

*«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ  
ΝΟΜΟ ΑΡΚΑΔΙΑΣ»*

**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕ-  
ΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΡΚΑΔΙΑΣ**

**ΠΑΠΠΑ ΟΛΓΑ**



Υπεύθυνη Πτυχιακής Εργασίας  
Δρ. ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΧΑΝΙΑ 2006

---

*«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ  
ΝΟΜΟ ΑΡΚΑΔΙΑΣ»*

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ ΝΟ-  
ΜΟ ΑΡΚΑΔΙΑΣ

ΠΑΠΠΑ ΟΛΓΑ  
Υπεύθυνη Πτυχιακής Εργασίας  
Δρ. ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΕΛΕΝΗ

### **Ευχαριστίες**

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη προσπάθεια. Θερμές ευχαριστίες οφείλω στο προσωπικό του εργαστηρίου γεωφυσικής και σεισμολογίας και ιδιαίτερα στον διευθυντή του Δρ. Βαλλιανάτο Φ., για την υποστήριξη που μου προσέφερε στη διάρκεια της προσπάθειας μου. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την βοήθεια που μου προσέφεραν, στην συγγραφή και ολοκλήρωση της πτυχιακής μου, την Δρ. Κόκκινου Ελένη και τον αρραβωνιαστικό μου Θεόδωρο. Ολοκληρώνοντας ευχαριστώ την εξεταστική επιτροπή για τον χρόνο που μου διέθεσε.

### **Περίληψη**

Σε αυτή την πτυχιακή συναντούμε πληροφορίες που αφορούν το λιγνιτικό πεδίο στην περιοχή της Μεγαλόπολης καθώς και την χρήση του λιγνίτη ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας από το εργοστάσιο της ΔΕΗ.

Στην πρώτη ενότητα θα αναφερθούμε σε γενικές πληροφορίες που αφορούν την ΔΕΗ, την δημιουργία του λιγνίτη καθώς και για τα κοιτάσματα του λιγνίτη στον Ελλαδικό χώρο και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκύπτουν από την χρήση του.

Στις επόμενες ενότητες θα αναφερθούμε πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Μεγαλόπολης. Θα παρουσιαστούν γεωλογικά, τεκτονικά, σεισμολογικά, ραδιομετρικά και γεωφυσικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης. Αναπτύσσεται διεξοδικά ο τρόπος δημιουργίας της λεκάνης Μεγαλόπολης, και του λιγνίτη της Μεγαλόπολης και των γύρω περιοχών καθώς και η σπουδαιότητα αυτού ως ενεργειακό καύσιμο.

### **Abstract**

In the framework of the present study information concerned the lignite field of Megalopolis in Peloponnesus as well the use of lignite for electricity production was collected and evaluated.

In the first chapter are presented the framework of the Public Electricity Corporation, the lignite occurrence and the lignite fields in Greece, as well the environmental problems due to the lignite use.

In the next chapters are discussed the geologic, tectonic and seismologic status of the wide area of Megalopolis and presented results from radiometric and geophysical studies in the study area.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Η ΔΕΗ, Ο ΛΙΓΝΙΤΗΣ ΚΑΙ ΤΑ ΛΙΓΝΙΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ .....</b>	<b>6</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΕΗ.....	6
1.3 ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΈΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΛΙΓΝΙΤΗ .....	9
1.4 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΛΙΓΝΙΤΗ.....	12
1.5 ΛΙΓΝΙΤΟΓΕΝΕΣΗ.....	14
1.6 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΛΙΓΝΙΤΗ.....	15
1.6.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ-ΔΕΗ .....	15
1.6.2 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ .....	16
1.6.3 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΣΕ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ.....	17
1.7 ΛΙΓΝΙΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ .....	20
1.8 Ο ΛΙΓΝΙΤΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟ .....</b>	<b>23</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	23
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ .....	24
2.3 ΤΟ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΒΥΘΙΣΜΑ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	27
2.4 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ 29	
2.5 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ 31	
2.6 ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ .....	33
2.6.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ, ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ .....	35
2.7 ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΛΙΓΝΙΤΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	38
2.8 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΜΑΡΑΘΟΥΣΑΣ .....	39
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....</b>	<b>40</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	40
3.2 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ.....	40
3.3 ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ.....	40
3.3.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ .....	43
3.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	46

3.4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΟΥ ΔΙΕΞΗΧΘΕΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	50
3.5	ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΚΛΥΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΧΩΡΕΜΙΟΥ.....	52
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ .....</b>	<b>55</b>
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	55
4.2	ΓΕΩΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	55
4.2.1	ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	56
4.2.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ.....	56
4.3	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΒΑΡΥΤΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΠΟΥ ΔΙΕΞΗΧΘΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	59
4.3.1	ΛΗΨΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ.....	60
4.3.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ BOUGUER.....	61
4.4	ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	66
4.4.1	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	66
4.4.2	ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	68
4.4.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	69
4.4.4	Η ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΑ ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	71
	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ.....	74
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>76</b>
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	76
5.2	ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ.....	76
5.3	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	77
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>78</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Η ΔΕΗ, Ο ΛΙΓΝΙΤΗΣ ΚΑΙ ΤΑ ΛΙΓΝΙΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

### 1.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται πληροφορίες για την ΔΕΗ και τα κέντρα έρευνας και τεχνολογίας λιγνίτη ο οποίος χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας. Αναφέρονται πληροφορίες για τον λιγνίτη, την δημιουργία του καθώς και την αξιοποίησή του. Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά κοιτάσματα λιγνίτη, για τα οποία θα γίνει περιληπτική αναφορά.

### 1.2 Γενικές πληροφορίες για την ΔΕΗ

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), ιδρύθηκε το 1950 {Ν. 1468/50 φύλλο εφημερίδας της κυβέρνησης Τ.Α' 169/7-8-50} με σκοπό τον εξηλεκτρισμό της Ελλάδας. Τότε η χώρα βρισκόταν σε υποτυπώδη κατάσταση από πλευράς παραγωγής και χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτροπαραγωγής ανερχόταν στα 220 MW και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 540 GWH ετησίως. Το 85% της ισχύος ήταν συγκεντρωμένο στην πρωτεύουσα, την Αθήνα. Η ίδρυση της ΔΕΗ άλλαξε ριζικά το «ηλεκτρικό τοπίο». Έχοντας το προνόμιο της παραγωγής, μεταφοράς, διανομής και διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας, κατάφερε στα χρόνια της επιχειρηματικής της ζωής μέχρι σήμερα να προωθήσει τον εξηλεκτρισμό σε ολόκληρη τη χώρα και συγχρόνως να γίνει ο κύριος μοχλός ανάπτυξης της Εθνικής οικονομίας (Ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ).

Έτσι, το έτος 1994, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτροπαραγωγής ανέρχεται στα 9208 MW, οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας σε 5948000 πελάτες, η κατανάλωση έφτασε 37000 GWH ετησίως, οι γραμμές μεταφοράς (400KV, 150KV, 66KV) φτάνουν τα 158000 Km και το κυριότερο, ο βαθμός εξηλεκτρισμού των κατοίκων έφτασε στα 99.85%.

Η ΔΕΗ αξιοποίησε επίσης τα λιγνιτικά κοιτάσματα της χώρας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σ' αυτήν ανήκουν τα δύο πιο σημαντικά λιγνιτικά κέντρα της Ελλάδας, της Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου στη Μακεδονία και της Μεγαλόπολης στην Πελοπόννησο, με μια μέση ετήσια παραγωγή λιγνίτη 53 εκατομ. τόνων περίπου.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά το 1994 καλύφθηκε κατά 73% από τον λιγνίτη, κατά 18,4% από το πετρέλαιο και κατά 7.5% από το νερό.

Με τα έργα της η ΔΕΗ κατάφερε:

-Να προωθήσει ουσιαστικά τη βιομηχανική ανάπτυξη της χώρας δημιουργώντας τις προϋποθέσεις εκείνες που απαιτούνται για την ίδρυση και λειτουργία ηλεκτροβόρων βιομηχανιών, με τις οποίες αξιοποιήθηκε ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδας (νικέλιο, αλουμίνιο, κλπ.), βιομηχανιών παραγωγής πρώτων υλών για άλλες βιομηχανίες, όπως είναι ο χάλυβας, τα χημικά και το τσιμέντο, καθώς και την ανάπτυξη βιομηχανικών κλάδων, που σχετίζονται με τις διάφορες χρήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας.

-Να αξιοποιήσει πολλαπλά το υδάτινο δυναμικό της Ελλάδας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για άρδευση εκτεταμένων περιοχών της χώρας, για ύδρευση πόλεων και κοινοτή-

των. Στις λίμνες των φραγμάτων και στα λοιπά έργα των υδροηλεκτρικών σταθμών αναπτύσσονται ποικίλες δραστηριότητες, όπως ιχθυοκαλλιέργεια, αλιεία, τουρισμός, υδροβιότοποι, χώροι αναψυχής κλπ.

-Σε πρώτο πειραματικό στάδιο, να χρησιμοποιεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που άφθονα προσφέρει η Ελλάδα (αιολική, ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια). Έχουν εγκατασταθεί στα νησιά της Ελλάδας αιολικά πάρκα, ηλιακές μονάδες και γεωθερμικές μονάδες συνολικής ισχύος 9.5 MW, ενώ προβλέπεται η συνολική τους ισχύς, μέχρι το 2000, να ξεπεράσει τα 200 MW.

-Να σεβαστεί και να προστατεύσει αποτελεσματικά το περιβάλλον, με την τοποθέτηση φίλτρων προηγμένης τεχνολογίας, με απόδοση 99.9% στους θερμοηλεκτρικούς Σταθμούς Παραγωγής, με την αποκατάσταση των εδαφών εξόρυξης λιγνίτη και με την απόδοσή τους στη συνέχεια στους αγρότες για εκμετάλλευση (ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ).

Η μέχρι σήμερα πορεία της ΔΕΗ ήταν υποχρεωτικά προσανατολισμένη στη διάδοση του ηλεκτρισμού σε ολόκληρη τη χώρα και στην ικανοποίηση των αναγκών του Έλληνα καταναλωτή σε ηλεκτρική ενέργεια και ισχύ (πίνακας 1.1). Η περίοδος του εξηλεκτρισμού έχει πλέον ολοκληρωθεί. Μια νέα περίοδος αρχίζει τώρα. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι η ένταξη της ΔΕΗ μέσα στο ανταγωνιστικό πεδίο της Ευρώπης.

**Πίνακας 1.1:** Η ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας το 1994 ήταν 34.9 TWH ( ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ).

Κατανομή ζήτησης Η.Ε.	TWH	%
Οικιακοί καταναλωτές	10.9	33.5
Εμπορικοί	6.4	19.6
Βιομηχανικοί	11.7	35.7
Αγροτικοί	2.1	6.4
Λοιποί	1.6	4.8

Η παραγωγή πρέπει κάθε στιγμή να είναι ίση με την κατανάλωση, αυξημένη κατά τις απώλειες και κατά την κατανάλωση των εσωτερικών υπηρεσιών του συστήματος.

Η ζήτηση ηλεκτρισμού (φορτίο) που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια μιας εργάσιμης μέρας έχει τη μορφή της καμπύλης του διαγράμματος (πίνακας 1.2).

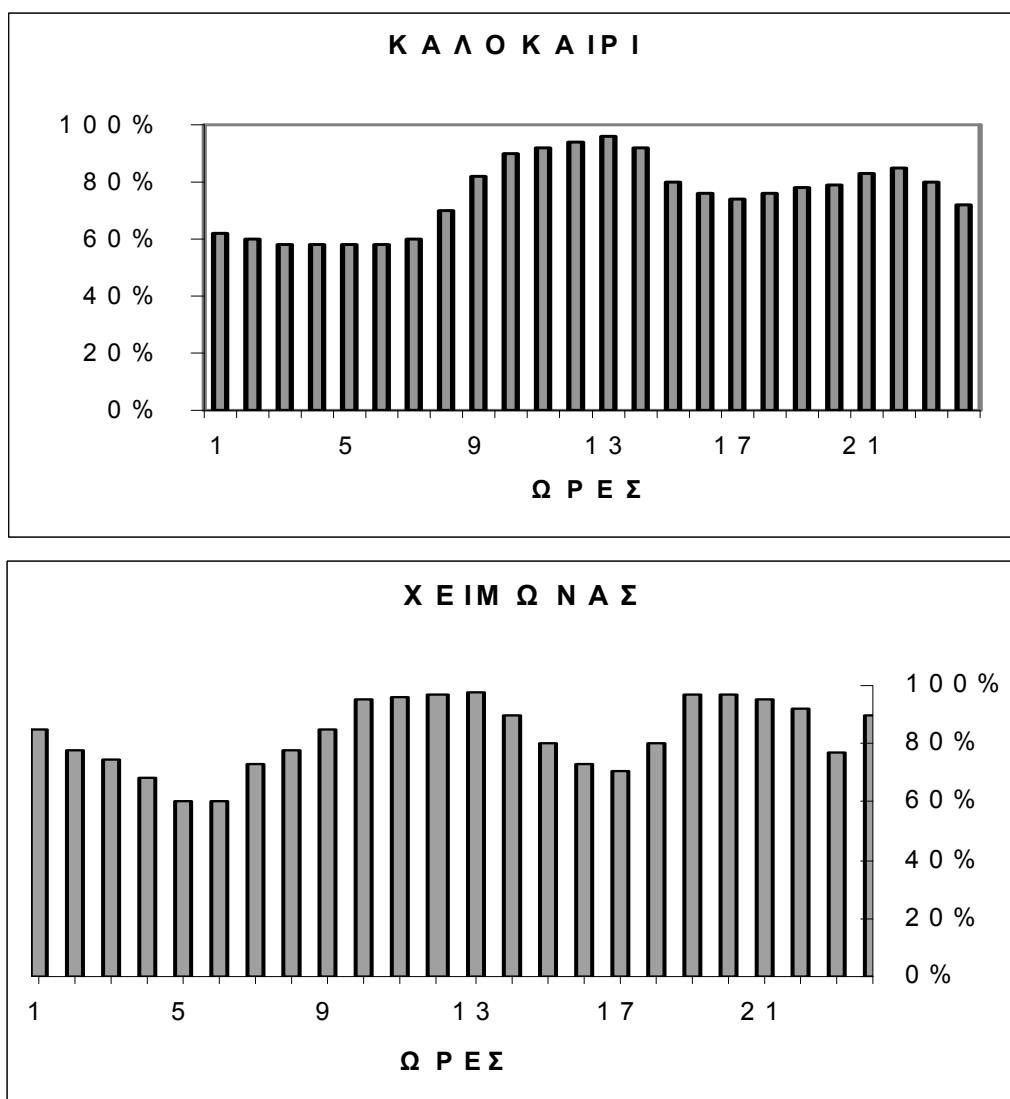
Η μορφή της καμπύλης φορτίου και η μορφή της ζήτησης που αντιπροσωπεύει, παρουσιάζει γενικώς σταθερότητα (ως προς τη μορφή), καθ' όσον οφείλεται σε φυσικά φαινόμενα και σε κοινωνικές και παραγωγικές δομές που μεταβάλλονται με πολύ αργό ρυθμό.

Μακροχρόνια η μορφή της καμπύλης μπορεί να αλλάζει σύμφωνα με τα φυσικά φαινόμενα, αλλαγές στην οργάνωση της κοινωνικής ζωής, στην οργάνωση και τη διάρθρωση της εθνικής παραγωγής.

Μεταβολές στη μορφή της καμπύλης φορτίου μπορούν να επέρχονται και από μεταβολές της τιμολογιακής πολιτικής.

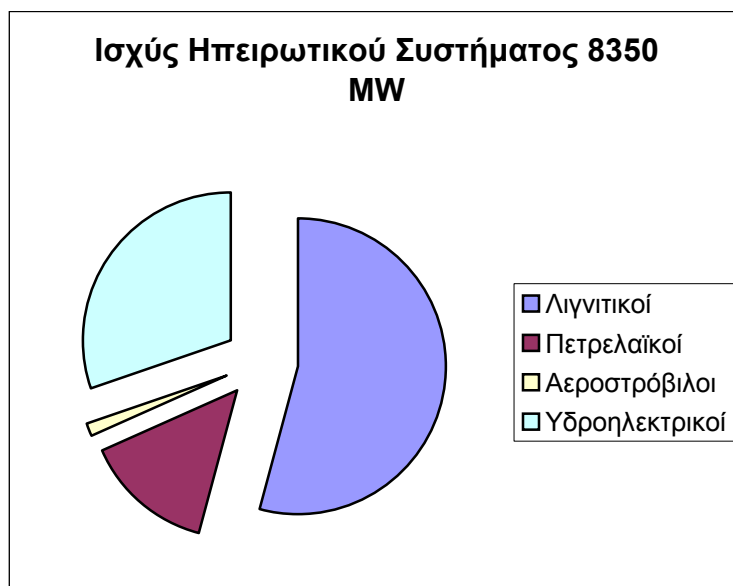
Επίσης, μεταβολές συμβαίνουν ανάλογα με τις εποχές του έτους και τις ημέρες της εβδομάδας. Η καμπύλη που παρουσιάζεται στον πίνακα 1.2 είναι απλώς για μια τυπική ημέρα.

**Πίνακας 1.2:** Τυπική ημερήσια ζήτηση (1994), (Ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ).



Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του ηπειρωτικού συστήματος σήμερα ανέρχεται σε 8350 MW (σχήμα 1.1).





Σχήμα 1.1: Ισχύς ηπειρωτικού συστήματος.

Η ανάλυση της εγκατεστημένης ισχύος ανά τύπο παραγωγής είναι:

Λιγνιτικοί Σταθμοί	4533 MW
Πετρελαϊκοί Σταθμοί	1180 MW
Αεροστρόβιλοι	114 MW
Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	2523 MW

### 1.3 Το Κέντρο Έρευνας Και Τεχνολογίας Λιγνίτη

Η πρώτη εκμετάλλευση λιγνίτη στην Ελλάδα σε μεγάλη κλίμακα και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας άρχισε στο Αλιβέρι το 1952. Η εκμετάλλευση στο Αλιβέρι γινόταν υπόγεια και το κοιτάσμα εξαντλήθηκε το 1980 (Από ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ).

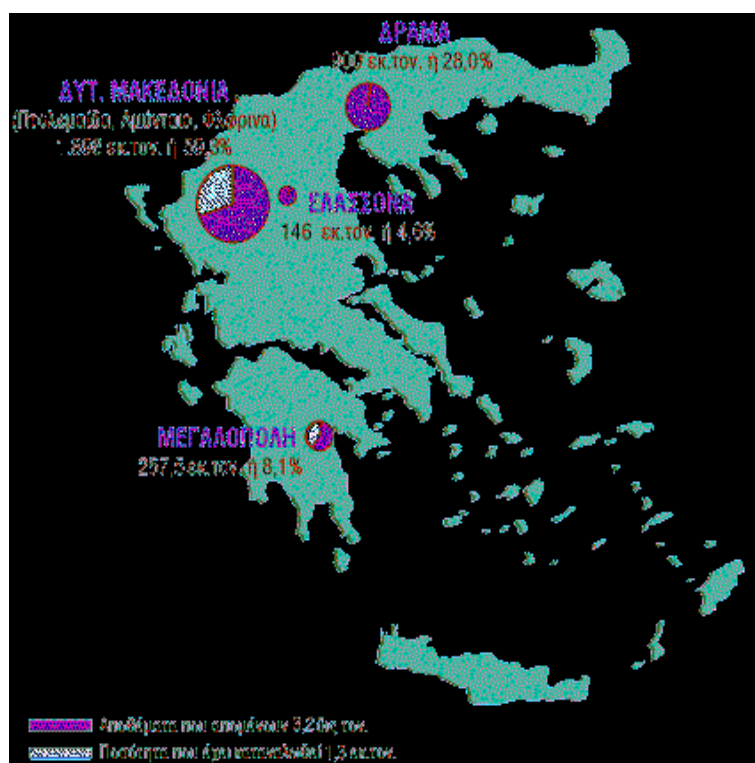
Το 1955 άρχισε η εκμετάλλευση του λιγνιτικού κοιτάσματος στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας με επιφανειακή εξόρυξη και σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα. Η εκμετάλλευση ξεκίνησε από μία ιδιωτική επιχείρηση, τη Λ Ι Π Τ Ο Λ . Το 1959 περιήλθαν κατά 90% οι μετοχές της ΛΙΠΤΟΛ στη ΔΕΗ. Το 1975 ρυθμίστηκε νομοθετικά η συγχώνευση της ΛΙΠΤΟΛ στη ΔΕΗ. Το 1970 ξεκίνησε η διάνοιξη ενός νέου λιγνιτωρυχείου στη Μεγαλόπολη και η δημιουργία του ατμοηλεκτρικού σταθμού Μεγαλόπολης (σχήμα 1.2) και το 1984 η λειτουργία του πρώτου Ορυχείου της λεκάνης του Αμυνταίου.



Σχήμα 1.2: Ατμοηλεκτρικός σταθμός Μεγαλόπολης.

Από την αρχή της εκμετάλλευσης των λιγνιτών στην Ελλάδα έχουν παραχθεί περίπου 750 εκατ. τόνοι λιγνίτη και έχουν εξορυχτεί συνολικά 2.5 δις κυβικά μέτρα άγονων υλικών και λιγνίτη.

Μέχρι σήμερα έχει εξορυχτεί μόλις το 18% του λιγνίτη της χώρας (σχήμα 1.3).

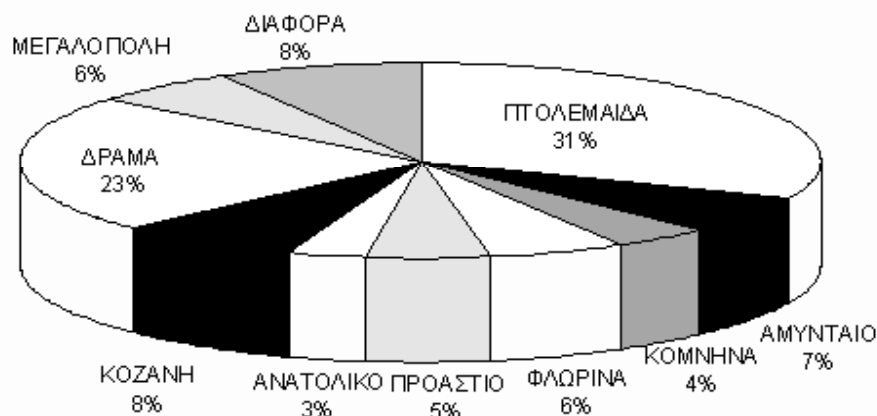


Σχήμα 1.3: Ορυχεία που βρίσκονται στον ελλαδικό χώρο.

Η συνεχής έρευνα και αξιοποίηση των λιγνιτικών κοιτασμάτων έδωσε μια αυξανόμενη εξέλιξη στην ποσότητα των βεβαιωμένων αποθεμάτων λιγνίτη (Πίνακας 1.3, Σχήμα 1.4).

**Πίνακας 1.3:** Η εξέλιξη στην ελληνική παραγωγή λιγνίτη.

1896	14000
1914	20000
1930	129600
1950	163000
1975	18000000
1991	50600000
1997	60000000



**Σχήμα 1.4:** Η κατανομή του λιγνίτη στον ελλαδικό χώρο.

Επιπλέον σημαντική είναι η ποσότητα των αποθεμάτων τύρφης στους Φιλίππους τις Ανατολικής Μακεδονίας (4.3 δις τόνους) που ισοδυναμούν θερμιδικά με 1.7 δις τόνους λιγνίτη τύπου Πτολεμαΐδας.

Το κέντρο έρευνας και τεχνολογίας λιγνίτη αποτελεί τμήμα της επιχείρησης της ΔΕΗ το οποίο είναι υπεύθυνο για:

1. Τη λειτουργία και εκμετάλλευση των Εργαστηρίων του Κέντρου για την εκτέλεση δοκιμών και συναφών εφαρμοσμένων ερευνών σχετικών με τα στερεά καύσιμα και τα συμπαραγόμενα υλικά.
2. Την οργάνωση και τη βελτίωση των μεθόδων γεωλογικής, κοιτασματολογικής και ορυκτολογικής έρευνας των κοιτασμάτων ορυκτών ανθράκων.
3. Τη δημιουργία και τήρηση λεπτομερών γεωλογικών αρχείων και την ανάπτυξη και τελειοποίηση γεωλογικών μοντέλων των κοιτασμάτων και των υπερκείμενων ενστρώσεων, τον προσδιορισμό ποιοτήτων λιγνίτη και την ταυτοποίηση των κοιτασμάτων.
4. Τη συστηματική έρευνα των υπερκείμενων υλικών και των ενδιάμεσων ενστρώσεων και κοιτασμάτων για τον ακριβή προσδιορισμό της ποιότητας και ποσότητας των διαφόρων συστατικών, καθώς και τις έρευνες για την ανάπτυξη τεχνολογίας για την αξιοποίηση των υλικών εκσκαφής ή συστατικών αυτών.

