,30
-13320	18847	31.86	55.16	0	55,16	1367	19,58	1,20
-13452	18405	31.83	35.00	0	46,48	1380	20,91	1,27
-14446	17718	44.09	48.89	0	48,89	1230	18,08	1,24
-13696	19228	32.07	35.00	0	46,42	1375	20,85	1,27
-14430	18323	41.56	52.04	0	52,04	1201	17,79	1,25
-15014	18271	42.01	52.04	0	52,04	1188	17,66	1,25
-15025	18858	37.69	53.52	0	53,52	1260	18,42	1,23
-11340	19155	29.94	58.56	0	58,56	1313	19,03	1,22
-11889	17457	34.26	51.86	0	51,86	1404	19,95	1,19
-12187	17735	36.68	55.36	0	55,36	1230	18,12	1,24
-12452	17448	36.33	53.57	0	53,57	1295	18,80	1,22
-12746	18300	36.42	52.78	0	52,78	1317	19,03	1,21
-13030	18005	31.17	57.01	0	57,01	1328	19,18	1,21
-13034	18569	33.34	55.06	0	55,06	1330	19,18	1,21
-10762	18035	26.83	58.12	0	58,12	1411	20,07	1,20
-11334	18588	34.92	54.69	0	54,69	1298	18,85	1,22
-11220	19584	30.22	56.17	0	56,17	1380	19,72	1,20
-8501	19202	39.30	53.16	1229	53,16	1229	18,09	1,24
-8515	19766	39.78	52.36	1238	52,36	1238	18,19	1,24
-8998	20510	46.15	35.00	0	43,45	1054	17,56	1,40
-9067	19182	38.51	54.03	1227	54,03	1227	18,05	1,24
-9943	20605	39.14	51.22	1337	51,22	1337	19,02	1,20
-10225	20279	37.16	58.34	1071	58,34	1071	16,71	1,31
-12890	15945	41.75	42.73	1544	42,73	1544	21,10	1,15
-14572	16425	35.84	49.22	1483	49,22	1483	20,58	1,17
-7596	20470	100.00	35.00	0	32,06	-172	5,00	-2,44
-7998	20510	100.00	35.00	0	32,06	-172	5,00	-2,44
-8003	19505	100.00	35.00	0	32,06	-172	5,00	-2,44
-8163	15514	30.44	49.15	1673	49,15	1673	22,41	1,13
-9658	20859	38.53	54.75	1306	54,75	1306	18,41	1,18
-7781	16241	31.83	52.30	1615	52,30	1615	21,44	1,12
-7855	14673	32.30	46.71	1745	46,71	1745	22,93	1,10
-8186	16630	33.14	52.34	1437	52,34	1437	20,22	1,18
-9044	16923	35.89	53.46	1303	53,46	1303	18,92	1,22
-10552	20020	37.32	35.00	0	45,31	1255	19,62	1,31
-11260	18521	29.38	56.88	1341	56,88	1341	19,51	1,22
-12616	19283	32.20	35.00	0	46,40	1372	20,82	1,28
-6586	15987	31.95	51.03	1585	51,03	1585	21,43	1,14
-7634	17787	36.08	53.33	1351	53,33	1351	19,20	1,19
-7902	16914	31.45	50.52	1566	50,52	1566	21,46	1,15
-7926	18078	39.02	50.08	1319	50,08	1319	19,09	1,22
-8189	16917	35.40	52.10	1403	52,10	1403	19,76	1,18
-8207	18354	39.07	48.91	1362	48,91	1362	19,50	1,20

-8500	18636	41.07	53.29	1139	53,29	1139	17,31	1,28
-8805	19484	40.36	54.58	1183	54,58	1183	17,48	1,24
-9327	19464	36.27	58.20	1159	58,20	1159	17,35	1,26
-9646	19742	37.03	59.48	1073	59,48	1073	16,57	1,30
-9926	20059	36.10	58.01	1139	58,01	1139	17,29	1,28
-10834	20884	37.96	35.00	0	45,18	1241	19,48	1,32
-11484	21967	40.75	35.00	0	44,59	1177	18,82	1,34
-8792	20004	36.14	59.17	1054	59,17	1054	16,62	1,33
-9081	19768	41.78	57.10	1027	57,10	1027	16,02	1,31