5. Την έρευνα και την εξέλιξη των οικονομικών μεγεθών κατά την εκμετάλλευση και τη χρήση του λιγνίτη σε συσχετισμό με τις διάφορες εναλλακτικές δυνατότητες που παρέχουν οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα του εξοπλισμού των Ορυχείων και στον τομέα της επεξεργασίας του λιγνίτη.
6. Την έρευνα μεθόδων για τη χρήση των λιγνιτών – τύρφης, για την ανάπτυξη και εισαγωγή τεχνολογιών καύσης πτωχών κοιτασμάτων για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση ορισμένων τύπων λιγνιτών – λιγνιτοχωμάτων – τύρφης σε άλλες χρήσεις (π.χ. παραγωγή λιγνιταερίου, λιγνιτοπλίνθων, ξηρού φυτοχωμάτων, λιπασμάτων, εδαφοβελτιωτικών.)
7. Την έρευνα στον τομέα της εδαφομηχανικής και γεωλογίας για τη σταθεροποίηση των αποθέσεων και των πρανών, την ανάπτυξη τεχνολογιών για την αποδοτικότερη εκμετάλλευση σε διαταραγμένες περιοχές και περιοχές σκληρών ενστρώσεων.
8. Τη δημιουργία και τήρηση Τράπεζας Πληροφοριών (DATA BASE) κλάδου Στερεών Καυσίμων, με πλήρες αρχείο και διαρκή αμφίδρομη ενημέρωση με άλλα Κέντρα ή Τράπεζες Πληροφοριών ή Κέντρα Ενεργού Πληροφόρησης καθώς και με τα Πανεπιστήμια, Πολυτεχνεία, ΙΓΜΕ κ.ά. (ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ).

#### 1.4 Γενικά για τον Λιγνίτη

Ο λιγνίτης (σχήμα 1.5) είναι η βασική πρώτη ύλη στην οποία στηρίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Αλλά και σε όλο τον κόσμο η εντατική εκμετάλλευση των γαιανθράκων αποτελεί την βάση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σιδήρου και χάλυβα. Ο σύγχρονος πολιτισμός και η ραγδαία βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης κατά των 20<sup>ο</sup> και 21<sup>ο</sup> αιώνα στηρίζεται στην εκμετάλλευση των γαιανθράκων (Γεωργόπουλος, 2001; Δογάνης, 1989).



Σχήμα 1.5: Λιγνίτης.

Ο λιγνίτης έχει χρώμα σκούρο καφέ μέχρι καφέ – μαύρο. Το ειδικό του βάρος είναι 1.1-1.2 gr/cm<sup>3</sup>. Στη φυσική του μορφή περιέχει υγρασία σε ποσοστό 50-60% και τέφρα σε ποσοστό 13-15%. Όσο λιγότερη υγρασία και τέφρα περιέχει ο λιγνίτης, τόσο μεγαλύτερη θερμότητα παράγει κατά την καύση του. Η θερμότητα που παράγεται κατά την καύση 1Kgr λιγνίτη ονομάζεται θερμογόνος δύναμη και μετριέται σε χιλιοθερμίδες (kcal). Ο λιγνίτης είναι ένα σχετικά φτωχό σε θερμιδικό περιεχόμενο καύσιμο. 1Kgr λιγνίτη περιέχει 1000-1300 kcal όταν η αντί-

στοιχη θερμογόνος δύναμη του λιθάνθρακα είναι 5000-7000 kcal/kgf και του πετρελαίου 10000 kcal/kgf περίπου.

Ο λιγνίτης βρίσκεται σε αφθονία στο υπέδαφος της Ελλάδας (σχήμα 1.6). 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.

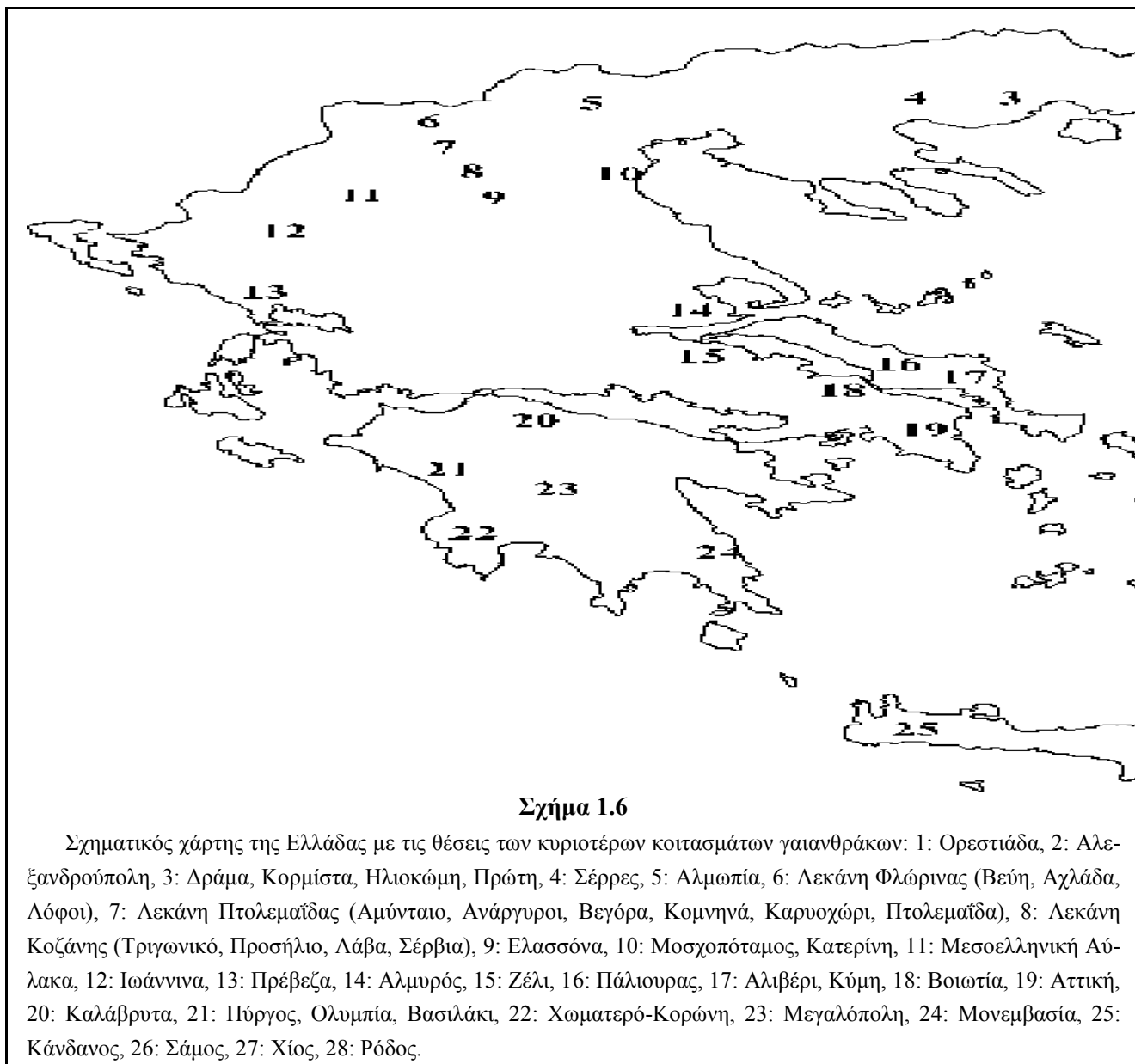
Σήμερα τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα της χώρας ανέρχονται σε περίπου 4 δις τόνους που ισοδυναμούν με πετρέλαιο αξίας 58.7 δις ευρώ.

Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα λιγνίτη βρίσκονται στις περιοχές:

- Πτολεμαΐδας – Φλώρινας – Κοζάνης (2700 εκ. τόνοι)
- Δράμας (970 εκ. τόνοι)
- Μεγαλόπολης (370 εκ. τόνοι)

Ο λιγνίτης αποτελεί τη σημαντικότερη πρωτογενή πηγή ενέργειας για τη χώρα μας. Το 1967 η συμμετοχή του λιγνίτη στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 34%, το 1985 ήταν 65% και το 1989 έφθασε στο υψηλότερο ποσοστό του 80%. Την πενταετία '90-'95 κυμαίνεται σε ποσοστά γύρω στο 75%. Εκτιμάται ότι ο λιγνίτης θα στηρίζει το Ενεργειακό Ισοζύγιο της χώρας τουλάχιστον για 60 χρόνια ακόμη.

Η ετήσια παραγωγή λιγνίτη ανέρχεται σήμερα σε 54 εκατ. τόνους. Εξ' αυτών οι 42 εκατ. τόνοι παράγονται στην περιοχή της Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου και οι 12 εκατ. τόνοι στη Μεγαλόπολη. Ο λιγνίτης αυτός τροφοδοτεί 20 λιγνιτικές μονάδες παραγωγής ενέργειας συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 4513 MW, που αποτελεί το 53.5% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της χώρας μας.



Σχήμα 1.6

Σχηματικός χάρτης της Ελλάδας με τις θέσεις των κυριότερων κοιτασμάτων γαιανθράκων: 1: Ορεστιάδα, 2: Αλεξανδρούπολη, 3: Δράμα, Κορμίστα, Ηλιοκόμη, Πρώτη, 4: Σέρρες, 5: Αλμωπία, 6: Λεκάνη Φλώρινας (Βεύη, Αχλάδα, Λόφοι), 7: Λεκάνη Πτολεμαΐδας (Αμύνταιο, Ανάργυροι, Βεγόρα, Κομνηνά, Καρνοχώρι, Πτολεμαΐδα), 8: Λεκάνη Κοζάνης (Τριγωνικό, Προσήλιο, Λάβα, Σέρβια), 9: Ελασσόνα, 10: Μοσχοπόταμος, Κατερίνη, 11: Μεσοελληνική Αύλακα, 12: Ιωάννινα, 13: Πρέβεζα, 14: Αλμυρός, 15: Ζέλι, 16: Πάλιουρας, 17: Αλιβέρι, Κύμη, 18: Βοιωτία, 19: Αττική, 20: Καλάβρυτα, 21: Πύργος, Ολυμπία, Βασιλάκι, 22: Χωματερό-Κορώνη, 23: Μεγαλόπολη, 24: Μονεμβασία, 25: Κάνδανος, 26: Σάμος, 27: Χίος, 28: Ρόδος.

### 1.5 Λιγνιτογένεση

Η λιγνιτογένεση σημειώνεται στον Ελληνικό χώρο από το Ηώκαινο μέχρι και το Κατώτερο Πλειστόκαινο.

Στους Παλαιογενείς σχηματισμούς (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο) ανήκουν κατά κανόνα κοιτάσματα παράκτιων λεκανών, π.χ. της Αλεξανδρούπολης, του Πενταλόφου (Ν. Κοζάνης), των Γρεβενών, των Ζαγοριών (Ν. Ιωαννίνων) κ.ά. Μέσα σε θαλάσσια ιζήματα παρεμβάλλονται λιμναίες και τελματικές αποθέσεις, από τις οποίες (τελματικές) προέκυψαν φακοειδή στρώματα λιγνίτη καλής ποιότητας. Λόγω των γενικά περιορισμένων διαστάσεών τους τα κοιτάσματα αυτά δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο μεταλλευτικό ενδιαφέρον.

([www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm))

Κατά το Νεογενές και το Πλειστόκαινο σχηματίστηκαν τα περισσότερα και σημαντικότερα λιγνιτικά κοιτάσματα της χώρας μας.

Οι περίοδοι αυτές συνδέονται με την έντονη μεταλπική ρηξιγενή τεκτονική και ταφρογένε-

ση. Δημιουργούνται πολυάριθμες ηπειρωτικές λεκάνες, που είτε δεν έχουν καμιά επικοινωνία με τη θάλασσα (ενδοηπειρωτικές) είτε επικοινωνούν παροδικά μόνο κατά τη διάρκεια της εξέλιξής τους με αυτήν (περιηπειρωτικές). Στις ηπειρωτικές λεκάνες πληρούνταν οι προϋποθέσεις για τον σχηματισμό εκτεταμένων κατω-τυρφώνων και τη διατήρηση της τυρφογένεσης για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα να προκύψουν λιγνιτικά στρώματα με σχετικά μεγάλη εξάπλωση και πάχος, όπως αυτά της Φλώρινας, της Πτολεμαΐδας, του Αλιβερίου, της Μεγαλόπολης κ.ά. Αντίθετα οι λιγνιτικές αποθέσεις αυτών των περιόδων σε παράκτιες λεκάνες (Κατερίνη, Πρέβεζα-Ακαρνανία, Πύργος-Ολυμπία, Κρήτη) παρουσιάζουν μικρό πάχος, αν και συχνά η έκτασή τους είναι σημαντική.

([www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm))

Το μεγαλύτερο λιγνιτικό δυναμικό της χώρας μας φαίνεται να είναι συγκεντρωμένο στην τεκτονική τάφρο που αναπτύσσεται στον άξονα Φλώρινα-Πτολεμαΐδα-Κοζάνη-Ελασσόνα. Τα βέβαια λιγνιτικά αποθέματα που είναι συγκεντρωμένα στην ευρύτερη λεκάνη Πτολεμαΐδας ξεπερνούν τα 4 δις τόνους λιγνίτη.

## **1.6 Κοιτάσματα λιγνίτη**

Τα κοιτάσματα λιγνίτη στην Ελλάδα διακρίνονται σε αυτά που συναντώνται σε παράκτιες περιοχές και σε αυτά στις ηπειρωτικές λεκάνες ([www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm)).

Γενικά τα κοιτάσματα των παράκτιων περιοχών δεν είναι εκμεταλλεύσιμα, σε αντίθεση βέβαια με αυτά των ηπειρωτικών λεκανών.

### **1.6.1 Ιστορική ανασκόπηση της αξιοποίησης λιγνιτικών κοιτασμάτων-ΔΕΗ**

Στην Ελλάδα η πρώτη προσπάθεια που έγινε για την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων του λιγνίτη άρχισε στην περιοχή Αλιβέρι της Εύβοιας το 1873. Καθώς η αξιοποίηση των λιγνιτικών κοιτασμάτων βρισκόταν σε πλήρη εξέλιξη, μια πολύ μεγάλη πλημμύρα το 1897 κατάρτησε ολοκληρωτικά όλες τις υπόγειες και επιφανειακές εγκαταστάσεις εξόρυξης. Η εκμετάλλευση άρχισε πάλι μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο. Το 1922 υπολογίζεται ότι η ετήσια παραγωγή λιγνίτη έφτασε κοντά στους 23000 τόνους και παρέμεινε σ' αυτά τα επίπεδα μέχρι το 1927. Δυστυχώς για άλλη μια φορά το 1930 υπήρξε αναστολή της εκμετάλλευσης για σοβαρούς οικονομικούς λόγους. Μετά την λήξη του β' παγκοσμίου πολέμου στην Ελλάδα, παρουσιάστηκαν τα πρώτα ενεργειακά προβλήματα και έτσι αποφασίστηκε η κατασκευή ενός ατμοηλεκτρικού σταθμού στο Αλιβέρι ο οποίος θα λειτουργούσε μόνο με λιγνίτη.

(<http://eed.stef.teicrete.gr/labs/epsl/lignitis.htm>)

Το 1951 η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού αναλαμβάνει την υπόγεια εκμετάλλευση των ορυχείων στο Αλιβέρι. Με αυτήν την κίνηση, η αύξηση της ετήσιας παραγωγής έφτασε περίπου στο απίστευτο για την εποχή νούμερο των 750000 τόνων. Με αυτό το ρυθμό η Δ.Ε.Η. κατάφερε να τροφοδοτήσει μονάδες συνολικής ισχύος 230 MW. Στην αρχή της δεκαετίας του 1980 σταμάτησε η λειτουργία του λιγνιτωρυχείου. Στην περιοχή της Πτολεμαΐδας οι πρώτες επιστημονικές έρευνες για την εντόπιση και αξιολόγηση λιγνιτών άρχισαν μετά το 1938. Το

1955 ιδρύεται η εταιρία με την επωνυμία ΛΠΤΟΛ η οποία είχε ως αντικείμενο την εκμετάλλευση του λιγνίτη. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1959 το 90% των μετοχών περιέρχονται στη Δ.Ε.Η. και το 1975 η ΛΠΤΟΛ συγχωνεύεται με τη Δ.Ε.Η. Οι αλλαγές αυτές αύξησαν την παραγωγή του λιγνίτη από 1.3 εκ τόνους που ήταν το 1959 σε 11.7 εκ. τόνους το 1975, 27.3 εκ. τόνους το 1984 και σε 55.8 εκ. τόνους το 2002.

Σήμερα η ΔΕΗ παράγει συνολικά περίπου 70 εκ. τόνους λιγνίτη σε ετήσια βάση.

**Πίνακας 1.3:** Θερμικοί σταθμοί παραγωγής ΔΕΗ ([www.rae.gr/SUB3/3B/3b3.htm](http://www.rae.gr/SUB3/3B/3b3.htm)).

Σταθμός	Αρ. μονάδων	Εγκατ. Ισχύς (MW)	Περιοχή
Αγίου Δημητρίου	5	1587	Δ. Μακεδονία
Καρδιάς	4	1200	Δ. Μακεδονία
Πτολεμαΐδας	4	620	Δ. Μακεδονία
Αμυνταίου	2	600	Δ. Μακεδονία
Αλιβερίου	4	380	Ευβοία
Λαυρίου	4	1197	Αττική
Αγ. Γεωργίου	2	360	Αττική
Μεγαλόπολης	4	850	Πελοπόννησος
Λιπτολ	2	43	Δ. Μακεδονία
Αργοστολίου	1	11,6	Ν. Ιονίου
Ζακύνθου	1	27	Ν. Ιονίου

Η συνολική ισχύς θερμικών σταθμών **αυτοπαραγωγών** για παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας είναι 250MW.

### 1.6.2 Κοιτάσματα σε παράκτιες περιοχές

Τα σημαντικότερα παράκτια κοιτάσματα είναι τα ακόλουθα:

([www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm))

**Αλεξανδρούπολη:** Ο λιγνίτης απαντάται μέσα σε Ηωκαινικά στρώματα μάργας, αργίλου, ψαμμίτη. Είναι στιλπνός με Κ.Θ.Ι. 5200 kcal/kg. Τα αποθέματα ανέρχονται σε μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους. Κατά καιρούς λειτούργησαν στην περιοχή μικρές εκμεταλλεύσεις.

**Πύργος-Ολυμπία και Πρέβεζα-Ακαρνανία:** Στην ευρύτερη παράκτια λεκάνη, που εκτείνεται κατά μήκος της δυτικής ακτής της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου, από τη Φιλιππιάδα μέχρι την Κυπαρισσία, είναι γνωστές 50 περίπου θέσεις με λιγνιτικές αποθέσεις. Ο λιγνίτης εμφανίζεται μέσα σε Νεογενή ιζήματα, αργίλους και μάργες κυρίως Πλειοκαινικής ηλικίας, με πάχη μέχρι 2 m. Είναι μαλακός με Κ.Θ.Ι. 2000-2500 kcal/kg. Τα αποθέματα εκτιμώνται στους 40 Mt, είναι όμως κατανεμημένα σε πολλές θέσεις. Κατά περιόδους λειτούργησαν – και ακόμα λειτουργούν – μικρά ιδιωτικά ορυχεία στην περιοχή.



Μικρά φακοειδή λιγνιτικά σώματα υπάρχουν ακόμα στα Ζαγόρια (Ν. Ιωαννίνων) μέσα στον φλύσχη Ηωκαινικής ηλικίας, καθώς και στο Πεντάλοφο (Ν. Κοζάνης) και στα Γρεβενά, όπου ο λιγνίτης Ολιγοκαινικής ηλικίας απαντάται στα μολασσικά ιζήματα της Μεσοελληνικής αύλακας. Η σημασία τους είναι περιορισμένη.

### 1.6.3 Κοιτάσματα Σε Ηπειρωτικές Λεκάνες

Τα μεγαλύτερα λιγνιτικά αποθέματα της χώρας βρίσκονται στην τεκτονική τάφρο της Δυτικής Μακεδονίας. Σημαντικά είναι ακόμα τα κοιτάσματα των λεκανών Δράμας, Μεγαλόπολης και – παλαιότερα – του Αλιβερίου.

#### α. Δυτικής Μακεδονίας

Η λιγνιτοφόρα λεκάνη Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας-Κοζάνης-Σερβίων-Ελασσώνας αποτελεί τμήμα της μεγάλης τεκτονικής τάφρου μήκους > 120 km, που εκτείνεται από το Μοναστήρι (πρώην Γιουγκοσλαβική Δημ. Μακεδονίας) μέχρι την Ελασσώνα, νότια του Αλιάκμονα ποταμού.

Ο άξονας της τάφρου έχει ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση, παράλληλη με τον άξονα των Ελληνίδων. Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στην Πελαγονική ζώνη. Η τάφρος δημιουργήθηκε από τη ρηξιγενή τεκτονική του Νεογενούς. Κατά το Ανώτερο Μειόκαινο επικράτησαν εφελκυστικές τάσεις με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ, που δημιούργησαν το κύριο βύθισμα με ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο και το Τεταρτογενές εφελκυστικές τάσεις ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης χώρισαν το αρχικό βύθισμα σε επιμέρους λεκάνες, που οριοθετούνται από ΒΑ-ΝΔ ρήγματα. Σχηματίστηκαν έτσι οι λεκάνες Φλώρινας, Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας, Κοζάνης-Σερβίων και Ελασσώνας.

Οι Νεογενείς αποθέσεις των παραπάνω λεκανών διακρίνονται σε τρεις σειρές:

- την κατώτερη σειρά (σχηματισμός Κομνηνών),
- τη μεσαία σειρά (σχηματισμός Πτολεμαΐδας) και
- την ανώτερη σειρά.

Η **κατώτερη** σειρά αποτελείται στη βάση της από ένα γνευσιακό κροκαλοπαγές, το οποίο μεταβαίνει προς τα πάνω σε μάργες, αμμώδεις μάργες, άμμους, ιλύες, αργίλους και λιγνίτες. Το περιβάλλον απόθεσης ήταν ποτάμιο, ποταμολιμναίο και τοπικά τελματώδες. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Ανω Μειοκαινική μέχρι Κάτω Πλειοκαινική, όπως διαπιστώθηκε από μακροπαλαιοβοτανικούς και παλυνολογικούς προσδιορισμούς.

Ο λιγνίτης του κατώτερου σχηματισμού είναι σκληρός, καστανόχρωμος, και εμφανίζει έντονα τη δομή και υφή του ξύλου, πρόκειται δηλαδή για ξυλιτικό λιθότυπο. Τα ιζήματα στα οποία φιλοξενείται είναι κυρίως ιλύες, μέσα στις οποίες υπάρχουν κατά θέσεις φακοί άμμου, αργίλου και μάργας. Απαντάται στα ανατολικά περιθώρια των λεκανών Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας. Δεν σχηματίζει εκτεταμένα στρώματα, αλλά λόγω τεκτονισμού έχει αποθεθεί σε πολλά μικρά τμήματα των λεκανών, γειτονικά μεταξύ τους. Ο ξυλίτης προήλθε από δασοφυφώνες με κωνοφόρα κυρίως δένδρα, που αναπτύσσονταν σε ένα σχετικά πιο θερμό και υγρό κλίμα από το σημερινό.

Στη λεκάνη της Φλώρινας κυριαρχεί ο ξυλιτικός λιγνίτης. Τα βέβαια αποθέματα ξυλίτη α-

νέρχονται σε 270 Mt, τα τεχνικοοικονομικά απολήψιμα σε 200 Mt. Η εκμετάλλευση γίνεται από δυο ιδιωτικές εταιρίες, που διαθέτουν λιγνιτωρυχεία στις περιοχές της Βεύης και της Αχλάδας αντίστοιχα. Η ετήσια παραγωγή ανέρχεται σε 2 Mt περίπου, που τροφοδοτούν τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (Α.Η.Σ.) Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου της Δ.Ε.Η.

Πρόσφατα ανακαλύφθηκε μεταξύ Βεύης και Αχλάδας το κοίτασμα Λόφων με ξυλιτικό λιγνίτη, η εκμετάλλευση του οποίου θα ξεκινήσει σύντομα.

Από πλευράς βαθμού ενανθράκωσης ο ξυλίτης της Φλώρινας κατατάσσεται στους μαλακούς λιγνίτες. Είναι καλής ποιότητας με μέση υγρασία 30%, τέφρα (επί ξηρού) 27% και κατώτερη θερμαντική ικανότητα (σε φυσική κατάσταση) 2700 kcal/kg.

Στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου υπάρχουν τρία ξυλιτικά κοιτάσματα: των Κομνηνών, του Ανατολικού-Καρυχωρίου και της Βεγόρας.

Το κοίτασμα Κομνηνών έχει βέβαια αποθέματα 264 Mt, από τα οποία απολήψιμα θεωρούνται 153 Mt. Ο ξυλίτης έχει υγρασία 40%, τέφρα (επί ξηρού) 30%, κατώτερη θερμαντική ικανότητα (σε φυσική κατάσταση) 2400 kcal/kg. Η εκμετάλλευση προβλέπεται να αρχίσει σύντομα.

Το κοίτασμα Ανατολικού-Καρυχωρίου διαθέτει βέβαια αποθέματα 205 Mt, τεχνικοοικονομικά απολήψιμα 152 Mt. Ο ξυλίτης έχει την ίδια ποιότητα με αυτόν των Κομνηνών, λόγω όμως του μεγάλου βάθους στο οποίο απαντάται το κοίτασμα, η εκμετάλλευση κρίνεται προς το παρόν οικονομικά ασύμφορη.

Το κοίτασμα της Βεγόρας έχει παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα αποθέματα είναι της τάξης των 40 Mt. Την εκμετάλλευση διενεργεί ιδιωτική εταιρία.

Ο **μεσαίος** σχηματισμός χαρακτηρίζεται από μεγάλου πάχους στρώματα λιγνιτών, που εναλλάσσονται με στρώματα αργίλων, ιλύων, αμμωδών αργίλων και μαργών. Το περιβάλλον απόθεσης ήταν κύρια λιμναίο και λιμνοτελματικό. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Πλειοκαινική σύμφωνα με παλυνολογικές μελέτες.

Οι Πλειοκαινικοί λιγνίτες εμφανίζονται κυρίως στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου. Πρόκειται για στιβάδες, που αποτελούνται από εναλλαγές στρωμάτων μικρού πάχους λιγνίτη με αργίλους και μάργες. Ο λιγνίτης είναι καστανόχρωμος μέχρι μαύρος, μαλακός και αποτέθηκε σε τοπογενείς τυρφώνες με χαμηλή βλάστηση (ποώδη).

Η μέση υγρασία του λιγνίτη Πτολεμαΐδας είναι 50-60%, η τέφρα (επί ξηρού) 35% και η κατώτερη θερμαντική ικανότητα 1370 kcal/kg. Παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά διαθέτει και ο λιγνίτης Αναργύρων-Αμυνταίου με ελαφρά μικρότερη θερμαντική ικανότητα (1250 kcal/kg).

Τα συνολικά αποθέματα ανέρχονται σε 3100 Mt, από τα οποία 60% περίπου είναι εκμεταλλεύσιμα. Ας σημειωθεί, ότι στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου υπάρχει το 67% των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη της χώρας. Η εκμετάλλευση γίνεται από τη Δ.Ε.Η. Η παραγωγή λιγνίτη το 1993 έφθασε τους 42 Mt. Μικρή ποσότητα (<2%) χρησιμοποιείται για παρασκευή λιγνιτοπλίνθων (μπρικεττών), λιγνιτόσκονης και λιπασμάτων, ενώ ο κύριος όγκος της παραγωγής τροφοδοτεί τους Α.Η.Σ. της Δ.Ε.Η. στην περιοχή. Το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των Α.Η.Σ. στο Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου είναι 4048 MW και αποτε-

λεί το 50% της ολικής εγκατεστημένης ισχύος της Δ.Ε.Η. Εδώ παράγεται το 70% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.

Ο **ανώτερος** σχηματισμός αποτελείται από τις Τεταρτογενείς αποθέσεις. Το πάχος τους δεν είναι σταθερό, αλλά κυμαίνεται από λίγα μέτρα μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα. Τα ιζήματα κάθονται ασύμφωνα πάνω στα Πλειοκαινικά στρώματα. Η αιτία της ασυμφωνίας είναι ο τεκτονισμός του Ανώτερου Πλειοκαίνου-Κατώτερου Πλειστοκαίνου. Τα ιζήματα είναι κύρια ποτάμια (άμμοι και κροκάλες), ενώ τοπικά απαντώνται άργιλοι και μάργες, μικρού πάχους λιγνιτικά στρώματα και τύρφη.

Μικρά κοιτάσματα τυρφοειδούς λιγνίτη βρέθηκαν στις περιοχές της Αρδάσσας, καθώς και ΒΑ της λίμνης Χειμαδίτιδας. Πρόκειται για αποθέσεις μικρού πάχους, αλλά σημαντικής οριζόντιας εξάπλωσης με πολλά ενδιάμεσα στείρα υλικά. Η ηλικία των σχηματισμών τοποθετείται στο Μέσο και Ανώτερο Πλειστόκαινο. Τα αποθέματα δεν υπερβαίνουν τους 100 Mt, αλλά η εξόρυξη κρίνεται ασύμφορη.

Τέλος, Ολοκαινικές αποθέσεις τύρφης υπήρχαν μέχρι πρόσφατα σε αρκετές περιοχές της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου. Για παράδειγμα, ΒΑ της λίμνης Χειμαδίτιδας εκτεινόταν τυρφώνας σε έκταση 25 km<sup>2</sup> περίπου. Το πάχος της τύρφης έφθανε μέχρι 3.5 m, ενώ τα αποθέματα ήταν 1000000 m<sup>3</sup>. Λόγω της αποξήρανσης του τυρφώνα και της εντατικής καλλιέργειας του εδάφους, η τύρφη οξειδώθηκε και ανεφλέγη (αυτανάφλεξη), με αποτέλεσμα όλο το κοίτασμα να χαθεί μέσα στα τελευταία 10-15 χρόνια.

### **β. Το κοίτασμα της Δράμας**

Στη λεκάνη της Δράμας, βόρεια του τυρφώνα των Φιλιππων υπάρχει το δεύτερο σε μέγεθος λιγνιτικό κοίτασμα της χώρας. Σχηματίστηκε κατά τις θερμές περιόδους του Πλειστοκαίνου, είναι επομένως χαμηλού βαθμού ενανθράκωσης γαιάνθρακας (περίπου 1000 kcal/kg ως έχει). Η έκταση του κοιτάσματος υπερβαίνει τα 100 km<sup>2</sup> και τα βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα τους 1000 Mt. Τα αποθέματα επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών 4 Μονάδων εγκατεστημένης ισχύος 300 MW η καθεμιά. Οι κάτοικοι της περιοχής αντιδρούν στην εκμετάλλευση του λιγνίτη.

### **γ. Μεγαλόπολη**

Στην περιοχή είναι γνωστές εμφανίσεις λιγνίτη από την αρχαιότητα. Μέχρι το 1957 τα αποθέματα της λεκάνης υπολογίζονταν σε 2-3 Mt. Τα λιγνιτικά αποθέματα κατανέμονται σε 4 επιμέρους κοιτάσματα εκτάσεως 23 Km<sup>2</sup>.

### **δ. Αλιβέρι**

Η Νεογενής λεκάνη έχει έκταση 20 km<sup>2</sup> και πληρούται από λιμναία ιζήματα. Μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι σχηματίζουν το υπόβαθρο και τα περιθώρια της λεκάνης. Ο λιγνίτης, Μειοκαινικής (Βουρδιγάλιο) ηλικίας, σχηματίζει κεκλιμένα (60-80°) φακοειδή σώματα μήκους 400-500 m, πάχους 20-40 m. Το πάτωμα σχηματίζουν άργιλοι και την οροφή του κοιτάσματος μάργες. Η θερμαντική ικανότητα είναι 2500 kcal/kg.

Η εξόρυξη με υπόγεια έργα στο Αλιβέρι άρχισε το 1950. Υπήρξε το πρώτο οργανωμένο πάνω σε σύγχρονες βάσεις λιγνιτωρυχείο στην Ελλάδα. Το 1953 τέθηκαν σε λειτουργία οι δύο πρώτες στην Ελλάδα λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής εγκατεστημένης ισχύος 40 MW η καθεμιά.

Η εκμετάλλευση του κοιτάσματος έχει περατωθεί. Υπολογίζεται ότι συνολικά έχουν εξορυχθεί περίπου 15 Mt λιγνίτη. Τελευταία εξορύσσεται με υπαίθρια εκμετάλλευση στη γειτονική περιοχή Πλακών λιγνιτικό κοιτάσμα με αποθέματα της τάξης των 2 Mt, ενώ στην παρακείμενη λιγνιτοφόρα λεκάνη της Κύμης εντοπίστηκε κοιτάσμα με βέβαια αποθέματα 12 Mt.

### 1.7 Λιγνιτικά Κέντρα

Σήμερα λειτουργούν τα πιο κάτω Ορυχεία (ενημερωτικό φυλλάδιο της ΔΕΗ):

#### Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου

Ορυχεία	Αποθέματα	Ετήσια Παραγωγή
Ορυχείο Κυρίου Πεδίου	60 εκ. τόνοι	8 εκ. τόνοι
Ορυχείο Πεδίου Καρδιάς	200 εκ. τόνοι	8,5 εκ. τόνοι
Ορυχείο Νοτίου Πεδίου	1.000 εκ. τόνοι	18 εκ. τόνοι
Ορυχείο Αμυνταίου	200 εκ. τόνοι	8 εκ. τόνοι

#### Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης

Ορυχεία	Αποθέματα	Ετήσια Παραγωγή
Ορυχείο Χωρεμίου	220 εκ. τόνοι	5 εκ. τόνοι
Ορυχείο Κυπαρισσιών	60 εκ. τόνοι	5 εκ. τόνοι
Ορυχείο Μαραθούσας	30 εκ. τόνοι	2 εκ. τόνοι

Στο στάδιο της μελέτης εκμετάλλευσης βρίσκονται τα κοιτάσματα λιγνίτη:

- Φλώρινας (αποθέματα 130 εκ. τόνοι)
- Κομνηνών (αποθέματα 100 εκ. τόνοι)
- Δράμας (αποθέματα 970 εκ. τόνοι)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εξόρυξη του λιγνίτη γίνεται μόνον επιφανειακά. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι ηλεκτροκίνητοι εκσκαφείς, ταινιόδρομοι και αποθέτες.

Σήμερα υπάρχουν σε λειτουργία:

- 52 Κλαδοφόροι Εκσκαφείς
- 22 Αποθέτες και
- 267 KM Ταινιόδρομοι

Για την υποστήριξη του ηλεκτροκίνητου εξοπλισμού και για τη λειτουργία των βοηθητικών εργοταξίων χρησιμοποιούνται περίπου 1300 ντιζελοκίνητα μηχανήματα και οχήματα (προωθητές, φορτωτές, υδραυλικοί εκσκαφείς, ισοπεδωτές, φορητά, οχήματα για διάφορες χρήσεις κλπ.)

Κατά την εκσκαφή, τα υπερκείμενα του λιγνιτικού κοιτάσματος (άγονα υλικά) και το κοιτάσμα (λιγνίτης και ενδιάμεσα) χωρίζονται σε βαθμίδες ύψους 10-30 m, ανάλογα με το μέγε-

θος του καδοφόρου εκσκαφέα. Το μέτωπο εκσκάπτεται κατά στρώσεις και τα μεν άγωνα υλικά (υπερκείμενα και ενδιάμεσα) μεταφέρονται στους αποθέτες, ενώ ο λιγνίτης οδεύει στους παρακείμενους Ατμοηλεκτρικούς Σταθμούς (ΑΗΣ).

Η αποθήκευση των αγόνων υλικών γίνεται σε ειδικά επιλεγμένες περιοχές, όπου μεταφέρεται και η τέφρα, το υπόλειμμα της καύσης του λιγνίτη στους ΑΗΣ.

Οι αποθέσεις διακρίνονται σε εξωτερικές και εσωτερικές. Οι εξωτερικές γίνονται σε παρακείμενες περιοχές που δεν περικλείουν εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα και δημιουργούνται στην αρχική φάση εκμετάλλευσης των Ορυχείων. Οι εσωτερικές δημιουργούνται στις περιοχές που έχει προηγηθεί εξόρυξη, ώστε μετά το τέλος της εκμετάλλευσης η επίπτωση στο τοπίο να είναι η ελάχιστη δυνατή.

### **1.8 Ο λιγνίτης και το περιβάλλον**

Οι επιφανειακές εκμεταλλεύσεις λιγνίτη, λόγω των τεράστιων εκσκαφών και των εκτεταμένων αποθέσεων που προκύπτουν αναγκαστικά, προκαλούν σοβαρές αλλοιώσεις της γεωμορφολογίας του εδάφους και της αισθητικής του φυσικού τοπίου, διαταραχές στην πανίδα και χλωρίδα και ανατροπή της ισορροπίας των επιφανειακών και υπόγειων νερών (Σταυρόπουλος Αλ., 1990;).

Η υπαίθρια εκμετάλλευση καταλαμβάνει το έδαφος μόνο προσωρινά. Η Δ.Ε.Η. αναγνωρίζοντας ότι η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στα Λιγνιτωρυχεία αποτελεί θέμα μεγάλης οικολογικής, κοινωνικής και οικονομικής σημασίας, ακολουθεί κατάλληλο πρόγραμμα με στόχο την ανάπλαση των εδαφών και την αναβάθμιση του περιβάλλοντος της περιοχής, έτσι ώστε οι τελικές επιφάνειες να είναι κατάλληλες για διάφορες χρήσεις (γεωργικές, δασικές, τουριστικές, κ.λ.π) και να συνδέονται αισθητικά με το υπόλοιπο τοπίο.

Μέχρι το 1994 έχουν απαλλοτριωθεί 150000 στρέμματα, ενώ έχουν διαμορφωθεί και αποκατασταθεί 18000 στρέμματα τελικής επιφάνειας.

Στις τελικές επιφάνειες φυτεύονται διάφορα είδη φυτών (θάμνοι, καρποφόρα και κυρίως δασικά δέντρα), παράλληλα όμως αναπτύσσονται και πειραματικές καλλιέργειες, κυρίως δημητριακών και λιγότερο κηπευτικών, σε συνεργασία με τους Κρατικούς Σταθμού Γεωργικής Έρευνας Πτολεμαΐδας και Τρίπολης.

Στα Ορυχεία Πτολεμαΐδας και Μεγαλόπολης, κατά την περίοδο 1970-1993 φυτεύτηκαν περίπου 4500000 δέντρα, κυρίως ακακίες, λεύκες και πεύκα. Για τις ανάγκες των Ορυχείων στις περιοχές Πτολεμαΐδας Αμυνταίου, Μεγαλόπολης και Αλιβερίου, μέχρι σήμερα, έχουν απαλλοτριωθεί περίπου 170000 στρέμματα. και προγραμματίζεται να απαλλοτριωθούν στο μέλλον άλλα 70000 στρέμματα.

Κατά την ανάπτυξη των Ορυχείων καθίσταται απαραίτητη η μετεγκατάσταση οικισμών που επηρεάζονται άμεσα από τη δραστηριότητα αυτή. Μέχρι σήμερα, έχει πραγματοποιηθεί η μετεγκατάσταση των οικισμών Καρδιά, Χαραυγή και Εξοχή στην Πτολεμαΐδα, Ψαθί, Μαραθούσα και Γεφυράκι στη Μεγαλόπολη, ενώ έχει αρχίσει η διαδικασία, μετεγκατάστασης των Κοινοτήτων Κομάνου και Κλείτου στην Πτολεμαΐδα.

Ο λιγνίτης προκαλεί μόλυνση του περιβάλλοντος που δημιουργείται τόσο από τα υπολείμματα τέφρας όσο και από τα δηλητηριώδη αέρια που δημιουργούνται κατά την καύση (διοξείδιο του άνθρακα, οξείδιο του αζώτου).

Τα κυριότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν με σύντομη έρευνα είναι ο χημικός καθαρισμός πριν την καύση, η αποθήκευση, η τελειοποίηση των καυστήρων ρευστοποίησης στοιβάδας και γενικά ο περιορισμός της ρυπάνσεως. Τα προβλήματα αυτά μεγιστοποιούνται στις περιπτώσεις πτωχών ανθράκων όπως ο λιγνίτης.

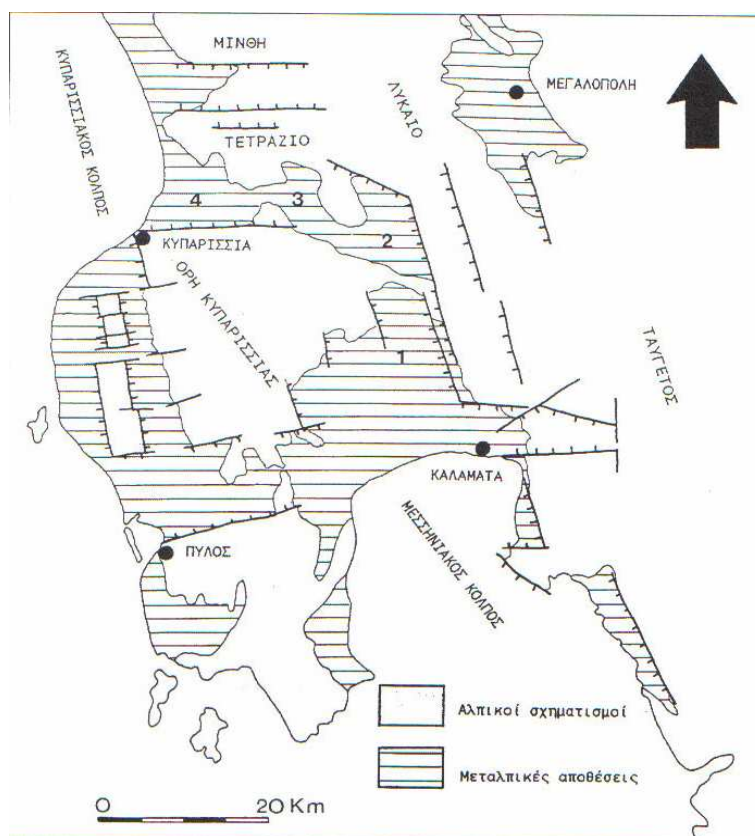
Η εξόρυξη του λιγνίτη στα ορυχεία ανοικτής τάφρου μολύνει το περιβάλλον από διοξείδιο του θείου και νιτρώδης ατμούς όπου η μόλυνση είναι πολύ σοβαρότερη από αυτή που προκαλείται από την καύση υδρογονανθράκων. Αυξάνεται η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και αυξάνεται το ποσοστό καρκινογόνων ουσιών.

Αυξημένη ποσότητα διοξειδίου σημαίνει αλλαγή κλίματος και των μικροκλιμάτων της γης διότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει την ιδιότητα να απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία που κανονικά ανακλάται από την επιφάνεια της γης με αποτέλεσμα την βαθμιαία άνοδο της θερμοκρασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟ

### 2.1 Εισαγωγή

Η λεκάνη Μεγαλόπολης βρίσκεται στο κέντρο της Πελοποννήσου και περιβάλλεται από τα βουνά Μαίναλο προς βορρά, Λύκαιο προς Δυτικά και Ταύγετο προς Νότο (σχήμα 2.1).



**Σχήμα 2.1:** Το τεκτονικό βύθισμα Καλαμάτας-Κυπαρισσίας και οι επιμέρους λεκάνες 1: Κάτω Μεσσηνίας, 2: Άνω Μεσσηνίας, 3: Δώριου, 4: Κυπαρισσίας – Καλού Νερού (Mariolakos & Fountoulis, 1991).

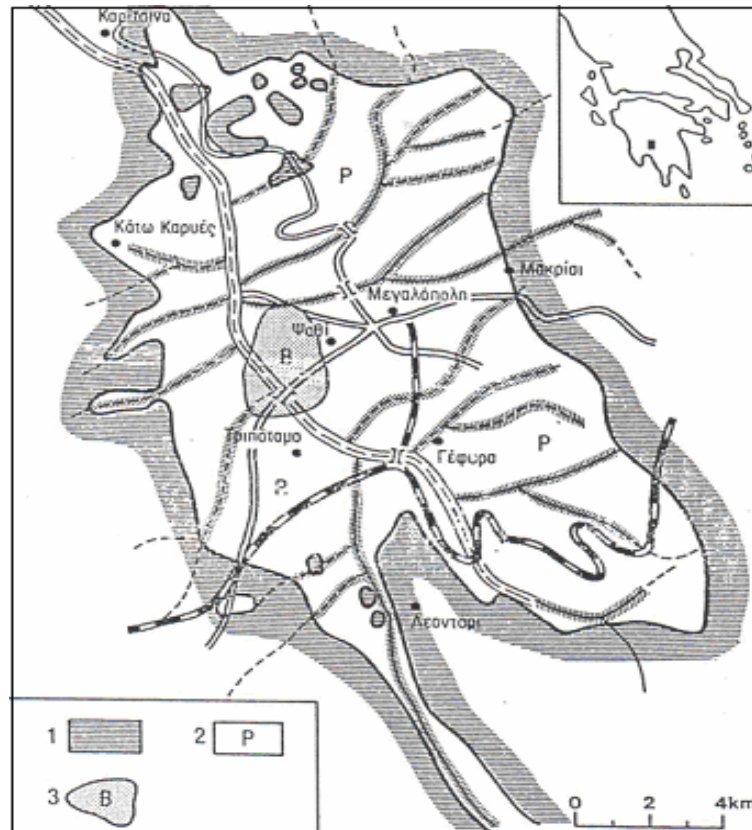
Το περίγραμμα της λεκάνης έχει ελλειπτική μορφή, όπου ο μεγαλύτερος άξονας έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και μήκος 18 Km, ο δε μικρότερος ΑΒΑ-ΔΝΔ και μήκος περίπου 10 Km. Το υψόμετρο της λεκάνης κυμαίνεται μεταξύ 360-450 m. Ο ποταμός Αλφειός με τους παραποτάμους του αποστραγγίζει τη λεκάνη και εξέρχεται από τη ΒΔ πλευρά της κοντά στο χωριό Καρύταινα. Η θέση του ποταμού Αλφειού μέσα στη λεκάνη είναι ασύμμετρη ως προς τις πλευρές αυτής. Ο ποταμός ρέοντας προς βορρά, απέχει περίπου 2 χιλιόμετρα από τη δυτική και 8 χιλιόμετρα από την ανατολική παρυφή της λεκάνης. Οι μεγαλύτεροι παραπόταμοι του Αλφειού, μέσα στη λεκάνη Μεγαλόπολης, είναι ο Ξερίλας, ο Γουδάνης και ο Ελυσσώνας ([www.Arkadia.gr](http://www.Arkadia.gr)).

Το εσωτερικό της λεκάνης πληρούται από χαλαρά, γενικά, ιζήματα, του Πλειστοκαίνου περισσότερο και του Πλειοκαίνου λιγότερο, τα οποία είναι λιμναίας έως ηπειρωτικής προέλευσης (σχήμα 2.2).

Η ευπλαστότητα και η οριζοντιότητα των πετρωμάτων της λεκάνης συντελούν στη διαμόρφωση ομαλού αναγλύφου με στρογγυλούς λοφίσκους που διαχωρίζονται από στενά ρέματα, ξερά κατά το καλοκαίρι. Η ομαλότερη έκταση είναι η κοιλάδα του Αλφειού στη δυτική πλευρά της λεκάνης, με πλάτος ενός χιλιομέτρου περίπου.

Στα περιθώρια της λεκάνης οι αργιλικοί σχηματισμοί των Νεογενών ιζημάτων και του φλυσχικού υποβάθρου βρίσκονται σε συνεχή κατολίσηση.

Η λεκάνη Μεγαλόπολης μοιάζει, τόσο από πλευράς γένεσης και ηλικίας, όσο και στους λιθολογικούς σχηματισμούς, με τη λεκάνη του Οροπεδίου της Τρίπολης.



**Σχήμα 2.2.** Γεωλογικό σκαρίφημα της λιγνιτοφόρου λεκάνης Μεγαλόπολης (Μαρίνος, κ.α.1959). 1) Παλαιότεροι σχηματισμοί που περιβάλλουν τη λεκάνη (ενότητες Τρίπολης και Πίνδου). 2) Πλειοκαινικά (ιδιαίτερα στην ανατολική πλευρά της λεκάνης) και πλειστοκαινικά ιζήματα που καλύπτουν τη λεκάνη. 3) Πλούσιος λιγνιτοφόρος τομέας.

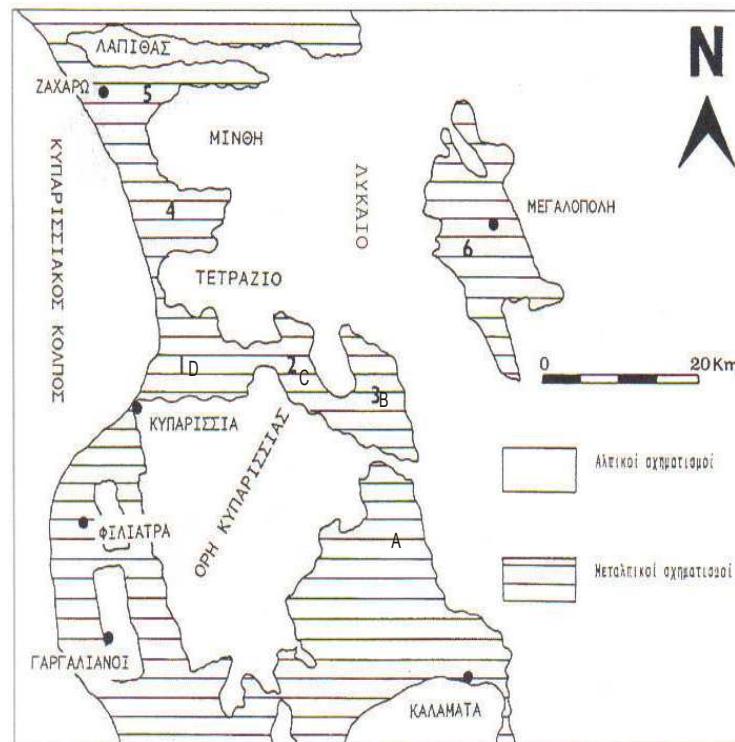
## 2.2 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής της Μεγαλόπολης

Η περιοχή δομείται κυρίως από τους αλπικούς σχηματισμούς της γεωτεκτονικής **ενότητας Πίνδου** και μόνο στο βορειοδυτικό τμήμα της (βουνό Λάπιθας) εμφανίζονται τα ανώτερα μέλη της ανθρακικής σειράς και του φλύσχη της **ενότητας Γαβρόβου - Πύλου** καθώς επίσης και μία πρόσφατα διαπιστωθείσα μικρή εμφάνιση ανθρακικών πετρωμάτων της **Ιονίου ενότητας** (Φουντούλης & Λέκκας, 1991).