-9218	20459	44.07	53.59	1070	53,59	1070	16,47	1,29
-9309	20042	35.62	60.91	1066	60,91	1066	16,51	1,30
-9654	20292	36.59	56.13	1229	56,13	1229	18,02	1,23
-10161	14635	35.89	49.53	1447	49,53	1447	20,32	1,18
-10744	15221	34.01	47.70	1641	47,70	1641	21,96	1,12
-10828	21414	35.26	35.00	0	45,75	1302	20,11	1,30
-11062	21693	41.58	35.00	0	44,41	1158	18,63	1,35
-11308	15760	37.90	48.06	1514	48,06	1514	20,66	1,15
-12418	16317	35.81	45.86	1636	45,86	1636	21,96	1,13
-12898	16949	36.08	51.39	1338	51,39	1338	19,40	1,22
-13863	17723	32.51	51.90	1401	51,90	1401	20,16	1,21
-13989	16987	36.43	48.80	1529	48,80	1529	20,84	1,15
-13449	18722	28.16	53.82	1461	53,82	1461	20,80	1,20
-14539	18618	33.63	52.40	0	52,40	1404	19,96	1,19
-14088	19257	32.84	53.39	1356	53,39	1356	19,64	1,22
-9019	20325	45.34	56.09	961	56,09	961	15,32	1,34
-9359	20597	36.74	55.84	1226	55,84	1226	18,02	1,24
-10202	21447	39.01	52.74	1250	52,74	1250	18,31	1,23
-10780	21997	36.91	54.75	1236	54,75	1236	18,21	1,24
-11109	19693	29.96	57.68	0	57,68	1340	19,31	1,21
-11218	19871	29.51	51.66	1615	51,66	1615	21,83	1,14
-14300	18700	34.13	52.01	1270	52,01	1270	19,17	1,27
-11820	20155	33.34	52.12	1424	52,12	1424	20,15	1,19
-14315	19290	33.06	52.29	0	52,29	1423	20,16	1,19
-14321	19317	27.27	52.98	0	52,98	1559	21,61	1,17
-12042	19016	30.16	56.51	0	56,51	1371	19,63	1,20
-14369	19020	33.01	52.29	0	52,29	1425	20,18	1,19
-9022	15219	30.29	50.50	1605	50,50	1605	21,84	1,14
-11444	19303	33.07	54.47	0	54,47	1355	19,45	1,21
-11720	18999	30.08	57.85	0	57,85	1332	19,22	1,21
-12634	17208	35.38	53.11	1342	53,11	1342	19,27	1,21
-13731	18731	30.52	53.25	0	53,25	1462	20,58	1,18
-14025	18713	33.10	52.93	1274	52,93	1274	19,19	1,27
-13176	18710	28.66	54.17	0	54,17	1484	20,82	1,18
-14050	19285	30.55	53.68	0	53,68	1448	20,44	1,19
-14179	19412	29.21	57.47	1319	57,47	1319	19,32	1,23
-16056	18737	40.61	49.63	0	49,63	1301	18,84	1,22
-16317	17897	38.28	52.38	0	52,38	1279	18,62	1,22
-12046	20142	30.40	55.83	0	55,83	1386	19,78	1,20
-12052	19574	28.80	35.00	0	47,12	1449	21,61	1,25
-12061	19856	30.96	35.00	0	46,66	1400	21,11	1,27
-13168	19566	31.95	35.00	0	46,45	1378	20,88	1,27
-13192	19842	30.42	35.00	0	46,77	1413	21,24	1,26
-13335	19696	28.79	35.00	0	47,12	1450	21,62	1,25
-13342	19989	28.01	35.00	0	47,28	1467	21,80	1,25

-13484	19569	29.25	35.00	0	47,02	1439	21,51	1,26
-13482	19838	33.24	35.00	0	46,18	1348	20,58	1,28
-13506	20008	27.90	35.00	0	47,31	1470	21,82	1,25
-13740	20114	30.99	35.00	0	46,65	1400	21,10	1,27
-13893	19692	29.75	57.18	1301	57,18	1301	19,18	1,24
-13996	20003	30.27	35.00	0	46,81	1416	21,27	1,26