**Οι μεταλλικές αποθέσεις** καταλαμβάνουν σαφώς μικρότερο σε έκταση τμήμα, από εκείνο το οποίο καταλαμβάνουν οι αλπικοί σχηματισμοί και εμφανίζονται κυρίως στις λεκάνες Κυ-



παρισσίας - Καλού Νερού, Νέδα και Ζαχάρως καθώς και στις δυτικές απολήξεις του Τετράζιου όρους (περιοχή Προδρόμου - Αγαλιανής) (σχήμα 2.3).



**Σχήμα 2.3:** Οι μεταλλικές λεκάνες της γύρω περιοχής της Μεγαλόπολης. 1:Κυπαρισσίας-Καλού Νερού, 2:Δώριου, 3:Άνω Μεσσηνίας, 4:Νέδα, 5:Ζαχάρως, 6:Μεγαλόπολης (Φουντούλης Ι.,2000).

Η ενότητα Πίνδου καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα των αλπικών σχηματισμών της γύρω περιοχής. Τη συναντούμε από το Λάπιθα έως τα όρη της Κυπαρισσίας και από το Λύκαιο σχεδόν μέχρι τις ακτές του Κυπαρισσιακού κόλπου. Αποτελείται από κλαστικούς σχηματισμούς, ανθρακικά πετρώματα και σχηματισμούς Ραδιολαριτών. Η ενότητα Γαβρόβου-Πύλου συναντάται στο βουνό Λάπιθας. Αποτελείται από δύο σχηματισμούς, τους κλαστικούς (πηλίτες, ιλυόλιθους, λεπτόκοκκους ψαμμίτες) και από ανθρακικά πετρώματα (Ανωκρητιδικούς-Ηωκαινικούς νηριτικούς ασβεστόλιθους). Η Ιόνια ενότητα κάνει σχετικά νέα εμφάνιση στο βουνό Λάπιθας και διακρίνονται ανθρακικοί και κλαστικοί σχηματισμοί. Στους ανθρακικούς σχηματισμούς έχουμε πελαγικό ασβεστόλιθο ενώ στους κλαστικούς σχηματισμούς έχουμε εναλλαγές πρασινο-λαδί έως χακί σκουρόχρωμους συνεκτικούς αδρόκοκκους ψαμμίτες και πηλίτες (Φουντούλης Ι., 2000).

Όσον αφορά τις μεταλλικές αποθέσεις στην περιοχή της Μεγαλόπολης υπάρχουν νεογενείς και πλειστοκαινικές λιμναίες αποθέσεις με μεγάλα κοιτάσματα λιγνίτη. Η λεκάνη Καλού Νερού-Κυπαρισσίας αποτελείται από 4 σχηματισμούς (σχήμα 2.3)(Μαριολάκος, 1979):

- Αλιμακίου που αποτελείται κυρίως από συνεκτικά πολύμικτα κροκαλοπαγή.
- Ραχών αποτελούμενο από εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών.
- Μύρου που αποτελείται κυρίως από στρώματα μαργών και κροκαλοπαγείς ενδιαστρώσεις, το δε περιβάλλον απόθεσης είναι άλλοτε λιμναίο άλλοτε υφάλμυρο και άλλοτε θαλάσσιο.

d. Ερυθρών αργιλλούχων άμμων που καλύπτει ασύμφωνα πολλά τμήματα της πεδινής έκτασης.

Ένας άλλος διαχωρισμός των μεταλικών αποθέσεων στη λεκάνη Καλού Νερού-Κυταρισσίας με χρονολογικό διαχωρισμό είναι ο εξής (Καμπέρης, 1987):

#### Μειόκαινο - Κάτω Πλειόκαινο

•Κροκαλοπαγή Βρυσών, θεωρούνται ότι είναι οι παλαιότερες μεταλικές αποθέσεις της λεκάνης, συνίστανται δε από συνεκτικά κροκαλοπαγή και συνεκτικούς ψαμμίτες.

•Κροκαλοπαγή Περιστεράς, Εμφανίζονται κατά μήκος του ποταμού Περιστερά και αποτελούνται από πολύμικτα, άστρωτα, συνεκτικά κροκαλοπαγή.

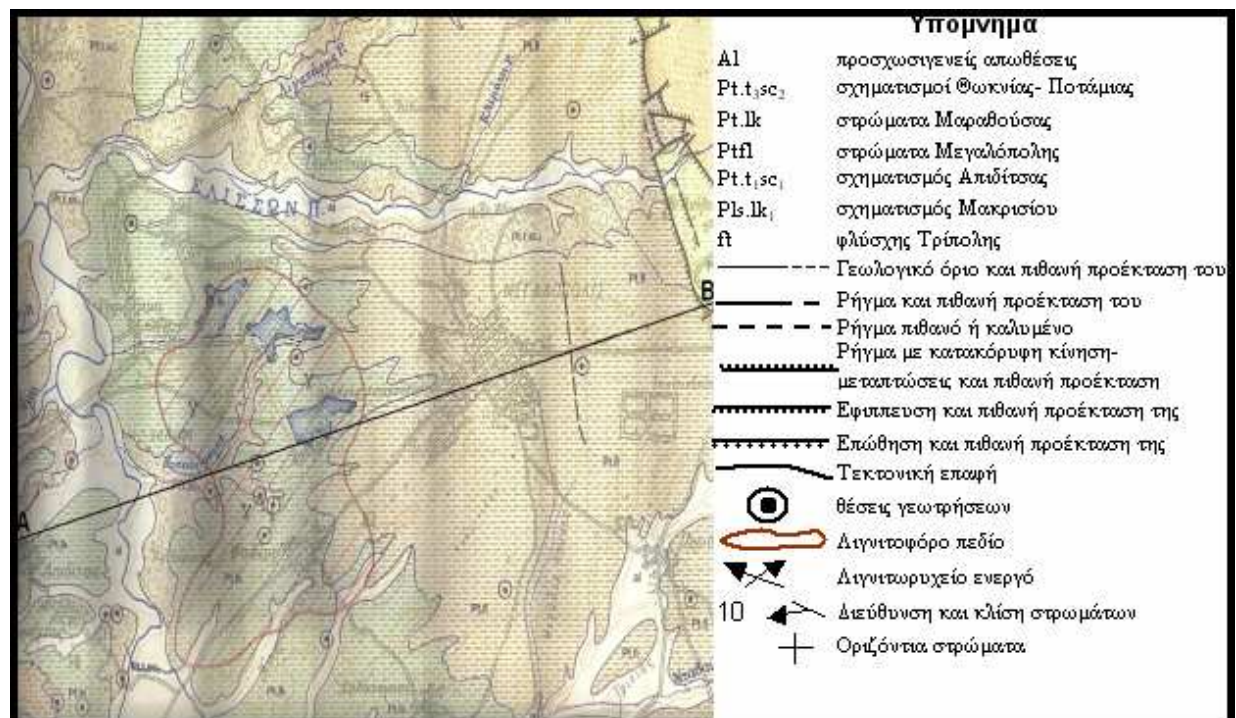
•Αργίλοι Ραγών. Αποτελούνται από αργίλους, ψαμμίτες και χαλαρά κροκαλοπαγή. Οι κατώτεροι ορίζοντες των αργίλων θεωρούνται ανωμειοκαινικής και οι ανώτεροι ανωμειοκαινικής - κατωπλειοκαινικής ηλικίας. Ο προσδιορισμός έγινε με απολιθώματα (τρηματοφόρα).

#### Πλειόκαινο - Πλειστόκαινο

•Κροκαλοπαγή Μύρου. Αποτελείται κυρίως από κροκαλοπαγή και ψαμμίτες που έχουν αποθεθεί ασύμφωνα πάνω στις "Αργίλους των Ραγών". Τα εν λόγω κροκαλοπαγή εντάσσονται στο σχηματισμό Βούναργου.

#### Πλειστόκαινο

•Κροκαλοπαγή Χελιδονίου. Πρόκειται για χερσαία κροκαλοπαγή, λατυποπαγή και ερυθρού χρώματος.

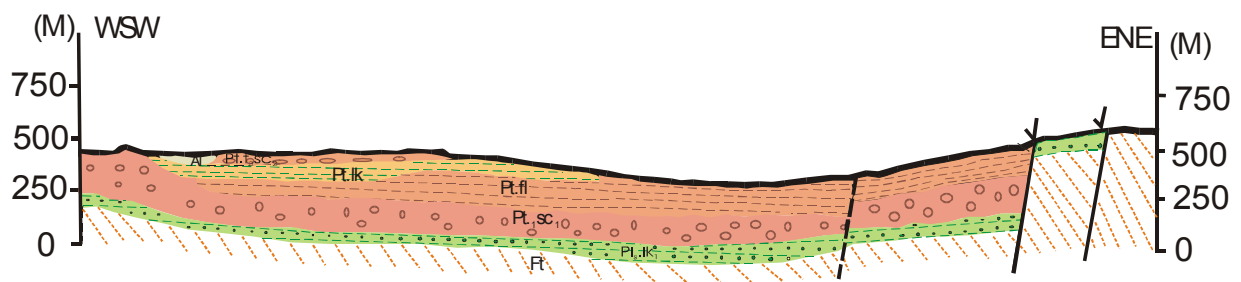


Σχήμα 2.4: Γεωλογικός χάρτης Μεγαλόπολης.

Στο γεωλογικό χάρτη Μεγαλόπολης (σχήμα 2.4) διακρίνονται στη Μεγαλόπολη εναλλαγές μάργων, αργίλων, άμμων και ελαφρά συνεκτικών κροκαλοπαγών ποτάμιας φάσης. Αποτελούν την περιθωριακή βάση και πλευρική μετάβαση των στρωμάτων Μαραθούσας. Βόρεια και νότια της Μεγαλόπολης συναντώνται προσχωσιγενείς αποθέσεις από ασύνδετα αργιλοαμμώδη

υλικά, χαλίκια και κροκάλες στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων καθώς και μικρές αναβαθμίδες ενώ έχουμε και τους σχηματισμούς Θωκνίας-Ποτάμιας όπου έχουμε σύστημα αναβαθμίδων αδιαίρετο, ιλύς, άργιλοι, άμμοι, χαλαρά κροκαλοπαγή και πλευρικά κορήματα. Νοτιοδυτικά συναντώνται ο σχηματισμός Απιδίτσας με εναλλαγές ερυθρών αργιλο-αμμούχων στρωμάτων με ελαφρά συνεκτικά κροκαλοπαγή και πλευρικά κορήματα με ερυθρές αργίλους. Στα ανατολικά εμφανίζεται ο σχηματισμός Μακρυσίου όπου υπάρχουν άργιλοι, μάργες λιμναίας φάσης, με εναλλαγές κυρίως λιγνιτικών ενστρώσεων πάχους λίγων mm και κροκαλοπαγή. Τοπικά παρεμβάλλονται λιγνιτικά στρώματα πάχους 0.20 έως 1m όπως στην περιοχή Μακρυσίου. Τέλος το λιγνιτοφόρο πεδίο δυτικά της Μεγαλόπολης στην περιοχή της Μαραθούσας και οι περιοχές Χωρέμι, Ψαθί αποτελούνται από εναλλαγές μάργων, αργίλων, χουμωδών αργίλων και λιγνιτικών στρωμάτων με παρεμβολές λεπτομερών άμμων και φακοειδών διαστρώσεων χαλαρών κροκαλοπαγών λιμναίας φάσης. Τα λιγνιτοφόρα στρώματα αποσφηνώνονται προς τα περιθώρια της λεκάνης όπου επικρατούν ποτάμιες αποθέσεις. Η οροθέτηση της λιμναίας-ποτάμιας φάσης τόσο στην οριζόντια όσο και στην κάθετη εξέλιξη των σχηματισμών δεν είναι σταθερή.

Η τομή της Μεγαλόπολης (σχήμα 2.5) αρχίζει από το χωριό Απιδίτσα και καταλήγει στο χωριό Μακρύσιο. Στην τομή διακρίνουμε: Στα νοτιοδυτικά και από την επιφάνεια προς τα μέσα ολοκαινικές προσχωσιγενείς αποθέσεις, σχηματισμό Θωκνίας-Ποτάμιας πάχους 10-40m, τους σχηματισμούς Χωρεμίου συνολικού πάχους 200m, τον σχηματισμό Μακρυσίου συνολικού πάχους 60-120m και τέλος συναντούμε το φλύσχη Τρίπολης 450-500m. Στα μέσα της τομής όπου αντιστοιχεί στην περιοχή μεταξύ Μαραθούσας και Μεγαλόπολης στην επιφάνεια συναντούμε το στρώμα Μεγαλόπολης και στη συνέχεια το στρώμα Απιδίτσας, σχηματισμό Μακρυσίου και τέλος συναντούμε το φλύσχη Τρίπολης. Στα βορειοανατολικά εντοπίζονται ρήγματα και ο μόνος σχηματισμός που διακρίνεται είναι ο φλύσχη Τρίπολης.



Σχήμα 2.5: Τομή Μεγαλόπολης

Al: προσχωσιγενείς αποθέσεις, Pt.t<sub>3</sub>sc<sub>2</sub>: σχηματισμοί Θωκνίας- Ποτάμιας, Pt.lk: στρώματα Μαραθούσας, Pt.fl: στρώματα Μεγαλόπολης, Pt.t<sub>1</sub>sc<sub>1</sub>: σχηματισμός Απιδίτσας, Pt.lk<sub>1</sub>: σχηματισμός Μακρυσίου, fl: φλύσχη Τρίπολης.

### 2.3 Το τεκτονικό βύθισμα της Μεγαλόπολης

Το τεκτονικό βύθισμα της Μεγαλόπολης βρίσκεται περίπου στο κέντρο της Πελοποννήσου και στα ανατολικά της περιοχής μελέτης. Το περίγραμμα της λεκάνης έχει ελλειπτική μορφή,

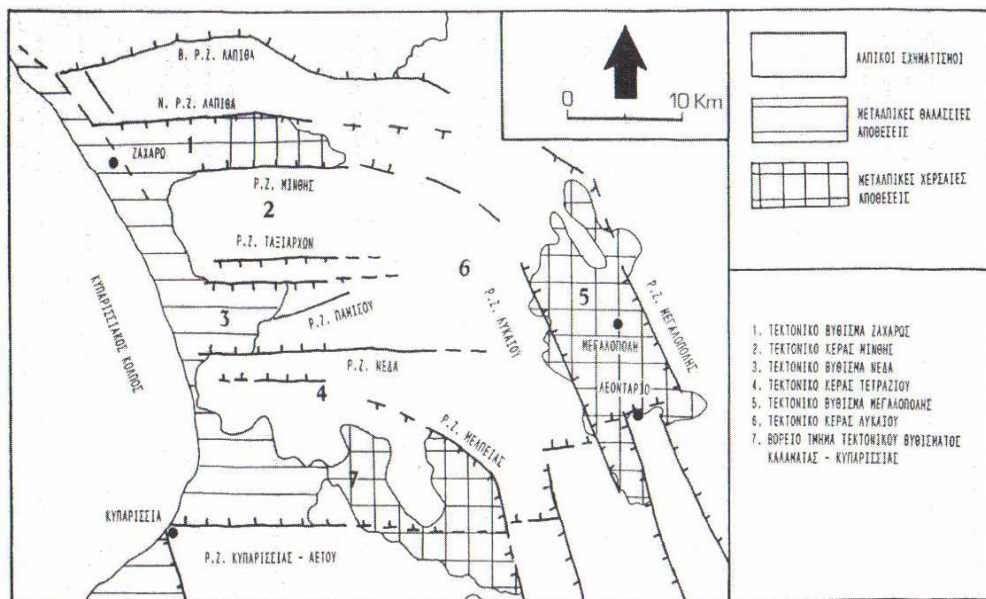
της οποίας ο μεγάλος άξονας έχει διεύθυνση NNW-SSE και μήκος 18 km, ο δε μικρός άξονας έχει διεύθυνση ENE-WSW και μήκος 10 km περίπου.

Οριοθετείται, δυτικά από το τεκτονικό κέρασ του Λύκαιου και ανατολικά από τα βουνά που παρεμβάλλονται μεταξύ της Μεγαλόπολης και της λεκάνης της Ασσέας από ρηξιγενείς ζώνες που έχουν διεύθυνση NNW-SSE, δηλαδή παράλληλη με τη διεύθυνση του μεγάλου άξονα ανάπτυξης της λεκάνης (Σχήμα 2.6). Νότια, το τεκτονικό κέρασ του Ταΰγετου, σταδιακά "θάβεται" κάτω από τις μεταλλικές αποθέσεις της λεκάνης. Στη περιοχή βόρεια του Λεονταρίου διέρχεται μία ρηξιγενής ζώνη διεύθυνσης περίπου E-W, η οποία έχει καλυφθεί από τις νεότερες μεταλλικές αποθέσεις της λεκάνης και που αποτελεί την προς τα ανατολικά προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης Κυπαρισσίας - Αετού (Φουντούλης Ι., 2000).

Η λεκάνη δημιουργήθηκε μετά το τέλος των εφαπτομενικών κινήσεων, κάπου μεταξύ Άνω Μειόκαινου και Κάτω Πλειόκαινου, αφού τα αρχαιότερα ιζήματα είναι άνω πλειοκαινικής ηλικίας. Η λεκάνη πληρώθηκε κατά το Πλειστόκαινο με λιμναίας φάσης κυρίως αποθέσεις. Το συνολικό πάχος των μεταλλικών αποθέσεων σε ορισμένες θέσεις ξεπερνάει τα 450 m., αφού το αλπικό υπόβαθρο των μεταλλικών αποθέσεων της λεκάνης σε ορισμένες θέσεις βρίσκεται σήμερα σε βάθη μεγαλύτερα των 150m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας (Παπαδόπουλος, 1985).

Ο ρηγματογόνος τεκτονισμός, που υπήρξε και ο κύριος παράγων δημιουργίας και εξέλιξης της λεκάνης, δεν σταμάτησε κατά το Κατώτερο Πλειόκαινο, αλλά είναι ενεργός ακόμη και σήμερα, καθώς πολλά από τα ρήγματα που έχουν τις ίδιες διευθύνσεις με τις περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες (NNW-SSE, E-W) έχουν κόψει τα μεταλλικά ιζήματα (Φουντούλης Ι., 2000).

Η θέση του Αλφειού (άνω ρους) ποταμού μέσα στη λεκάνη, που την αποστραγγίζει, είναι ασύμμετρη ως προς τα περιθώρια της. Πράγματι, ο Αλφειός ρέοντας από τα SSE προς τα NNW, απέχει περίπου 2 km από το δυτικό περιθώριο και 8 km από το ανατολικό.



Σχήμα 2.6: Οι 2<sup>ης</sup> τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές στο σύνθετο τεκτονικό βύθισμα ΜΕΛΥΜΙΤΕ (Φουντούλης Ι.).

#### 2.4 Σεισμολογικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή μελέτης

Ο σεισμός είναι ένα καθαρά γεωλογικό φαινόμενο με το οποίο συνδέεται η "στιγμιαία" εκτόνωση των τάσεων με θραύση τμημάτων της λιθόσφαιρας. Η γνώση του σεισμικού καθεστώτος μιας περιοχής σε συνδυασμό με την τεκτονική εξέλιξη της, συμβάλλει αποτελεσματικά στην κατανόηση της θραυσιγενούς τύπου παραμόρφωσης της λιθόσφαιρας που επικρατεί στην εν λόγω περιοχή. Το μεγαλύτερο ποσοστό της σεισμικής δραστηριότητας στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο εκλύεται στον Ελληνικό χώρο και οφείλεται κύρια στη σύγκρουση της Ευρωπαϊκής με την Αφρικανική πλάκα. Ο ευρύτερος χώρος της Δυτικής Πελοποννήσου παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα, αφού απέχει μερικές δεκάδες χιλιόμετρα από τη τάφρο του Ιονίου. Στο χώρο της Δυτικής Πελοποννήσου η σεισμική επικινδυνότητα (υψηλές σεισμικές επιταχύνσεις) της περιοχής οφείλεται τόσο στο μικρό εστιακό βάθος των σεισμών όσο και στο αναμενόμενο μέγεθος αυτών (Φουντούλης Ι., 2000).

Η περιοχή της Δυτικής Πελοποννήσου παρουσιάζει έντονη σεισμική δραστηριότητα από αρχαιοτάτων χρόνων. Κάποιοι από τους πιο καταστροφικούς σεισμούς γύρω από την περιοχή της Μεγαλόπολης είναι (Κίσκυρα, 1962; Γαλανόπουλο, 1981; Παπαζάχος&Παπαζάχου, 1989):

- 1898 (9 Νοεμβρίου) Ισχυρός σεισμός στην Κυπαρισσία.
- 1899 (22 Ιανουαρίου) Σφοδρός σεισμός στην Κυπαρισσία
- 1965 (5 Απριλίου) Σεισμός μεγέθους 6.1 και εστιακού βάθους 34km, έπληξε τον ευρύτερο χώρο της Μεγαλόπολης. Η μέγιστη σεισμική ένταση X βαθμών κατάρσενε τα χωριά Απιδίτσα, Χωρέμι, Κυπαρισσία και καλύβια Καρυών Αρκαδίας. Σεισμική ένταση ΙΧ βαθμών προκάλεσε βλάβες στα χωριά Θωκνία και Μαραθούσα Αρκαδίας. Επίσης βλάβες παρουσιάστηκαν στα χωριά του νομού Ηλείας που βρίσκονται κοντά στη σημερινή κοίτη του Αλφειού ποταμού όπως στους Κρουνοί(Χ) και τα Μακρίσια (ΙΧ). Πρέπει να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκαν διαρρήξεις μήκους 30-500m και πλάτους 3-5cm στα χωριά Κρουνοί και Καλλιθέα του νομού Ηλείας. Ακόμα και σήμερα είναι εμφανής η κατολίσθηση που έγινε κατά τον εν λόγω σεισμό πολύ κοντά στο χωριό Λύκαιο.
- 1966 (1 Σεπτεμβρίου) Σεισμός μεγέθους 5.4 και εστιακού βάθους 15km έπληξε το χώρο του τεκτονικού βυθίσματος Μεγαλόπολης, το επίκεντρο του σεισμού εντοπίστηκε στο ανατολικό περιθώριο του βυθίσματος. Ζημιές προξένησε εκτός από τη Μεγαλόπολη (VII) κυρίως στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης στα χωριά Τρίλοφο (VII+), Εκκλησούλα, Ραψωμάτι, Μαλωτά Σούλο και Μαραθούσα (VII).

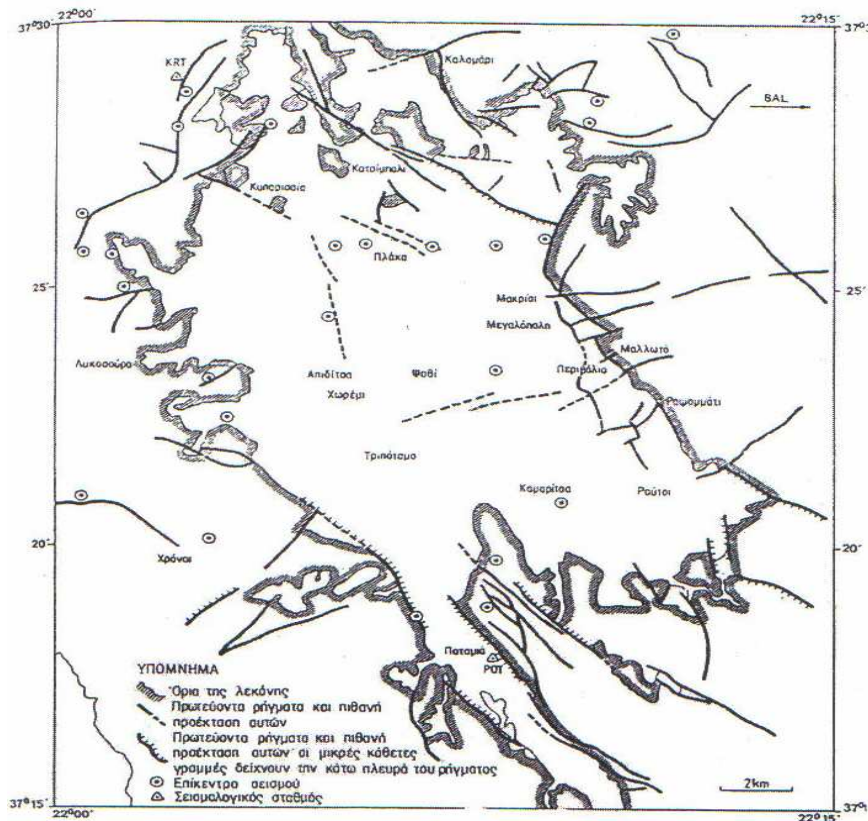
Οι κύριες τεκτονικές γραμμές και τη διασπορά των σεισμικών επικέντρων των σεισμών μεγέθους μικρότερου από 4.0 που καταγράφηκαν από μικροσεισμικό δίκτυο κατά το χρονικό διάστημα Φεβρουαρίου - Αυγούστου 1980 στο τεκτονικό βύθισμα της Μεγαλόπολης (Παπαδόπουλος 1985), φαίνονται στο σχήμα 2.7.

Παρατηρείται ότι:

α. Η σεισμική δραστηριότητα εκδηλώθηκε κύρια στα περιθώρια του, τα οποία καθορίζονται από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες (Ελληνίτσας - Χρούσας, Ραψωμάτι - Μακρисиού) και πολύ λιγότερο στο εσωτερικό του.

β. Κατά το προαναφερθέν χρονικό διάστημα Φεβρουαρίου - Αυγούστου 1980 ενεργοποιήθηκε περισσότερο, όπως φαίνεται και από τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σεισμικών επικέντρων, το NW τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος.

γ. Η σεισμική ενέργεια εκλύεται και από τα δύο συστήματα ρηξιγενών ζωνών και ρηγμάτων (NNW-SSE και E-W), τα δε βάθη των υποκέντρων των σεισμών κυμαίνονται στη μεγάλη τους πλειοψηφία μεταξύ 0 και 12 km.



Σχήμα 2.7: Χάρτης των κύριων ρηγμάτων και των επικέντρων των σεισμών Φεβρουαρίου-Αυγούστου 1980 (Παπαδόπουλος, 1985).

Οι μεγάλοι και καταστρεπτικοί σεισμοί έχουν πλήξει τις περιοχές που περιβάλλουν την περιοχή της κεντροδυτικής Πελοποννήσου και κυρίως τη Μεσσηνία που βρίσκεται νότια και την Ηλεία που βρίσκεται βόρεια. Οι μόνοι σεισμοί μεγαλύτεροι από 5.0 που έχουν καταγραφεί και έχουν σχέση με κάποια ρηξιγενή ζώνη είναι οι σεισμοί της Μεγαλόπολης που προαναφέρθηκαν. Οι ρηξιγενείς ζώνες και τα ρήγματα που επικρατούν στην Κεντροδυτική Πελοπόννησο κατά τη νεοτεκτονική περίοδο, είναι πλαγιοκανονικά, ενώ είναι πολύ λίγα τα ανάστροφα. Επιπλέον έντονη είναι η παρουσία νεοτεκτονικών πτυχών σε διάφορες κλίμακες παρατήρησης, των οποίων οι άξονες στη μεγάλη πλειοψηφία τους έχουν διεύθυνση WSW-ENE. Ο συνδυασμός όλων αυτών των στοιχείων δημιουργεί αρκετές δυσκολίες στην ερμηνεία του τύπου του εντατικού πεδίου που προκαλεί τη παραμόρφωση. Οι τύποι των εντατικών πεδίων (συμπίεση σε διεύθυνση NE-SW ή E-W, εφελκυσμός σε διεύθυνση N-S, ή διάτμηση μεταξύ των περιο-

χών συμπίεσης και εφελκυσμού), που έχουν κατά καιρούς προταθεί για την Πελοπόννησο, για να ερμηνευθεί το εντατικό πεδίο παραμόρφωσης του ευρύτερου χώρου της Κεντροδυτικής Πελοποννήσου πρέπει να εκφράζουν το τοπικό εντατικό πεδίο και όχι του ευρύτερου χώρου, δεδομένου ότι τα συμπεράσματα που προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψη μόνο τον θραυστιγενούς τύπου ενεργό τεκτονισμό, αγνοώντας τελείως την πλαστικού χαρακτήρα παραμόρφωση. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι αμφισβητούνται τα επιμέρους αποτελέσματα, τα οποία κατά τη γνώμη μας πρέπει να εκφράζουν, όπως προαναφέρθηκε, τις τοπικές συνθήκες παραμόρφωσης κατά την εκδήλωση του σεισμικού γεγονότος και όχι του ευρύτερου χώρου (Φουντούλης Ι., 2000).

## 2.5 Ιστορική Ανασκόπηση Ηπειρωτικής Λεκάνης Μεγαλόπολης

Ήδη από την αρχαιότητα ήταν γνωστές διάφορες εμφανίσεις λιγνίτη στην περιοχή. Ο Παυσανίας (2ος μ.Χ. αιώνας) αναφέρει, ότι κοντά σε μια πηγή στον Αλφειό ποταμό που διασχίζει τη λεκάνη "ανέθρωσκεν πυρ", γεγονός που μάλλον οφειλόταν σε αυτανάφλεξη λιγνίτη. Μέχρι το 1957 τα αποθέματα της λεκάνης υπολογίζονταν σε 2-3 Mt. Λειτουργούσαν μικρές ιδιωτικές εκμεταλλεύσεις, αλλά δεν υπήρχε ιδιαίτερο μεταλλευτικό ενδιαφέρον λόγω της κακής ποιότητας του λιγνίτη ([www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm)).

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης διερευνήθηκε συστηματικά μεταξύ των ετών 1957-1960, οπότε και διαπιστώθηκαν 700 Mt βέβαια λιγνιτικά αποθέματα, από τα οποία 490 Mt θεωρούνται τεχνικοοικονομικά απολήψιμα.

Τα λιγνιτικά αποθέματα κατανέμονται σε 4 επιμέρους κοιτάσματα που καταλαμβάνουν συνολική έκταση 23 km<sup>2</sup> περίπου (Πίνακας 2.1).

**Πίνακας 2.1:** Τα λιγνιτωρυχεία της λεκάνης Μεγαλόπολης

([www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm)).

	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Αποθέματα (Mt)	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Θερμ. Ι- καν. (kcal/kg)
Καρύταινα	1.0	9.9	69.4	11.0	695
Κυπαρίσσια	2.8	71.8	64.2	13.5	870
Θακνία	3.3	70.1	60.0	16.7	960
Μαραθούσα	1.7	29.6	58.4	17.8	995
Χωρέμι	14.0	308.6	60.3	14.5	1060

Ως προς την κατακόρυφο, διακρίνονται 3 λιγνιτοφόρες στιβάδες: Η κατώτερη (I ή "Ηλίας") με μέσο πάχος 25-30 m, η μεσαία (II ή "Όττο") με μέσο πάχος 15-20 m και η ανώτερη (III ή "Παναγιώτης") με περιορισμένη εξάπλωση στα ανατολικά. Μεταξύ των στιβάδων I και II παρεμβάλλονται άργιλοι πάχους 12-15 m, ενώ μεταξύ των II και III άργιλοι μικρότερου πάχους. Η μέση σχέση αποκάλυψης είναι 1.8:1, δηλαδή για να εξορυχθεί 1 t λιγνίτη εξορύσσονται 1.8 m<sup>3</sup> αγόνων υλικών. Η θερμογόνο δύναμη του λιγνίτη "ως έχει" είναι ιδιαίτερα χαμηλή (<1000

kcal/kg) και μάλιστα για πρώτη φορά διεθνώς χρησιμοποιήθηκε τόσο φτωχός λιγνίτης για ηλεκτροπαραγωγή.

Η λεκάνη Μεγαλόπολης είναι μια τεκτονική τάφρος, που διαμορφώθηκε από το Ολιγόκαινο μέχρι το Ανω-Πλειόκαινο. Τα περιθώρια και το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελούνται από ασβεστόλιθους Ανω-Τριαδικής μέχρι και Κατω-Τριτογενούς ηλικίας, καθώς επίσης και φλύσχη Ολιγοκαινικής ηλικίας. Κατά το τέλος του Παλαιογενούς με την ανύψωση των οροσειρών της Πελοποννήσου σχηματίστηκε η λεκάνη της Μεγαλόπολης. Οι κύριες διευθύνσεις των ρηγμάτων που διαμόρφωσαν τη λεκάνη είναι 140-160° και 30-50°.

Στο βύθισμα αποτέθηκαν αρχικά λιμναίες μάργες Ανω-Πλειοκαινικής ηλικίας (βαθμίδα Μακρυσίου). Η βύθιση της λεκάνης προχωρούσε σχετικά γρήγορα, έτσι που η άνοδος της στάθμης της λίμνης που δημιουργήθηκε ήταν ταχεία. Παρόλες τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες δεν σχηματίστηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα κάποιος μεγάλος τυρφώνας κι έτσι η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται μόνο από σπάνιες και σύντομες περιόδους χέρσευσης της λίμνης. Επομένως τα υπάρχοντα στρώματα λιγνίτη είναι μικρού πάχους και περιορισμένης σημασίας.

Η Ανω-Πλειοκαινική λεκάνη ιζηματογένεσης κατείχε μια κάπως διαφορετική θέση από τη σημερινή. Το ανατολικό περιθώριο της λίμνης την περίοδο αυτή (βαθμίδα Μακρυσίου) ήταν μάλλον πιο ανατολικά από ό,τι το σημερινό περιθώριο της λεκάνης, ενώ στα δυτικά δεν υπερέβαινε τη γραμμή Κυπαρισσιών-Κοτσιριδίου. Στα βόρεια και νότια η λίμνη δεν ξεπερνούσε την τωρινή έκταση των σχηματισμών του Μακρυσίου. Η λεκάνη την περίοδο αυτή αποστράγγιζόταν μάλλον προς νότο, στη λεκάνη της Σπάρτης.

Σε μια ψυχρότερη και πιο πλούσια σε βροχοπτώσεις φάση στο τέλος του Ανώτερου Πλειοκαινού σχηματίστηκαν οι ποτάμιες αποθέσεις της βαθμίδας Τριλόφου. Η έκταση των αποθέσεων φθάνει ανατολικότερα του σημερινού περιθωρίου της λεκάνης.

Κατά την 4η ψυχρή περίοδο του Πλειστοκαίνου (παγετώδης περίοδος Gunz.?) υπήρξε έντονη προσφορά κλαστικού υλικού στη λεκάνη. Τα κλαστικά υλικά (σχηματισμός της Απιδίτσας) μεταφέρθηκαν από τα νότια, δυτικά και βόρεια περιθώρια προς το κέντρο της λεκάνης και από εκεί προς Β κατά μήκος του σημερινού άξονα της λεκάνης. Η αποστράγγιση γινόταν πιθανά μέσω ενός ποτάμιου συστήματος προς τα βόρεια στη λεκάνη του Πύργου. Τα νότια, δυτικά και βόρεια όρια της λεκάνης κατά την απόθεση του σχηματισμού της Απιδίτσας συνέπιπταν με τα σημερινά, ενώ τα ανατολικά όρια δεν είναι επακριβώς γνωστά.

Κατά την επόμενη (3η) θερμή περίοδο του Πλειστοκαίνου (βαθμίδα Χωρεμίου) δημιουργήθηκαν σε πολλά τμήματα της λεκάνης λίμνες, οι οποίες κατά περιόδους συνδέονταν μεταξύ τους. Μία από αυτές τις λίμνες στην περιοχή του Χωρεμίου χέρσευσε αρκετές φορές, έτσι που δημιουργήθηκαν επανειλημμένα κατω-τυρφώνες, που καλύπτονταν συχνά από νερά με αποτέλεσμα το κοίτασμα Χωρεμίου να έχει αρκετά ενδιάμεσα. Η τεκτονική βύθιση συνεχίστηκε στη λεκάνη, εκτός από το βόρειο τμήμα της, στο οποίο η βύθιση ήταν πολύ μικρότερη. Γι αυτό στην περιοχή των Κυπαρισσιών ο συγκεκριμένος κατω-τυρφώνας διατηρήθηκε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα χωρίς να “πνιγεί”, με συνέπεια το κοίτασμα Κυπαρισσιών να μην έχει πολλά ενδιάμεσα άγονα υλικά. Σταδιακά οι τύρφες που αποτέθηκαν ενανθρακώθηκαν μέχρι το στάδιο του μαλακού λιγνίτη (σχηματισμός Μαραθούσας). Στους περιθωριακούς τομείς της λε-



κάνης, που κατείχε έκταση περίπου ίδια με τη σημερινή, αποτέθηκαν αδρομερή κλαστικά υλικά.

Κατά την ίδια (θερμή) περίοδο τα κλαστικά υλικά της Απιδίτσας αποσαθρώθηκαν έντονα σχηματίζοντας ερυθρογή (terra rossa). Ο σχηματισμός της Απιδίτσας αποτελεί το νεότερο κλαστικό υλικό, από την αποσάθρωση του οποίου προέκυψαν χαρακτηριστικοί κοκκινόχρωμοι πηλοί, ενώ όλες οι μετέπειτα αποθέσεις που αποσαθρώθηκαν και έδωσαν καστανούς πηλούς.

Στην επόμενη τρίτη ψυχρή περίοδο (παγετώδης περίοδος Mindel?) καλύφθηκαν κατά θέσεις τα λιμναία και ποτάμια ιζήματα του σχηματισμού Μαραθούσας από τα κλαστικά υλικά των σχηματισμών Μεγαλόπολης. Η αποστράγγιση της λεκάνης γινόταν προς τα βόρεια, στη λεκάνη του Πύργου.

Η πιο έντονη βύθιση της λεκάνης είχε ολοκληρωθεί. Στη δεύτερη θερμή περίοδο διαβρώθηκε η περιοχή και σχηματίστηκε το σημερινό ποτάμιο σύστημα, ενώ κατά τη δεύτερη ψυχρή (παγετώδης περίοδος Riss) περίοδο αποτέθηκαν κλαστικά ιζήματα (βαθμίδα Ποταμιάς) στις κοιλάδες που σχηματίστηκαν από τη διάβρωση.

Κατά την επόμενη θερμή περίοδο (βαθμίδα Θωκνίας) διαβρώθηκε ο σχηματισμός της Ποταμιάς, ενώ στα υπολείμματα σχηματίστηκε ένα κάλυμμα από καστανό πηλό. Οι διαβρωσιγενείς δομές πληρώθηκαν κατά την πιο πρόσφατη ψυχρή περίοδο του Πλειστοκαίνου (παγετώδης περίοδος Würm) με τα κλαστικά υλικά της Θωκνίας και αποτελούν τη μεσαία ποτάμια αναβαθμίδα, που στη συνέχεια διαβρώθηκε κατά το Ολόκαινο.

Η εκμετάλλευση άρχισε το 1969 από το πεδίο Θωκνίας, το οποίο ήδη έχει εξοφληθεί, και συνεχίστηκε στο πεδίο Χωρεμίου. Η εξόρυξη διεξάγεται με την υπαίθρια συνεχή μέθοδο (γερμανική). Χρησιμοποιούνται καδοφόροι εκσκαφείς και περίπου 60 km μεταφορικών ταινιών, με τις οποίες διακινούνται τα εξορυσσόμενα άγωνα και ο λιγνίτης. Η ετήσια παραγωγή λιγνίτη ξεπερνά τα 7 Mt και καλύπτει τις ανάγκες δυο θερμοηλεκτρικών Μονάδων της Δ.Ε.Η. συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 850 MW (Μονάδα Α: 2x125+300 MW, Μονάδα Β: 300 MW).

## **2.6 Καρστική Υδροφορία στην λεκάνη της Μεγαλόπολης**

Η μελέτη της καρστικής υδροφορίας η οποία αναπτύσσεται στους έντονα καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους του υποβάθρου του λιγνιτικού πεδίου των Κυπαρισσιών είναι θεμελιώδους σημασίας για τη πιθανή εκμετάλλευση του πεδίου αυτού καθώς η πιεζομετρική επιφάνεια του καρστικού υδροφορέα ευρίσκεται 60-70m υψηλότερα από το επιχειρησιακό δάπεδο ανοιχτού ορυχείου λιγνίτη (Τσιφτσής Ε, 1991).

Ο διαχωρισμός πέντε ανεξάρτητων καρστικών υδροφόρων οριζόντων, που ο καθένας έχει διαφορετικό υδρογεωλογικό καθεστώς και οι οποίοι αναπτύσσονται στο ασβεστολιθικό υπόβαθρο της περιοχής Κυπαρισσιών, βασίστηκε στην μελέτη της γεωλογίας και της υδρογεωλογίας της περιοχής (π.χ. της κατανομής στο χώρο της πιεζομετρικής στάθμης και του μοντέλου διακύμανσης της στάθμης του υπόγειου νερού και επίσης στα αποτελέσματα της υδροχημικής έρευνας (Τσιφτσής Ε, 1991).

Από έρευνες βρέθηκε ότι εκτός από τα συνηθισμένα υδρογεωλογικά προβλήματα που συνδέονται με τη μεταλλεία από ένα ανοικτό κοίλωμα, σημαντικά προβλήματα προκύπτουν επίσης από την παρουσία ενός καρστικού σώματος που αναπτύσσεται στον τομέα Κυπαρισσίας με μια πιεζομετρική επιφάνεια ή μια στάθμη νερού που βρίσκεται σε μια ανύψωση 330-340m.

Οι λεκάνες στον τομέα Κυπαρισσίας αποτελούνται κυρίως από τα ιζήματα του σταδίου Απιδίτσας και των λιγνιτοφόρων στρωμάτων Μαραθούσας και εν μέρει των στρωμάτων Μεγαλόπολης. Ο λιγνίτης εμφανίζεται εδώ υπό μορφή παχίου ορίζοντα στον οποίο ο άργιλος, ο βούρκος και τα ασβεστολιθικά στρώματα δεν είναι σημαντικού πάχους. Ένα μεγάλο μέρος του τομέα Κυπαρισσιών καλύπτεται από τα αμμοχάλικα πεζουλιών του ποταμού Αλφειού (Τσιφτης Ε., 1991).

Τρεις τύποι υδροφόρων στρωμάτων αναπτύσσονται στον τομέα Κυπαρισσιών, ως εξής:

1. Τα αμμοχάλικα πεζουλιών του ποταμού Αλφειού είναι γενικά ιδιαίτερα διαπερατά αν και ένας χαμηλότερος βαθμός διαπερατότητας πρέπει να οριστεί στη Θωκνία και ειδικά στα ποτάμια πεζούλια, λόγω του μεγαλύτερου μέρους του αργίλου στη σύνθεσή τους. Με βάση τη λιθολογία τους, τα μέρη της υψηλότερης διαπερατότητας πρέπει να είναι παρόντα μέσα τους υπό μορφή καναλιών ή φακών.

Διαμορφώνουν ένα ενιαίο υδροφόρο στρώμα που είναι σε στενή υδραυλική σχέση με το σύστημα ύδατος επιφάνειας (π.χ. ποταμός Αλφειού και δευτερεύοντες παραπόταμοι) και επίσης σε ισχύ (π.χ. γύρω και στο Βορρά της γέφυρας Κυπαρισσίας πέρα από τον ποταμό Αλφειού και στο φαράγγι Άγιος Γεώργιος) με το καρστικά υδροφόρα στρώματα που αναπτύσσονται κοντά στον τομέα Κυπαρισσία.

2. Μερικά υδροφόρα στρώματα μικρού βαθμού και πάχους αναπτύσσονται στα διαπερατά μέρη των μη σταθεροποιημένων ιζηματογενών λεκανών που γεμίζουν τον τομέα Κυπαρισσίας. Αυτά τα υδροφόρα στρώματα εμφανίζονται ως χωριστά στρώματα υπόγειων νερών. Μερικά, επιπλέον, στρώματα είναι αρτεσιανά. Τα στρώματα λιγνίτη είναι αποσπασματικά και σχετικά διαπερατά. Τέλος, στην κορυφογραμμή Σικελίας, όπου το υδροφόρο στρώμα αναπτύσσεται άμεσα στον ασβεστόλιθο, είναι ίδιας υδραυλικής συνοχής με τα καρστικά υδροφόρα στρώματα.

3. Τελικά και επιπλέον, στα καρστικά υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται ανώτεροι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι του στρώματος βράχου κάτω από τα ιζήματα λεκανών.

Μια σχετικά λεπτομερής υδρογεωλογική έρευνα διεξήχθη από την εταιρία O.GOLD (1963), ως τμήμα της ερευνητικής εργασίας για την εκμετάλλευση του λιγνίτη. Από την αξιολόγηση των στοιχείων όσον αφορά τις καρστικές πηγές στην περιοχή (κατάσταση, ροή, θερμοκρασία ύδατος και ποιότητα), από τα αρχεία των διαδικασιών διάτρησης και επίσης από τα αποτελέσματα των δοκιμών άντλησης, βγήκε το συμπέρασμα ότι ο ασβεστόλιθος είναι διαποτισμένος με τα υπόγεια νερά στο επίπεδο επιφάνειας της λεκάνης του τομέα Κυπαρισσίας. Το καρστικό νερό κάτω από την πλήρωση των λεκανών πρέπει να θεωρηθεί μεγάλο και ενδεχομένως εκτεταμένο με τη σχετικά ομοιόμορφη επικράτηση όρων πίεσης.

Με βάση έναν συντελεστή διήθησης 50%, η ποσότητα διείσδυσης ύδατος υπολογίστηκε να είναι στην περιοχή  $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ . Η ποσότητα μόνιμου ύδατος υπολογίστηκε να είναι μεταξύ  $85$  και  $210 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Ολοκληρώνοντας σχετικά με την καρστική υδροφορία στην λεκάνη της Κυπαρισσίας έχουμε:

1. Ο ασβεστόλιθος περιέχει τα υπόγεια νερά μέχρι το επίπεδο της κορυφαίας επιφάνειας της λεκάνης Κυπαρισσίας.

2. Η καρστική αποθήκευση υπόγειων νερών μπορεί να θεωρηθεί μεγάλη. Το καρστικό σώμα είναι μεγάλου βαθμού, με λίγο πολύ ομοιόμορφους όρους πίεσης.

3. Το βόρειο μέρος της λεκάνης αντιπροσωπεύει την περιοχή επαναφορτίσεων του υδροφόρου στρώματος (Luttig & Thiele, 1968).

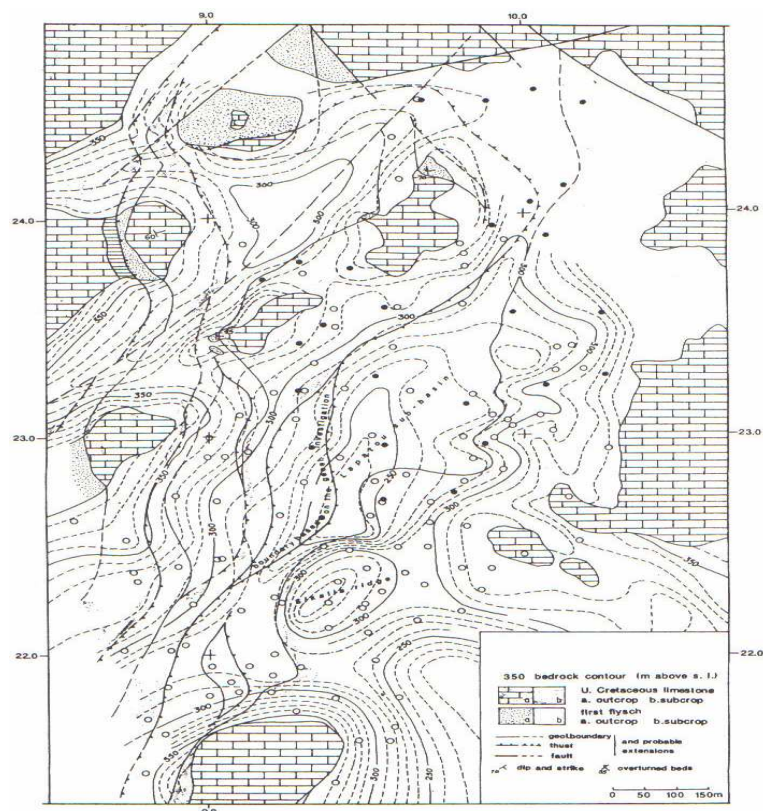
Δύο τύποι υδροφόρων στρωμάτων αναπτύσσονται μέσα στη λεκάνη Μεγαλόπολης (Karkulia, 1975):

A. Η μη σταθεροποιημένη γεμάτη λεκάνη

B. Ο ασβεστόλιθος κάτω από και στα περιθώρια της λεκάνης.

### **2.6.1 Γεωλογικός, υδρογεωλογικός και γεωφυσικός προσδιορισμός της έκτασης των καρστικών υδροφόρων στρωμάτων**

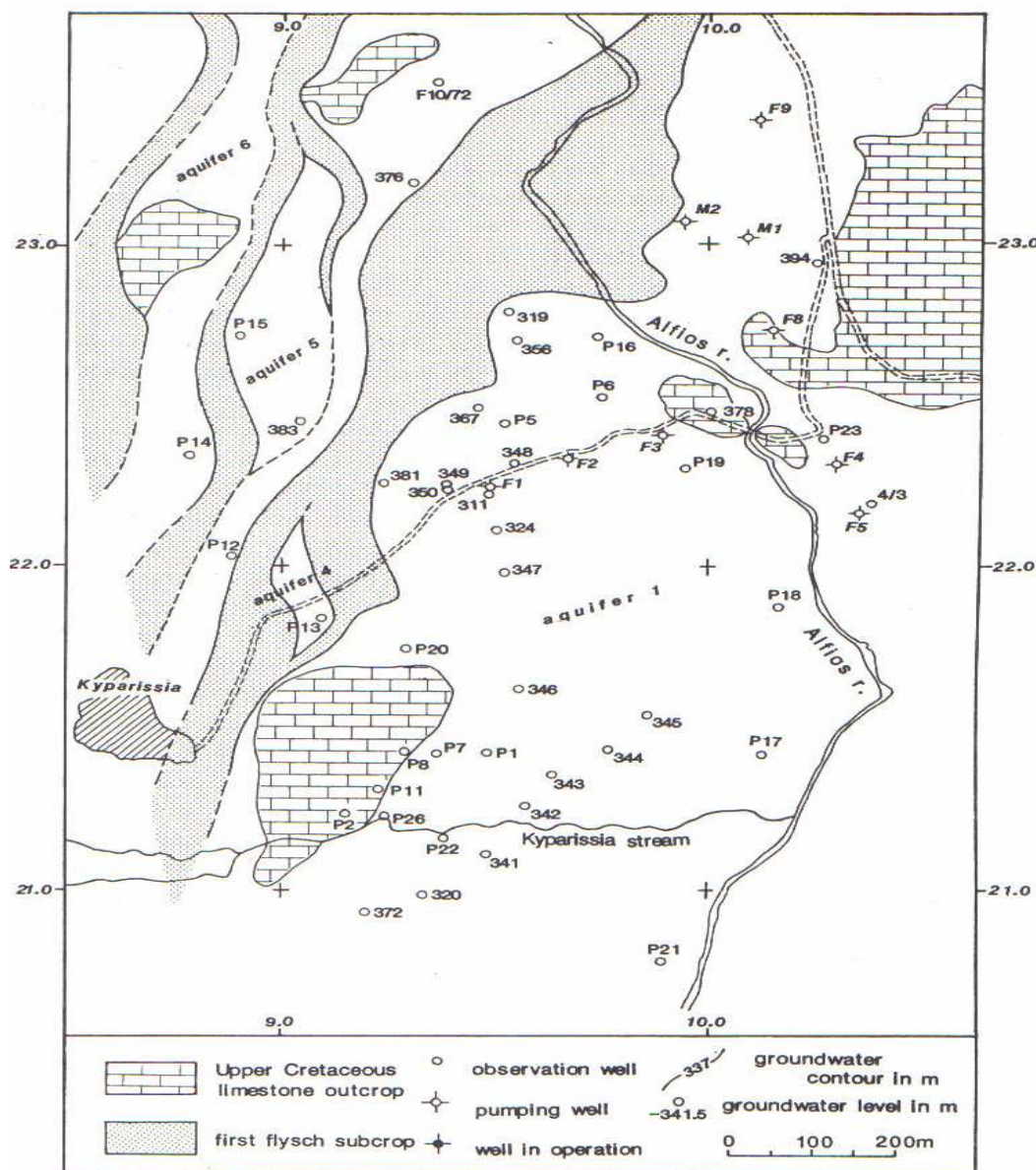
Η ζώνη Πίνδου παρουσιάζει διαφορετική δομή και ανάπτυξη στις αντίθετες πλευρές της λεκάνης Μεγαλόπολης, με συνέπεια τα διαφορετικά υδρογεωλογικά καθεστάτα. Κατά συνέπεια, στη δυτική πλευρά της λεκάνης, η ζώνη Πίνδου παρουσιάζει μία δομή Πρώτου Φλύσχη και των ανώτερων κρητιδικών ασβεστόλιθων, ανώμαλων και στο πάχος και το βαθμό. Οι αποθέσεις ασβεστόλιθων διαμορφώνουν συνήθως τα μεμονωμένα υδροφόρα στρώματα με τα υπόγεια νερά που κινούνται κατά προσέγγιση σε μια κατεύθυνση N-S καθώς και εκτεταμένες διαρροές. Η ανατολική πλευρά της λεκάνης αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ανώτερο Κρητιδικό ασβεστόλιθο τοποθετημένος επάνω στο ανθρακικό άλας της ζώνης Τρίπολης. Τα υπόγεια νερά διηθούνται προς τα κάτω σε ένα βαθύτερο σύστημα υδροφόρων στρωμάτων ενώ, σε ισχύ είναι οι ασβεστόλιθοι οι οποίοι είναι τοποθετημένοι επάνω στο φλύσχη της ζώνης Τρίπολης (σχήμα 2.8)(Τσίφτσης Ε., 1991).



Σχήμα 2.8: Γεωλογικός χάρτης του υποβάθρου του πεδίου Κυπαρισσίων (Τσιφτσής Ε, 1991).

Η ύπαρξη ενός αριθμού μικρών καρστικών υδροφόρων στρωμάτων που αναπτύχθηκαν στον τομέα Κυπαρισσίας θεωρήθηκε ως βασική προϋπόθεση στα πρώτα στάδια των γεωλογικών και γεωφυσικών ερευνών και επιβεβαιώθηκε αργότερα.

Περισσότερες από 60 γεωτρήσεις/φρεάτια παρατήρησης (σχήμα 2.9) ανορύχθηκαν, εκτός από την μελλοντική περιοχή του τομέα ορυχείων, και στο βόρεια και ανατολικά της περιοχής Κυπαρισσίων, για να χρησιμοποιηθούν στην λήψη πληροφοριών για τα επίπεδα υπόγειων νερών. Τα φρεάτια παρατήρησης επιλέχθηκαν από εκείνες τις γεωτρήσεις που διαπέρασαν τα μη σταθεροποιημένα ιζήματα λεκανών. Έγιναν με τέτοιο τρόπο που οι ληφθείσες μετρήσεις αναφέρονταν μόνο στα επίπεδα υπόγειων νερών των καρστικών υδροφόρων στρωμάτων.



**Σχήμα 2.9:** Θέση των πιεζόμετρων και των παραγωγικών γεωτρήσεων που έχουν ανορυχθεί στους καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες, οι οποίοι αναπτύσσονται στο πεδίο Κυπαρισσίας.

Σε μερικά από τα φρεάτια, η τελευταία καταγραφή του επιπέδου υπόγειων νερών ήταν πριν πολλά έτη (κυρίως από το 1960), αλλά τα έγκυρα και συνεχή στοιχεία είναι το μόνο ικανό όφελος για την περίοδο 1975-1983.

Οι υδρογεωλογικές καθορισμένες ζώνες των στεγανών βράχων που ενεργούν ως εμπόδια στη μετακίνηση υπόγειων νερών συμπίπτουν με εκείνες τις ζώνες πρώτου φλύσχη του οποίου η παρουσία έχει προκύψει από γεωλογικές και γεωφυσικές έρευνες.

Η χημική σύσταση του ύδατος επιφάνειας (ποταμός Αλφειός), του ύδατος των καρστικών πηγών που προκύπτουν στα βόρεια του τομέα Κυπαρισσίας και των υπόγειων νερών των υδροφόρων στρωμάτων που μελετήθηκε, καθόρισε ότι αυτά τα δύο υδροφόρα στρώματα κυρίως που αναπτύσσονται κάτω από τον τομέα Κυπαρισσίας περιέχουν στο νερό τους διαφορετική χημική σύνθεση. Το υδροφόρο στρώμα 1 περιέχει νερό του τύπου  $\text{Ca/Mg:HCO}_3$ , ενώ το υδροφόρο στρώμα 2 περιέχει το νερό τύπου  $\text{Ca/Mg:HCO}_3/\text{SO}_4$ . Σύμφωνα με την υπάρχουσα υ-

δραυλική κλίση μεταξύ των υδροφόρων στρωμάτων 1 και 2, το νερό πρέπει να κινηθεί από τα πρώτα προς τα τελευταία. Η διαφορά στη χημική σύσταση του νερού σε αυτά τα δύο υδροφόρα στρώματα δεν θα μπορούσε εντούτοις, να εξηγηθεί ως φυσική διαδικασία της εξέλιξης της χημείας του νερού και έτσι η παρουσία αυτών των χημικά διαφορετικών τύπων νερού ενεργεί ως απόδειξη ότι τα δύο υδροφόρα στρώματα δεν είναι ίδιας υδραυλικής συνοχής αλλά χωρίζουν τις υδρογεωλογικές μονάδες με τα διαφορετικά υδρογεωλογικά και υδροχημικά καθεστώτα (Τσιφτσής Ε., 1991).

## 2.7 Σπουδαιότητα Λιγνίτη Μεγαλόπολης

Τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ στην Πτολεμαΐδα και τη Μεγαλόπολη εξασφαλίζουν το σημαντικότερο για την ελληνική οικονομία ενεργειακό καύσιμο, το λιγνίτη, στον οποίο βασίστηκε ο εξηλεκτρισμός της χώρας μας από τη στιγμή της ίδρυσης της Επιχείρησης. Σήμερα, οι 8 λιγνιτικοί σταθμοί της ΔΕΗ αποτελούν το 44% της εγκατεστημένης ισχύος και παράγουν το 62% περίπου της ηλεκτρικής παραγωγής της ΔΕΗ ([www.dei.gr](http://www.dei.gr)).

Η χρήση του λιγνίτη, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αποφέρει στην Ελλάδα τεράστια εξοικονόμηση συναλλάγματος (περίπου 1 δισ. δολάρια ετησίως). Ο λιγνίτης είναι καύσιμο στρατηγικής σημασίας για τη ΔΕΗ, γιατί έχει χαμηλό κόστος εξόρυξης, σταθερή και άμεσα ελέγξιμη τιμή και παρέχει σταθερότητα και ασφάλεια στον ανεφοδιασμό καυσίμου. Συγχρόνως, προσφέρει χιλιάδες θέσεις εργασίας στην ελληνική περιφέρεια, ιδιαίτερα σε περιοχές που εμφανίζουν μεγάλα ποσοστά ανεργίας. Ο λιγνίτης έχει συντελέσει τα μέγιστα στην αύξηση του εθνικού προϊόντος ([www.dei.gr](http://www.dei.gr)).

Στην Πελοπόννησο, στο Νομό Αρκαδίας έχει δημιουργηθεί το Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης. Σήμερα λειτουργούν εκεί τα Ορυχεία Χωρεμίου, Μαραθούσας και Κυπαρισσίων. Στη λεκάνη της Μεγαλόπολης η λιγνιτογένεση έγινε όπως και στη Δυτική Μακεδονία. Η ανάπτυξη πλούσιας βλάστησης έγινε σε τέλματα ή αβαθείς λίμνες στις θερμές περιόδους του Πλειστόκαινου, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τον ασυνεχή σχηματισμό λιγνιτικών στρωμάτων, που καλύπτονταν από φερτά γαιώδη υλικά του ποταμού Αλφειού. Συνολικά δημιουργήθηκαν τρεις λιγνιτικοί ορίζοντες με ιζήματα μεταξύ τους.

Στη λεκάνη διακρίνονται τρία λιγνιτικά κοιτάσματα, πιθανόν λόγω της ύπαρξης τριών ανεξάρτητων λιμνών, με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Τα κοιτάσματα αυτά είναι: Χωρέμι - Μαραθούσα (ολικό βάθος 140m), Θωκνία - Κυπαρίσσια (ολικό βάθος 20-100 μ.) και Καρύταινας (ολικό βάθος 45m). Το πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων κυμαίνεται από λίγα εκατοστά έως 5 μέτρα. Στο Λιγνιτωρυχείο υπάρχουν σήμερα 10 καδοφόροι εκσκαφείς, 6 αποθέτες, 43 km ταινιόδρομοι (με πλάτος 1.2 – 1.6 μέτρα) και περίπου 330 ντιζελοκίνητα μηχανήματα. Η μέση θερμογόνο δύναμη του λιγνίτη ανέρχεται σε 1000 kcal/kg. Το 2003 η παραγωγή λιγνίτη ανήλθε σε 13.54 εκ. τόνους. Στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης απασχολούνται σήμερα περίπου 1000 άτομα ([www.dei.gr](http://www.dei.gr)).

## **2.8 Στρωματογραφική Αποτύπωση Λιγνιτοφόρου Στρώματος Μαραθούσας**

Το πεδίο Μαραθούσας περιλαμβάνει ξεκινώντας από την επιφάνεια τμήμα αγόνων μέσου πάχους 10 m με εναλλαγές αργίλων και άμμου ή και μάργας γκρι χρώματος έως καστανέρυθρο και παρουσία ασβεστόλιθων. Ακολουθούν οι τρεις λιγνιτικοί ορίζοντες με ενδιάμεσες παρεμβολές αγόνων υλικών γκρι χρώματος κυρίως αργιλικών στρωμάτων μέσου πάχους ισομέτρων. Οι στείρες ενδιάμεσες ενστρώσεις αποτελούν ως επί το πλείστον από αργίλους, ασβεστολιθικές μάργες, άμμους και ίλυ. Συχνά είναι αρκετά χουμώδη και δεν γίνεται εμφανής η διάκριση μεταξύ αυτών και του αργιλικού γαιώδη λιγνίτη (Νικολάου Ι., 1997).

Οι λιγνιτικές αποθέσεις παρουσιάζουν λεπτοστρωματώδη έως λεπτοπλακώδη υφή όταν ο λιγνίτης είναι συμπαγής. Υπάρχουν όμως και γαιώδεις και εύθρυπτοι λιγνίτες. Το μεγαλύτερο συνολικό πάχος του απολήψιμου λιγνίτη υπολογίστηκε περίπου στα 100m κατά τη διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ ενώ προς τα εξωτερικά όρια του κοιτάσματος το πάχος μειώνεται. Η μέση τιμή της υγρασίας του αγγίζει το 60% της αρχικής του μάζας, ενώ η τέφρα ποικίλει και σε ποσοστό της % και σε σύσταση από τα αρχικά περιεχόμενα ανόργανης ύλης (Νικολάου Ι., 1997).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

### 3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται, αναλύονται και εκτιμώνται τα αποτελέσματα από ραδιομετρικές έρευνες (Δανάκη-Κωστάκη, 1990) που έχουν γίνει στο πεδίο της Μεγαλόπολης.

### 3.2 Κοιτασματολογικά – Τεχνικά στοιχεία του λιγνίτη

Το χρώμα του λιγνίτη είναι καστανό κατά την εξόρυξη, είναι μαλακός και πλαστικός, περιέχει άργιλο και συχνά η μετάβαση του σε πλαστική άργιλο πρασινωπή ή κυανωπή, γίνεται βαθμιαία.

Τα στρώματα του λιγνίτη στα πεδία εξόρυξης έχουν πάχος κυμαινόμενο από μικρότερο του 1 m μέχρι πολλές φορές πάνω από 25 m. Η υγρασία του κυμαίνεται γύρω στο 60%, η τέφρα του γύρω στο 15%, τα πτητικά συστατικά του γύρω στο 20% και η θερμογόνα δύναμη του γύρω στις 1000 Kcal/kg. Τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα πρέπει να ξεπερνούν το 1000000 m<sup>3</sup> λιγνίτη. Σημαντικές είναι οι αποθέσεις τέφρας που προέρχονται από τη λειτουργία του εκεί ΑΗΣ.

### 3.3 Ραδιομετρικές εργασίες υπαίθρου - Δειγματοληψίες

Η ραδιομετρικές εργασίες υπαίθρου έγιναν πάνω στη στάθμη εργασιών εκμετάλλευσης της χρονικής περιόδου Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου 1984. Κατά την διάρκεια της ραδιομετρικής έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ένα φορητό φασματόμετρο τύπου GAM-1 SCINTREX και ένα φορητό σπινθηρόμετρο τύπου SPP-2NF SRAT. Έγιναν αναγραφές για περισσότερες από 1000 μετρήσεις και δειγματοληψίες περίπου 50 αντιπροσωπευτικών δειγμάτων.

Ραδιομετρήθηκαν ή και δειγματίστηκαν το αργιλικό πλήρωμα της λεκάνης, το αλπικό υπόβαθρο της περιοχής (ασβεστόλιθοι και φλύσχης), τα ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή που ήταν υπερκείμενα των λιγνιτών, ο σταθμός ΑΗΣ, οι παλιές και νέες αποθέσεις τέφρας (Χωρεμίου και Θωκνίας), καθώς και όλοι οι ορίζοντες εκμετάλλευσης λιγνίτη και οι εκσκαφές Χωρεμίου και Κυπαρισσίου, που προορίζονται για μελλοντική εκμετάλλευση. Επίσης ραδιομετρήθηκαν και δειγματίστηκαν νερά της περιοχής, λιγνίτες, τέφρες και εδάφη της περιοχής Μεγαλόπολης.

Στον πίνακα 3.1 φαίνονται τα όρια διακύμανσης της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα (ραδιενέργειας), που μετρήθηκαν στους αντιπροσωπευτικούς σχηματισμούς στην περιοχή Μεγαλόπολης.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1:** Όρια διακύμανσης της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα.

A/A	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΙΜΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡ- ΓΕΙΑΣ σε c/s* με GAM- 1	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	Φλύσχη	200-300	Σχηματισμός υποβάθρου
2	Ασβεστόλιθος	100-200	Σχηματισμός υποβάθρου
3	Ασβεστολιθικά κροκ/παγη	200-770	Πλειστοκαινικά ή ολοκαινικά υπερκεί- μενα λιγνίτη
4	Άργιλοι	200-300	Στα περιθώρια της λεκάνης
5	Άργιλοι	150-400	Παρεμβλλόμενοι στο λιγνίτη
6	Λιγνίτες	180-650	Ανώτερη εκμεταλλεόμενοι ορίζοντες
7	Λιγνίτες	180-450	Λιγνίτες αναμικτήρων
8	Λιγνίτες	180-220 (200)**	Νέες αποθέσεις τέφρας Θωκνίας
9	Τέφρα	<b>400-1300</b>	Παλιές αποθέσεις τέφρας
10	Τέφρα	<b>650-1100</b>	Χωρεμίου

\*Κρούσεις ανά δευτερόλεπτο

\*\*Μέση τιμή

Η σχέση τιμών ραδιενέργειας μεταξύ στρώματος λιγνίτη προς παρεμβλλόμενη άργιλο μέ-  
σα στους ορίζοντες εκμετάλλευσης, ήταν της τάξης μεταξύ 1.5:1 έως 2:1.

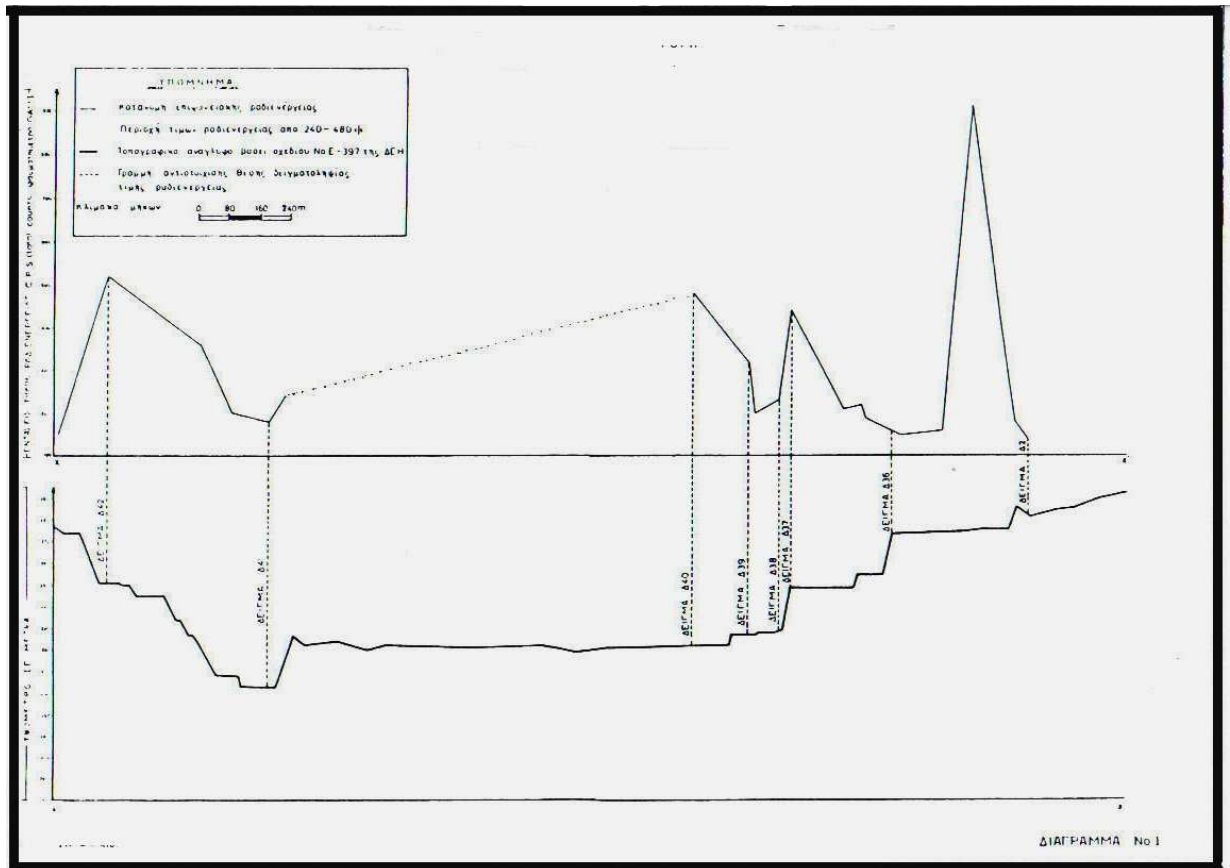
Αξιοσημείωτη αύξηση της ραδιενέργειας σε λιγνίτη, παρουσιάστηκε στο δάπεδο του ορί-  
ζοντα εκμετάλλευσης E<sub>9</sub>, σε περιοχή από 1100 έως 1350 m από την κεφαλή του ταινιόδρο-  
μου, με τιμές 550-620 c/s (G-1). Οι συνήθεις τιμές στον ορίζοντα αυτόν, ήταν 200-260 c/s.  
Σημειακές αυξήσεις των τιμών ραδιενέργειας του λιγνίτη στα διάφορα επίπεδα εκμετάλλευσης  
εμφανίστηκαν σταδιακά.

Τα ανοικτά πεδία Χωρεμίου και Θωκνίας, διασκοπήθηκαν οριζόντια με ραδιομετρικές ο-  
δεύσεις κατά τη διεύθυνση των ταινιόδρομων εκμετάλλευσης E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>8</sub>, E<sub>9</sub>, E<sub>10</sub>, E<sub>11</sub>, καθώς  
και με κεκλιμένες οδεύσεις. Μία συνεχής διασκόπηση του πεδίου Χωρεμίου έγινε κατά μήκος  
της τομής XX', δηλαδή NNA-BBA. Η παρουσίαση του ραδιομετρικού αναγλύφου της περιο-  
χής αυτής σε συσχετισμό με το τοπογραφικό ανάγλυφο, γίνεται στα σχήματα 3.1, 3.2, 3.3 δί-  
νονται τα ραδιομετρικά ανάγλυφα κατά μήκος των αντίστοιχων τομών εκμετάλλευσης. Από  
αυτά φαίνεται η διακύμανση της ραδιενέργειας του λιγνίτη.

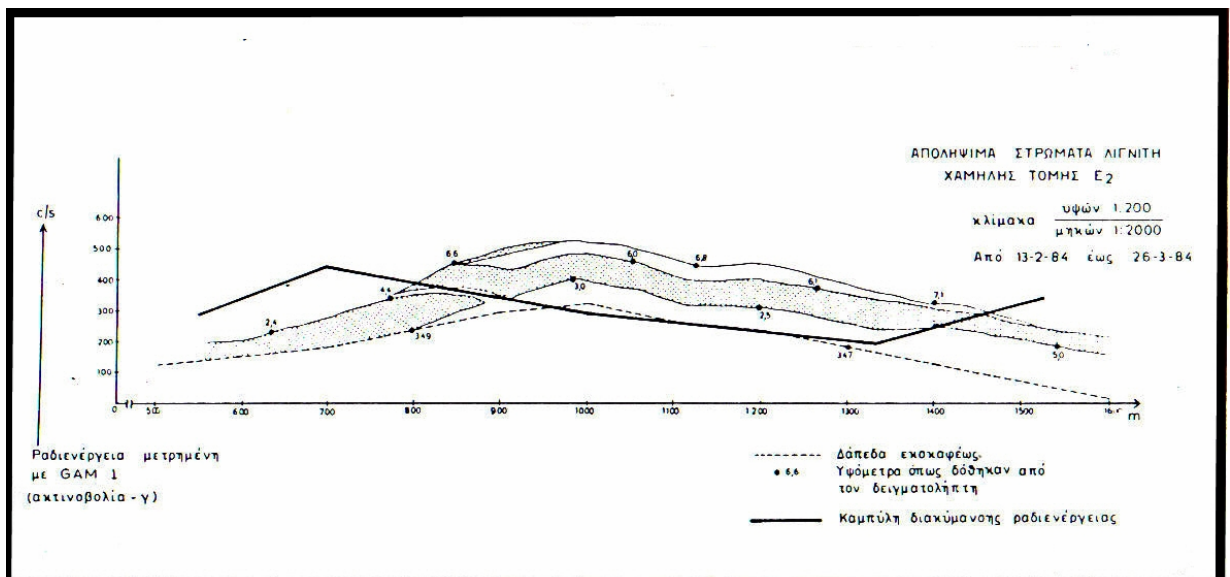
Από τις μετρήσεις ραδιενέργειας του λιγνίτη στους αναμικτήρες (υπαίθριες αποθήκες λι-  
γνίτη Χωρεμίου και Θωκνίας), φαίνεται ότι η μετρούμενη τιμή 180-220 c/s ανταποκρίνεται  
στη μέση τιμή ραδιενέργειας του λιγνίτη Μεγαλόπολης, κατά τη στάθμη εργασιών του Νοεμ-  
βρίου-Δεκεμβρίου 1984, καθώς και προηγούμενων μηνών.

Παραβολή μετρήσεων μεταξύ του φασματόμετρου GAM-1 (SCINTREX) και του απαριθ-  
μητή Q-P (DOSEMETER), που έγιναν ταυτόχρονα με τις ίδιες συνθήκες στα λιγνιτικά πεδία

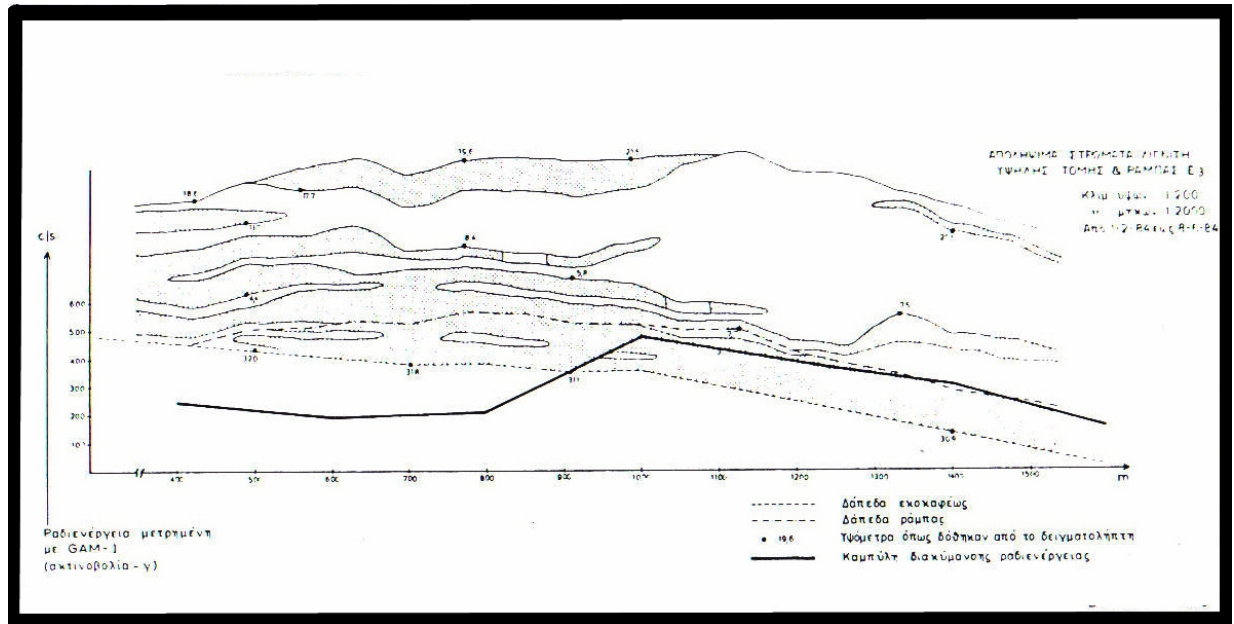
Μεγαλόπολης και στις κοντινές αποθέσεις τέφρας Χωρεμίου, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2.



Σχήμα 3.1: Κατανομή επιφανειακής ραδιενέργειας κατά μήκος της τομής XX'.



Σχήμα 3.2: Κατανομή ραδιενέργειας κατά μήκος του δαπέδου του μετώπου E2.



**Σχήμα 3.3:** Κατανομή ραδιενέργειας κατά μήκος του δαπέδου του μετώπου E3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2**

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 6.12.1984, ΩΡΑ 9:00-14:00									
A/A		SCINTREX, GAM-1 (c/s)				Q-P (mR/h)			
	ΘΕΣΗ	TC	<sup>40</sup> K	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	γt	βt	αt	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	Εκμετάλλευση E <sub>9</sub> πέρας	180	4	2	4	0.05	0.02	0.06	Μέτρηση επαφής, λιγνίτη
2	E <sub>9</sub> πέρας	250	5	6	2	0.03	0.05	0.15	Μέτρηση σε πράνες, λιγνίτης
3	E <sub>9</sub> πέρας	200	3	5	2	0.02	0.04	0.06	20 m από πράνες, λιγνίτης
4	Στάσιμο νερό E <sub>9</sub>	-	-	-	-	-	-	0.25	Ύψος 1.5 m.
5	Κεφαλή ταινιοδρόμου E <sub>9</sub>	400	6	8	4	0.04	0.05	0.25	Μέτρηση επαφής, λιγνίτη
6	100 m. Από κεφαλή του E <sub>8</sub>	220	3	5	2	0.02	0.03	0.12	Μέτρηση επαφής, λιγνίτη
7	Τέφρα παλιά Χωρέμι	950	20	23	11	0.06	0.09	0.30	Ύψος 1.5 m.
8	Τέφρα παλιά Χωρέμι, 46 m από δρόμο	900	18	22	5	0.08	0.10	0.45	Ύψος 1.5 m.
9	Εκμετάλλευση E <sub>9</sub> αρχή	440	7	8	4	0.02	0.09	0.18	30 m από αρχή δρόμου

### 3.3.1 Εργαστηριακές αναλύσεις

Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις εργαστηριακές αναλύσεις ραδιομετρίας.

A. Μέθοδος διαλυτού ουρανίου

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό διαλυτού ουρανίου, είναι φθορισμομετρική και βασίζεται στην ιδιότητα των αλάτων του ουρανίου να φθορίζουν όταν συνυπάρχουν με NaF. Στην πράξη το άλας του U, τήκεται μαζί με μείγμα ανθρακικών αλάτων. Το προϊόν της τήξης εκτίθεται σε υπεριώδη ακτινοβολία. Ο φθορισμός μετατρέπόμενος σε ηλεκτρικό ρεύμα, είναι ανάλογος του U που περιέχεται. Υπό τον όρο διαλυτό ουράνιο, εννοούμε εκείνο το ουράνιο που απελευθερώνεται με τη χρήση μείγματος απλών και φθηνών οξέων (HCl-HNO<sub>3</sub>). Η αναφερόμενη μέθοδος, έχει ευαισθησία 0.5ppm, είναι σύντομη και χαμηλού κόστους. Έχει εκπονηθεί από τους A. SMITH & G. LYNCH και εισήχθη το 1969 στο G.S. CANADA, εφαρμόζεται δε στο εργαστήριο ΔΕΡΟ από το 1972 με ορισμένες τροποποιήσεις.

B. Μέθοδος ανάλυσης ουρανίου και θορίου με τη μέτρηση των καθυστερημένων νετρονίων.

Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση των καθυστερημένων νετρονίων που εκπέμπονται από τα προϊόντα σχάσης του ουρανίου και θορίου, κατόπιν ακτινοβόλησης των δειγμάτων στον αντιδραστήρα. Ο χρησιμοποιούμενος πυρηνικός αναλυτής, κατασκευής ΕΚΕΦΕ <<ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ>>, αποτελείται από το σύστημα αποστολής και επιστροφής των δειγμάτων στον αντιδραστήρα, μέσα σε πλαστικά φιαλίδια, το σύστημα μέτρησης με ανιχνευτές BF<sub>3</sub> και ηλεκτρονική διάταξη καταμέτρησης, το σύστημα αποθήκευσης των ακτινοβολούμενων δειγμάτων και το ηλεκτρικό σύστημα αυτόματου ελέγχου της λειτουργίας του.

Η μέθοδος διακρίνεται για την ταχύτητα, ακρίβεια, επαναληψιμότητα, αξιοπιστία και ευαισθησία της, καθώς και για την ανεξαρτησία από τη σύσταση και τη μορφή του δείγματος, το μεγάλο εύρος των μετρήσιμων περιεκτικοτήτων, την ευκολία προπαρασκευής των δειγμάτων, το χαμηλό κόστος κ.α. Το ουράνιο προσδιορίζεται ανεξάρτητα από το βαθμό ραδιενεργού ισορροπίας του ως προς τα θυγατρικά του, καθόσον η μέθοδος στηρίζεται στη μέτρηση των νετρονίων σχάσης του και όχι της ακτινοβολίας των θυγατρικών του.

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται εκτός από τις τιμές διαλυτού και ολικού ουρανίου και τιμές ραδιενέργειας (ακτινοβολίας γ, μετρημένες με φασματόμετρο GAM-1), καθώς και ο μακροσκοπικός πετρολογικός προσδιορισμός των 49 δειγμάτων και η περιοχή από όπου συλλέχθηκαν. Από τα διαθέσιμα στοιχεία τομών που παραχώρησε η ΔΕΗ, το ποσοστό της περιεχόμενης τέφρας στο λιγνίτη που εξετάστηκε, κυμαίνεται μεταξύ 40-50%(μετρήσεις επί ξηρού).

Από το κλιμάκιο του Εργαστηρίου Ελέγχου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος (Ε.Ε.Ρ.Π) έγινε στις 6.12.84 δειγματοληψία λιγνίτη λίγο πριν από την καύση του στον ΑΗΣ, καθώς και τέφρα από τη λειτουργία του εργοστασίου της ίδιας μέρας. Οι ίδιες δειγματοληψίες επαναλήφθηκαν

και την επόμενη, 7.12.84. Ο λιγνίτης της 6.12.84, χαρακτηρίστηκε με τον κωδικό ΣΛ<sub>1</sub>, η τέφρα της ίδιας μέρας ΣΤ<sub>1</sub>, ο λιγνίτης της 7.12.84 με τον κωδικό ΣΛ<sub>2</sub> και η αντίστοιχη τέφρα ΣΤ<sub>2</sub>.

Ακόμα, οκτώ από τα παραπάνω σαράντα εννιά δείγματα (τα Δ<sub>5</sub>, Δ<sub>8</sub>, Δ<sub>9</sub>, Δ<sub>15</sub>, Δ<sub>20</sub>, Δ<sub>24</sub>, Δ<sub>44</sub> και Δ<sub>45</sub>), επιλέχθηκαν έτσι ώστε να ανταποκρίνονται σε χαμηλές μέσες και υψηλές τιμές ραδιενέργειας λιγνίτη, προερχόμενου από τα πεδία εκμετάλλευσης, καθώς και σε μια μέση και μια υψηλότερη τιμή ραδιενέργειας της τέφρας Χωρεμίου.

Τα 12 αυτά δείγματα, αναλύθηκαν εκτός από τις δύο μεθόδους που προαναφέρθηκαν και με μια σειρά άλλων ανεξαρτήτων μεταξύ τους μεθόδων, με σκοπό τον προσδιορισμό και άλλων φυσικών ραδιενεργών στοιχείων αλλά και τη δι-εργαστηριακή συνεκτίμηση αναλύσεων (intercomparison study). Για τα δείγματα αυτά έγιναν προσδιορισμοί <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th και <sup>40</sup>K, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.4.

### C. Μέθοδος Προσδιορισμού Των Περιεκτικότητων Ουράνιου Και Θόριου Με Φορητό Φασματόμετρο Ακτίνων γάμμα, Τύπου Παραθύρου.

Τα φασματόμετρα ακτίνων γάμμα, είναι συσκευές που έχουν τη δυνατότητα διάκρισης και καταγραφής της έντασης της ακτινοβολίας γάμμα σε διάφορες στάθμες στο ενεργειακό φάσμα. Με τη χρησιμοποίησή τους και μέσα από διεργασίες βαθμονόμησης και αξιολόγησης των μετρήσεων μετατρέπονται οι τιμές έντασης της ακτινοβολίας γάμμα που δέχονται και καταγράφουν οι συσκευές αυτές, σε ποσοτικό προσδιορισμό των ραδιοστοιχείων που συνυπάρχουν στους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής που μελετήθηκε.

Με τη μέθοδο αυτή, πραγματοποιήθηκαν ποσοτικοί προσδιορισμοί της περιεκτικότητας ουρανίου και θορίου σε δείγματα της περιοχής Μεγαλόπολης (πίνακας 3.3, μεθ.3). οι προσδιορισμοί αυτοί βασίζονται στις μετρήσεις της έντασης της ακτινοβολίας γάμμα των θυγατρικών στοιχείων <sup>214</sup>Bi της σειράς διάσπασης του <sup>238</sup>U και <sup>208</sup>Tl της σειράς διάσπασης του <sup>232</sup>Th και προϋποθέτουν ότι το θυγατρικό νουκλεΐδιο (π.χ <sup>214</sup>Bi), βρίσκεται σε ισορροπία με το νουκλεΐδιο (<sup>238</sup>U), που σημαίνει ότι δεν έχουμε απώλεια ραδόνιου ή απομάκρυνση ράδιου. Συνεπώς αυτό που προσδιορίζεται, είναι η ποσότητα του ισοδύναμου ουράνιου ή του θόριου, με αυτό που θα μπορούσε να ήταν σε ισορροπία με την ένταση της ακτινοβολίας γ που μετρήθηκαν, δηλ. του ισότοπου του βισμούθιου ή του θάλιου. Τα αποτελέσματα αυτής της μορφής της ανάλυσης της ακτινοβολίας γ, γνωστά μέχρι τώρα σαν <<ισοδύναμο ουράνιο(eU)>> και ισοδύναμο θόριου (eTh)>>, αναφέρονται στην εργασία αυτή σε ομάδες συγκεντρώσεων ραδιοστοιχείων (Ur).

Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου Exploranium, GR 410, S/N 3042, με φορατή NaI διαστάσεων 3'' \* 3'' τύπου GPX-21, S/N 3342. Η τεχνική του υπολογισμού των παραμέτρων και σταθερών που αναπτύχθηκε, όπου βασίστηκαν οι παραπάνω προσδιορισμοί των πε-

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΛΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ  
ΛΑΡΚΑΡΙΑΣ»**

ριεκτικότητων ουρανίου και θόριου, πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια των φρεατίων βαθμονόμησης (calibration pads) ραδιομετρικών συσκευών, που βρίσκονται εγκατεστημένα στο ΕΚΕΦΕ <<ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ>>.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3:** Συγκεντρώσεις ουρανίου, θορίου και καλίου σε δείγματα λιγνίτη και τέφρας από το λιγνιτικό πεδίο Μεγαλόπολης.

α/α	Κωδικός δείγματος	Ολική υγρασία %	Επί ξηρού τέφρα %	Θερμογόνος δύναμη Kcal/kg	U				U		Th
					Μεθ.1	Μεθ.2	Μεθ.3	Μεθ.4	Μεθ.1	Μεθ.3	Μεθ.1
					(ppm)	(ppm)	(U <sub>r</sub> )**	(ppm)	(ppm)	(U <sub>r</sub> )**	(%)
1.	Δ5	58.3	43.5	960	33.5 (2,6)*	32	29.5 (1.5)	19.7	6.2 (0.6)	9 (2.5)	0.93 (0.05)
2.	Δ15	56.9	41.7	970	35.0 (2,5)	29	21.6 (1.5)	19.0	3.8 (0.4)	7.4 (2.5)	0.44 (0.05)
3.	Δ20	57.9	45.5	940	4.2 (0.8)	4	3.8 (1.1)	2.3	3.8 (0.3)	4.0 (2.3)	0.58 (0.03)
4.	Δ24	57.7	44.2	970	19.0 (1.6)	20	17.0 (1.4)	13.9	5.2 (0.4)	4.2 (2.4)	0.47 (0.03)
5.	Δ9	59.0	47.0	930	27.5 (1.7)	28	24.4 (1.5)	17.0	6.6 (0.4)	6.8 (2.5)	1.36 (0.06)
6.	Δ8	58.7	42.4	960	52.8 (3.0)	58	37.4 (1.7)	33.7	7.8 (0.5)	6.6 (2.5)	1.19 (0.05)
7.	Δ44	-	-	-	74.0(3.6)	79	62.0(1.7)	27.2	11.2 (0.7)	5.6 (2.5)	1.51 (0.07)
8.	Δ45	-	-	-	64.2(3.5)	66	58.5 (1.7)	17.7	11.0 (0.7)	8.8 (2.5)	1.53 (0.07)
9.	ΣΛΟ 1	-	-	-	24.5(1.7)	27	16.5 (1.4)	10.2	4.9 (0.4)	4.7 (2.3)	0.56 (0.03)
10	ΣΛΟ 2	-	-	-	24.5(1.7)	25	12,2 (1.3)	11.1	4.8 (0.4)	4.0 (2.3)	0.68 (0.04)
11	ΣΤΟ1	-	-	-	55.4(3.2)	65	63.6 (1.7)	25.4	11.0 (0.7)	5.8 (2.5)	1.52 (0.07)
12	ΣΤΟ2	-	-	-	56.5(3.3)	61	51.9 (1.7)	22.0	11.8 (0.7)	5.7 (2.5)	1.45 (0.06)

\*οι τιμές στις παρενθέσεις είναι εκτιμήσεις των σταθερών αποκλίσεων.

\*\*η μονάδα συγκέντρωσης ραδιοστοιχείων U<sub>r</sub> αντικαθιστά τον όρο <<ισοδύναμο ουρανίου>> (eU) που χρησιμοποιούνταν μέχρι τώρα και είναι ισοδύναμη με 1ppm ουράνιο σε χημική ισορροπία (1 U<sub>r</sub>=1eU).

ΜΕΘΟΔΟΣ1: Φασματοσκοπία γ υψηλής διακριτικής ικανότητας.

ΜΕΘΟΔΟΣ2: Μέθοδος καθυστερημένων νετρονίων.

ΜΕΘΟΔΟΣ3: Φασματοσκοπία γ τύπου παραθύρου (G-R410).

ΜΕΘΟΔΟΣ4: Μέθοδος διαλυτού ουρανίου.

### 3.3.2 Αποτελέσματα εργαστηριακών ραδιομετρικών αναλύσεων

«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΛΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ  
ΑΡΚΑΔΙΑΣ»

Σαράντα εννιά δείγματα λιγνίτη, σαπροπηλού, αργίλλου, ασβεστολιθικού κροκαλοπαγούς και τέφρας αναλύθηκαν για διαλυτό και για ολικό ουράνιο, με τις μεθόδους της φθορισμομετρίας και των καθυστερημένων νετρονίων αντίστοιχα (Πίνακας 3.4).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4:** Περιεκτικότητες σε ουράνιο και περιγραφές δειγμάτων.

1	2	3	4	5
Κωδικός δείγματος	Τιμή ραδιενέργειας σε c/s με φασματόμετρο GAM-1	Προσδιορισμός θέση δείγματος	Περιεκτικότητα σε διαλυτό ουράνιο (φθορισμομετρικός) ppm U <sub>α</sub>	Περιεκτικότητα σε ολικό ουράνιο με καθυστερημένα νετρόνια ppm U <sub>β</sub>
Δ <sub>1</sub>	105	Άργιλλοι ανθρακομιγείς E <sub>11</sub>	0,7	3
Δ <sub>2</sub>	105	Σαπροπηλιτικό υλικό E <sub>11</sub>	0,3	3
Δ <sub>3</sub>	320	Αργιλλούχος Λιγνίτης E <sub>11</sub>	16,1	31
Δ <sub>4</sub>	350	Λιγνίτης E <sub>11</sub>	19,5	72
Δ <sub>5</sub>	490	Λιγνίτης E <sub>9</sub>	19,7	32
Δ <sub>6</sub>	490	Αργιλλούχος λιγνίτης E <sub>9</sub>	34,9	56
Δ <sub>7</sub>	570	Λιγνίτης E <sub>9</sub>	29,4	74
Δ <sub>8</sub>	620	Λιγνίτης E <sub>9</sub>	33,7	58
Δ <sub>9</sub>	260	Λιγνίτης E <sub>8</sub>	17,0	28
Δ <sub>10</sub>	560	Λιγνίτης E <sub>8</sub>	30,3	76
Δ <sub>11</sub>	170	Σαπροπηλιτικό υλικό E <sub>10</sub>	3,9	5
Δ <sub>12</sub>	260	Λιγνίτης E <sub>10</sub>	16,3	17
Δ <sub>13</sub>	140	Άργιλλος E <sub>11</sub>	1,2	2,5
Δ <sub>14</sub>	250	Λιγνίτης E <sub>2</sub>	10,2	15
Δ <sub>15</sub>	250	Λιγνίτης E <sub>2</sub>	19,0	29
Δ <sub>16</sub>	170	Σαπροπηλιτικό υλικό E <sub>2</sub>	1,6	3
Δ <sub>17</sub>	340	Λιγνίτης E <sub>2</sub>	13,4	18
Δ <sub>18</sub>	260	Λιγνίτης E <sub>2</sub>	17,0	21
Δ <sub>19</sub>	320	Λιγνίτης E <sub>3</sub>	8,4	25
Δ <sub>20</sub>	180	Λιγνίτης E <sub>3</sub>	2,3	4
Δ <sub>21</sub>	420	Λιγνίτης E <sub>3</sub>	55,8	80
Δ <sub>22</sub>	130	Λιγνίτης E <sub>3</sub>	8,4	8,5
Δ <sub>23</sub>	300	Λιγνίτης E <sub>3</sub>	22,2	26
Δ <sub>24</sub>	280	Λιγνίτης, 50μ ψηλότερα από E <sub>3</sub>	13,9	20
Δ <sub>25</sub>	360	Λιγνίτης E <sub>3</sub>	15,2	22
Δ <sub>26</sub>	340	Λιγνίτης E <sub>3</sub>	17,0	18
Δ <sub>27</sub>	450	Λιγνίτης E <sub>2</sub>	30,3	62
Δ <sub>28</sub>	360	Ασβεστολιθικό-αργιλλούχο κόκκινο κροκαλοπαγές	12,0	22
Δ <sub>29</sub>	770	Ασβεστολιθικό-αργιλλούχο κόκκινο κροκαλοπαγές	12,0	23
Δ <sub>30</sub>	180	Λιγνίτης ανωτέρων οριζόντων Θώκνιας	14,3	16
Δ <sub>31</sub>	210	Λιγνίτης από αναμείκτη E <sub>5</sub> Θώκνιας	24,9	26
Δ <sub>32</sub>	1100	Τέφρα, αποθέσεις Θώ-	29,4	74

«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΕΛΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ  
ΑΡΚΑΔΙΑΣ»

		κνίας		
Δ33	1350	Τέφρα, αποθέσεις Θώ-κνίας	19,0	95
Δ34	400	Τέφρα ιπτάμενη από ΑΗΣ	29,4	75
Δ35	160	Τέφρα υγρή από ΑΗΣ	8,4	52
Δ36	160	Λιγνίτης E <sub>8</sub>	2,1	7
Δ37	440	Λιγνίτης E <sub>9</sub>	63,3	95
Δ38	230	Λιγνίτης E <sub>9</sub>	4,3	8
Δ39	320	Λιγνίτης E <sub>9</sub>	14,7	20
Δ40	480	Αργιλλούχος λιγνίτης E <sub>9</sub>	21,3	33
Δ41	180	Άργιλλος E <sub>10</sub>	1,6	4
Δ42	520	Λιγνίτης τομής ΑΑ, κοντά στη Μαραθούσα	30,3	57
Δ43	190	Λιγνίτης από αναμείκτη E <sub>6</sub> Χωρεμίου	14,3	25
Δ44	750	Τέφρα Χωρεμίου	27,2	79
Δ45	1000	Τέφρα Χωρεμίου	17,7	66
Δ46	360	Λιγνίτης Κυπαρισσίου	15,2	25
Δ47	165	Λιγνίτης Κυπαρισσίου	7,9	9
Δ48	340	Λιγνίτης Κυπαρισσίου	17,4	42
Δ49	460	Άργιλλοι ερυθροί οροφής λιγνίτη Κυπαρισσίου	6,6	22

Στην συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος της φασματομετρικής ανάλυσης γ-ακτινοβολίας. Τα δείγματα του λιγνίτη ξεράθηκαν σε κλίβανο, σε θερμοκρασία 20°C, για 4 εικοσιτετράωρα. Στη συνέχεια, ο λιγνίτης ομογενοποιήθηκε με περιστροφικό σπαστήρα, κοσκινίστηκε με κόσκινο 40 mesh και υποβλήθηκε κατόπιν σε λεπτότερο διαμερισμό και ξήρανση. Για την τέφρα, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία, χωρίς το στάδιο του διαμερισμού. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικά <<κυάθια>> διαμέτρου 7 cm και η μάζα τους έφτασε τα 55g.

Τα δείγματα μετρήθηκαν αρχικά ανοικτά. Μετά κλείστηκαν αεροστεγώς και μετρήθηκαν ξανά μετά από 22 μέρες τουλάχιστον, ώστε να έχει επέλθει ραδιενεργός ισορροπία μεταξύ <sup>222</sup>Rn και του <sup>226</sup>Ra. Οι μετρήσεις έγιναν με το σύστημα γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης Canberra 90 υψηλής διακριτικής ικανότητας, με ανιχνευτή υπερκάθαρου Ge σε θωράκιση Pb+Cu, αναλυτή 21504 διωρύγων (channels) και ηλεκτρονικό υπολογιστή με πακέτο προγραμμάτων επεξεργασίας γ-φασμάτων Spectran-F. Προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των ραδιενεργών στοιχείων <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn, <sup>210</sup>Pb, <sup>228</sup>Ra, <sup>232</sup>Th και <sup>40</sup>K, βάσει των φωτοκορυφών του. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 3.5.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5:** Μέθοδος γ-φασματοσκοπίας υψηλής διακριτικής ικανότητας: Ενέργειες φωτοκορυφών και ραδιενεργά στοιχεία που ανιχνεύθηκαν και προσδιορίστηκαν ποσοτικά.

Ενέργειες φωτοκορυφών (KeV)	Ραδιενεργά στοιχεία		
	Ανίχνευση	Προσδιορισμός	
		Άμεσα	Έμμεσα
63.3,92.3+92.8      ➔	Th-234      ➔	Th-234      ➔	U-238
185.7      ➔	U-235	} ➔	
186.0      ➔	Ra-226		
295.2,352.0      ➔	Pb-214      ➔	Rn-222	} ➔ Ra-226
609.4      ➔	Bi-214      ➔	Rn-222	
46.5      ➔	Pb-210      ➔	Pb-210	Ra-226
338.4,911.1,964.6,968.9 ➔	Ac-228      ➔	Ra-228	} ➔ Th-232
238.6      ➔	Rb-212	} ➔ Th-228	
538.1      ➔	Tl-208		
1460.7      ➔	K-40	K-40	

Η βαθμολόγηση απόδοσης του συστήματος, έγινε με πρότυπες πηγές  $^{238}\text{U}$  και  $^{40}\text{K}$  γεωμετριών όμοιων με τα εξεταζόμενα δείγματα και για όλες τις ενέργειες που αναφέρονται στον πίνακα 3.4. στις περιπτώσεις μικρών διαφορών γεωμετρίας και μάζας, έγιναν σχετικές διορθώσεις.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6 και μέρος τους στον Πίνακα 3.4. στις περιπτώσεις τιμών που προκύπτουν από ομάδα κορυφών ή από συγκεντρώσεις θυγατρικών ραδιενεργών στοιχείων, έχει υπολογιστεί ο αριθμητικός μέσος. Στις αναφερόμενες σταθερές αποκλίσεις, έχουν συνυπολογιστεί τα σφάλματα λόγω στατιστικής και το ~5% συνολικό σφάλμα της βαθμολόγησης και των διορθώσεων γεωμετρίας και αυτοαπορρόφησης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6:** Συγκεντρώσεις φυσικών ραδιενεργών στοιχείων (Bq/kg) και σχέσεις μεταξύ αυτών σε δείγματα λιγνίτη και τέφρας από το λιγνιτικό πεδίο Μεγαλόπολης.

Δείγματα (Λ)-Λιγνίτη (Τα)-Τέφρας	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>222</sup> Rn*	<sup>210</sup> Pb	<sup>228</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra — <sup>238</sup> U	<sup>222</sup> Rn — <sup>226</sup> Ra	<sup>238</sup> U — <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U — <sup>40</sup> K
	Δ5 (Λ)	414(40)**	444(40)	300(19)	520(150)	25(4)	27(3)	285(25)	1,07	0,68	17
Δ15(Λ)	429(42)	348(33)	182(11)	480(190)	15(3)	18(3)	137(18)	0,81	0,52	28	3,1
Δ20(Λ)	56(13)	74(13)	64(5)	M.A	15(3)	17(2)	178(17)	1,3	0,86	3.6	0,3
Δ24(Λ)	233(25)	270(25)	185(11)	330(150)	21(3)	21(2)	144(16)	1,16	0,69	11	1,6
Δ9(Λ)	337(30)	181(22)	164(9)	260(110)	26(3)	29(3)	418(30)	0,54	0,91	12	0,8
Δ8(Λ)	648(50)	529(45)	416(23)	520(110)	31(4)	34(3)	366(29)	0,82	0,79	21	1,8
Δ44(T)	914(70)	825(60)	827(47)	930(190)	43(5)	52(5)	466(40)	0,90	1,00	20	2,0
Δ45(T)	796(65)	725(60)	724(40)	670(190)	44(5)	52(5)	470(40)	0,91	1,00	18	1,7
ΣΛΟ1(Λ)	303(30)	252(25)	176(10)	220(110)	18(3)	21(2)	170(17)	0,83	0,70	15	1,8
ΣΤΟ1(T)	685(55)	707(58)	724(39)	520(150)	44(5)	54(5)	429(40)	1,03	1,02	15	1,6
ΣΛΟ2(Λ)	303(30)	222(22)	164(10)	110(110)	19(3)	21(2)	207(19)	0,73	0,74	16	1,5
ΣΤΟ1(T)	696(57)	655(56)	673(37)	590(150)	48(5)	55(4)	444(36)	0,94	1,03	14	1,6

\* Ανοικτά δείγματα.

\*\* Στις παρενθέσεις-η συνολική σταθερή απόκλιση (Iσ).

### 3.4 Συμπεράσματα της ραδιομετρικής έρευνας που διεξήχθει στην περιοχή της λεκάνης της Μεγαλόπολης.

- Η ύπαρξη μικρών συγκεντρώσεων ουρανίου στην περιοχή Μεγαλόπολης, είναι γνωστή από τις εργασίες ραδιομετρικής διασκόπησης που έχει εκτελέσει η τ. ΔΕΡΟ/ΕΕΑΕ στο παρελθόν. **Ειδικότερα, ο λιγνίτης Μεγαλόπολης, παρουσιάζει μικρής κλίμακας (συνήθως κάτω των 80 ppm U) ουρανιοφορία, όπως φαίνεται από τους σχετικούς λεπτομερείς πίνακες αναλύσεων (No 3, 4, 5).**
- Τα υπάρχοντα δεδομένα οδηγούν στην υπόθεση ότι το ουράνιο συνυπάρχει μέσα στους εναθρακωμένους οργανικούς ορίζοντες της περιοχής της Μεγαλόπολης. **Οι σχετικά αυξημένες συγκεντρώσεις ουρανίου που παρατηρούνται στους λιγνιτικούς ορίζοντες, προέρχονται από προσρόφιση του ουρανίου στην οργανική ύλη, που οφείλεται στις αναγωγικές ιδιότητες του άνθρακα και στις ευνοϊκές για εναπόθεση (κατακράτηση) ουρανίου παλαιοτεκτονικές και παλαιοκλιματικές συνθήκες που επικράτησαν εκεί κατά τα αρχικά στάδια της λιγνιτογένεσης, καθώς και ύστερα από αυτήν, όπως φαίνεται από συγκεντρώσεις ουρανίου μέσα σε κροκαλοπαγή δείγματα (Δ<sub>28</sub>, Δ<sub>29</sub>, Δ<sub>49</sub>), που υπέρκεινται στρωματογραφικά των λιγνιτών.**
- **Το ουράνιο που υπάρχει στους λιγνιτοφόρους ορίζοντες της λεκάνης, προέρχεται πιθανότατα από τον παλαιογενή ασβεστόλιθο της <<ζώνης Τρίπολης>>, που συμμετέχει στη δομή των γύρω ορεινών όγκων. Ο ασβεστόλιθος αυτός, παρουσιάζει μια κυμαινόμενη κατανομή ουρανίου από 5 μέχρι πάνω από 100 ppm (υψηλές τιμές συγκεντρώσεων ουρανίου**

για ασβεστολιθικά πετρώματα) και είναι βιτουμενιούχος και ραδιενεργός (ουρανοφόρος) σε εκτεταμένες περιοχές.

- Από τις υπαίθριες μετρήσεις έντασης της ακτινοβολίας  $\gamma$  με φασματόμετρα τύπου παραθύρου, που έγιναν σε λιγνίτες και τέφρες της περιοχής, παρατηρήθηκε **ότι η αυξημένη ένταση της ακτινοβολίας γάμμα, προέρχεται κύρια από το ουράνιο και λιγότερο από το θόριο και κάλιο**. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώθηκε και στα εργαστήρια από τις μελέτες και αναλύσεις δειγμάτων λιγνίτη και τέφρας, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.4, έτσι ώστε η αύξηση της μετρούμενης τιμής της ραδιενέργειας να σημαίνει κατά κανόνα ελαφρά αυξημένη περιεκτικότητα του ουρανίου στο σημείο που πραγματοποιείται η μέτρηση.
- Από την κατακόρυφη αύξηση των τιμών ραδιενέργειας, φαίνεται ότι ο λιγνίτης στους ανώτερους ορίζοντες, παρουσιάζει μια ελαφρά υψηλότερη ραδιενέργεια και συνεπώς ουρανοφορία (με βάση το συμπέρασμα Νο 4), απ' ό,τι στους κατώτερους ορίζοντες. Παρ' όλα αυτά και στους κατώτερους ορίζοντες οι περιεκτικότητες ουρανίου και οι τιμές ραδιενέργειας, παραμένουν σε ελαφρώς αυξημένα επίπεδα.
- Μελετώντας τη διαφοροποίηση της ραδιενέργειας και ουρανοφορίας κατά την οριζόντια διάσταση, διαπιστώνεται σαφής αύξηση στα περιθώρια της λεκάνης (π.χ περιθώρια υπολεκάνης Χωρεμίου, περιοχή Καρβουνιάρη), παρά στο κέντρο της (σχήμα 3.1). Αυτή η διαπίστωση, μπορεί να αποδοθεί στον παλαιογεωγραφικό μηχανισμό τροφοδοσίας της λεκάνης από τους παρακείμενους ορεινούς όγκους. Επίσης, το ασβεστολιθικό-αργιλικό κροκαλοπαγές που αποτελεί το ανώτερο πλήρωμα της λεκάνης, άνω-πλειστοκαινικής ή ολοκαινικής ηλικίας, παρουσιάζει κατά τόπους σχετικά ψηλές τιμές ραδιενέργειας και ουρανοφορίας, πράγμα που σημαίνει ότι η τροφοδοσία και ο εμπλουτισμός της λεκάνης με ουρανούχα διαλύματα συνεχίστηκε και μετά την απόθεση των οργανικών υλικών που λιγνιτοποιήθηκαν.
- Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.6, οι συγκεντρώσεις των φυσικών ραδιοϊσότοπων στα δείγματα που εξετάστηκαν, παρουσιάζουν διαφορές μέχρι και 1 τάξης μεγέθους. Οι συγκεντρώσεις του  $^{232}\text{Th}$ , όπως προκύπτουν από τα θυγατρικά του  $^{228}\text{Ra}$  και  $^{228}\text{Th}$ , κυμαίνονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Χαμηλές επίσης, σε σχέση με αυτές στα χαμηλά εδάφη, είναι οι συγκεντρώσεις του  $^{40}\text{K}$  (μέχρι και 1 τάξη χαμηλότερες από αυτές στα συνήθη εδάφη). Ο λόγος των συγκεντρώσεων  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ . Κυμαίνεται από 11 έως 28, με εξαίρεση το δείγμα  $\Delta_{20}$ , το οποίο είναι λιγνίτης που εμπεριέχει και ικανή ποσότητα σαπροπηλιτικού υλικού. Ο λόγος  $^{238}\text{U}/^{40}\text{K}$ , κυμαίνεται από 0.8 έως 3.1 με εξαίρεση ξανά του δείγματος  $\Delta_{20}$ .
- Ο συντελεστής ραδιενεργού ισορροπίας μεταξύ  $^{226}\text{Ra}$  και  $^{238}\text{U}$ , κυμαίνεται μεταξύ 0.8 και 1.2 με εξαίρεση τα δείγματα  $\Delta_9$  και  $\Sigma\Lambda_2$ . οι τιμές αυτές, με τις στατιστικές αποκλίσεις τους, καθώς και σειρά γεωλογικών παρατηρήσεων της περιοχής (ηλικία ιζημάτων λεκάνης, απουσία

πρόσφατης ή παλαιάς ηφαιστειότητας, έλλειψη θερμοπηγών και γεωθερμικού πεδίου, κ.α.), συνηγορούν ως προς την άποψη ότι το περιεχόμενο στη λεκάνη ουρανίου, βρίσκεται σε ραδιενεργό ισορροπία προς τα θυγατρικά του στοιχεία.

- Η καύση του λιγνίτη επιφέρει αύξηση των συγκεντρώσεων των ραδιενεργών στοιχείων στην παραγόμενη τέφρα από 2 έως 3 φορές. Αυτό ισχύει και για το  $^{210}\text{Pb}$ , για τον οποίο σε άλλες μελέτες αναφέρονται αρκετά υψηλότερες τιμές εμπλουτισμού. Η παρατηρούμενη αύξηση συσχετίζεται άμεσα με το λόγω των συγκεντρώσεων τέφρας μετά (~100%) και πριν την ολοκληρωτική καύση. Αυτό δηλώνει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ραδιοστοιχείων που περιέχει ο λιγνίτης, περνά μετά την καύση στη στερεά φάση της τέφρας. Ειδικά για τα στοιχεία της σειράς του  $^{238}\text{U}$ , επιβεβαιώνονται οι υψηλές τιμές συγκεντρώσεων που αναφέρονται στη μελέτη.
- Όπως φαίνεται από τις τιμές του λόγου  $^{222}\text{Rn}$  (ανοικτά δείγματα) προς  $^{226}\text{Ra}$ , ο συντελεστής έκλυσης ραδόνιου από τα δείγματα τέφρας, είναι αρκετά χαμηλότερος σε σχέση με τα δείγματα λιγνίτη. Η διαπίστωση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για την εκτίμηση των ραδιολογικών επιπτώσεων από τη χρήση της τέφρας σαν υποκατάστατο υλικό κατά την παραγωγή τσιμέντου. Το θέμα αυτό πρόκειται να εξεταστεί εκτενέστερα στο μέλλον.
- Οι συγκεντρώσεις U και Ra στα δείγματα που μελετήθηκαν, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο λιγνίτης Μεγαλόπολης παρουσιάζει μικρής κλίμακας ουρανοφορία και δεν πρέπει να υπαχθεί στην κατηγορία των τυπικά ουρανοφόρων λιγνιτών, με την κοιτασματολογική έννοια του όρου (δεν διαφαίνεται δυνατότητα εκμετάλλευσης των συγκεντρώσεων ουρανίου που υπάρχουν εκεί). Τα ίδια ισχύουν και για τις αποθέσεις τέφρας.

### 3.5 Το φαινόμενο έκλυσης αερίων στο μεταλλευτικό πεδίο Χωρεμίου

Μετά από σχετικό αίτημα της ΔΕΗ και σε εκτέλεση εντολής του ΙΓΜΕ στις 8-5-1996 μεταβήκανε στη Μεγαλόπολη στα ορυχεία της ΔΕΗ για εξέταση φαινομένου έκλυσης αερίων που παρατηρήθηκαν στο χώρο εκσκαφής του ορυχείου Χωρεμίου (Κούκουζας, 1996).

Το φαινόμενο της εκλύσεως των αερίων ήταν αναμενόμενο. Άλλωστε δεν είναι η πρώτη φορά που παρατηρείται στην περιοχή και στις εκμεταλλεύσεις του ορυχείου. Μόνο ως προς την ένταση του φαινομένου υπάρχει διαφορά. Λόγω της εξόρυξης στο βαθύτερο σημείο της τα συσσωρευμένα αέρια μέσα στις άμμους που υπόκεινται των βαθύτερων λιγνιτικών στρωμάτων τείνουν να ανεξέλθουν από φυσικές (ρωγμές) ή τεχνητές(εκσκαφές) διόδους.

Σε πολλές από τις ερευνητικές γεωτρήσεις όλων των σταδίων και φάσεων των μετέπειτα κοιτασματολογικών και μεταλλευτικών ερευνών σημειώθηκε η ύπαρξη αερίων σταθερής κατά κανόνα σύστασης, ποικίλης όμως έντασης ανεξόδου, που ήταν συνάρτηση της πίεσης υπό την

οποία απαντούσε μέσα στο πορώδες πέτρωμα-φορέα, που συνήθως είναι και ήταν αμμώδη στρώματα.

Σε πολλές γεωτρήσεις έχει σημειωθεί σταθερά βραδεία έκλυση αερίου, σε μερικές όμως γεωτρήσεις αναφέρεται ισχυρή και απότομη έκλυση αερίου με τη διάτρηση του αεριοαποθηκευτικού στρώματος. Γενικά πάντως αναφέρεται πτώση της πίεσης με την πάροδο του χρόνου και πλήρες εκτόνωση μετά από λίγες μέρες. Σε μερικές ερευνητικές γεωτρήσεις την περίοδο 1959-1961 παρατηρήθηκε ταυτόχρονη έξοδος νερού και αερίου, φαινόμενο που οφείλταν στην συνύπαρξη των δύο ρευστών στον ίδιο ταμιευτήρα ή στην ύπαρξη νερού σε στρώμα υπερκείμενο αυτού του αερίου, το οποίο αέριο εξερχόμενο υπό πίεση προσέδινε αρτεσιανισμό στην υπερκείμενη υδροφορία.

Το 1960 από σχετική μελέτη που είχε γίνει για λογαριασμό της ΔΕΗ που προέκυπτε ότι το αέριο δεν ήταν σε θέση, λόγω μικρών ποσοτήτων, να αποτελέσει αντικείμενο οικονομικής μελέτης.

Τα αέρια είναι τυπικά ελειογενή (ελυγενή) αέρια και αποτελούνται κυρίως από μεθάνιο και σε μικρότερη ποσότητα διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και ανώτερους υδρογονάνθρακες. Τα αέρια του τύπου αυτού δημιουργούνται συνήθως κατά το στάδιο της τυρφογένεσης-λιγνιτοποίησης και αναμετακινούμενα. Κατά το στάδιο της διαγένεσης-συμπίεσης των ιζημάτων, συγκεντρώνονται και υπό ευνοϊκές συνθήκες, εγκλωβίζονται εντός πορωδών σχηματισμών.

Στην περιοχή της Μεγαλόπολης η συγκέντρωση αερίου έχει γίνει σε φακοειδείς αμμώδεις σχηματισμούς που απαντούν μεταξύ των λιγνιτικών στρωμάτων και στις πλευρικές αποσμηνώσεις του λιγνιτικού κοιτάσματος. Οι συγκεντρώσεις αυτές δημιουργούν συνήθως μικρούς θύλακες αερίου που εκτονώνονται γρήγορα. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση αερίου φαίνεται να έχει γίνει μέσα στα υποκείμενα της λιγνιτικής σειράς αμμώδη, περισσότερο ή λιγότερο, φακοειδή στρώματα με τα οποία κλείνει προς τα κάτω η λιμναία σειρά ιζημάτων που επαναπαύεται επί των χερσαίων ιζημάτων των γνωστών ως "σχηματισμός Απιδίτσας", οι ερυθροί αργίλου του οποίου αποτελούν στεγανό υπόβαθρο για τα αέρια. Οι θύλακες αερίου, που απαντούν στα υποκείμενα των λιγνιτών πορώδη στρώματα είναι συγκεκριμένοι με τους των ανωτέρων οριζόντων και μεγαλύτεροι σε όγκο και υπό μεγαλύτερη πίεση και μπορούν να δημιουργήσουν δυσχέρειες και προβλήματα στην εξόρυξη, κυρίως των βαθύτερων λιγνιτικών στρωμάτων.

Στις γεωλογικές-κοιτασματολογικές μελέτες των περιόδων 1959-1961 και 1973-1974 γίνεται ιδιαίτερη επισήμανση για τους τυχόν κινδύνους, που ενέχει για την εκμετάλλευση, η ύπαρξη του αερίου και παραγγέλλεται η περαιτέρω μελέτη του φαινομένου της ύπαρξης αερίου υπό πίεση κάτω από το βαθύτερο λιγνιτικό στρώμα και την έγκαιρη αντιμετώπιση.

Στο ορυχείο Χωρεμίου το πρόβλημα με τα συσσωρευμένα και εγκλωβισμένα αέρια στους υποκείμενους των λιγνιτών αμμώδεις ορίζοντες παρουσιάστηκε όταν οι εργασίες εξόρυξης έφθασαν στα βαθύτερα λιγνιτικά στρώματα. Με την ανάπτυξη διάνοιξης της κατώτερης προβλεπόμενης βαθμίδας εξόρυξης: της εξοφλητικής του λιγνιτικού κοιτάσματος, παρ' όλο που στα δάπεδα της εκσκαφής υπήρχε προς εξόφληση λιγνιτικό στρώμα πάχους 5-6 μέτρων ακόμα, άρχισαν να παρουσιάζονται, εξ' αιτίας της πίεσης που ασκούσαν τα υποκείμενα αέρια, αναθυλώσεις του δαπέδου του ορυχείου, μερικές από τις οποίες ρωγματούμενες άφηναν διέξοδο στο αέριο, που έτσι ελευθερωνόταν στον ανοικτό χώρο του ορυχείου.

Σημειώθηκε επίσης και απότομη και θορυβώδης έκλυση αερίου, σε μια περίπτωση που εκσκαπτικό μηχάνημα, εξορύσσοντας λιγνίτη από το δάπεδο το απεφόρτισε ακόμα περισσότερο.

Κατά την 8-5-1996 η έκλυση συνεχιζόταν και από τις ρωγματώσεις των αναθυλώσεων του δαπέδου και από σημείο της βαθύτερης εκσκαφής.

Αναμφίβολα η ύπαρξη αερίων υπό πίεση κάτω από το δάπεδο του ορυχείου και η ανεξέλεγκτος έκλυση της επιφέρει σοβαρότερες δυσχέρειες στις διαδικασίες εξόρυξης του λιγνίτη και εγκυμονεί κινδύνους από τυχόν ανάφλεξή του ή ακόμα –κάτω από ορισμένες συνθήκες- και από τυχόν εκρήξεις.

Ευνοϊκό στοιχείο ασφαλώς αποτελεί το γεγονός ότι λόγω της "ανοικτής εκμετάλλευσης" επέρχεται τάχιστα, με την ανέξοδο του αερίου, μεγάλη αραιώση του στον αέρα. Αυτό έδειξαν και οι συνεχείς μετρήσεις που έγιναν από το κλιμάκιο μηχανικών ασφαλείας της ΔΕΗ, που παρακολουθούσε το φαινόμενο αδιάλειπτα και με ιδιαίτερη παροχή. Αποτέλεσμα της αραιώσης αυτής ήταν και το ότι στο χώρο της εκμετάλλευσης παρά τη συνεχή έκλυση του αερίου, οι περιεκτικότητες σε μεθάνιο στον ελεύθερο αέρα ήταν πολύ χαμηλές(στοιχείο καταγραμμένο έχει το κλιμάκιο ασφαλείας της ΔΕΗ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΜΕ- ΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

### 4.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αξιολογούνται στοιχεία από γεωφυσικές έρευνες που έχουν γίνει στην περιοχή της λεκάνης της Μεγαλόπολης. Για την ακρίβεια έχουν γίνει γεωμαγνητική, βαρυτομετρική και γεωηλεκτρική διασκόπηση, τα αποτελέσματα των οποίων θα παρουσιαστούν στις επόμενες παραγράφους.

### 4.2 Γεωμαγνητική έρευνα στο πεδίο της Μεγαλόπολης

Οι γεωμαγνητικές διασκοπήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό γεωλογικών ρηγμάτων, διεισδύσεων εκρηξιγενών πετρωμάτων, θαμμένων λόφων, αλατούχων δόμων συνδεδεμένων με πετρελαιοφόρες περιοχές και θαμμένων μαγνητικών αντικειμένων. Επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του πάχους των ιζημάτων των λεκανών ή τη χαρτογράφηση των τεκτονικών δομών του κρυσταλλικού υποβάθρου αυτών. Οι ιζηματογενείς σχηματισμοί εξασκούν ελάχιστη μαγνητική επίδραση σε σχέση με τα υποκείμενα εκρηξιγενή, πλουτώνια και μεταμορφωμένα πετρώματα, έτσι ώστε να θεωρείται ότι, όλες οι μαγνητικές ανωμαλίες που παρατηρούνται στην επιφάνεια οφείλονται στο ανάγλυφο ή στις λιθολογικές εναλλαγές των κρυσταλλικών πετρωμάτων του υποβάθρου, (μεταμορφωμένου κ.λ.π.).

Γεωμαγνητικές έρευνες στη λεκάνη Μεγαλόπολης δεν είχαν διεξαχθεί μέχρι το 1981. Οι αερομαγνητικές μετρήσεις, ολικής έντασης του γήινου μαγνητικού πεδίου, που είχαν ληφθεί από την HUNTING LTD (1977), για λογαριασμό του ΙΓΜΕ, κάλυπταν ένα μικρό τμήμα (νοτιοανατολικό) του τοπογραφικού φύλλου Μεγαλόπολης (1:50.000).

Για τις μετρήσεις υπαίθρου χρησιμοποιήθηκαν δύο πρωτονικά μαγνητόμετρα, του Τομέα Γεωφυσικής και Γεωθερμίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, τύπου G816 της GEOMETRICS, τα οποία μετρούν την ολική ένταση του γήινου μαγνητικού πεδίου. Η ακρίβεια που παρέχει το πρωτονικό μαγνητόμετρο είναι της τάξης του  $\pm 1$  gamma (nT). Τα πρωτονικά μαγνητόμετρα χρησιμοποιούνται εύκολα και γρήγορα χωρίς να απαιτούν οριζοντίωση ή περισσότερες μετρήσεις για τον έλεγχο "ολίσθησης" αυτών.

Για τις μαγνητικές μετρήσεις υπαίθρου, στη λεκάνη Μεγαλόπολης, το ένα μαγνητόμετρο χρησιμοποιήθηκε σαν σταθμός βάσης, για την παρακολούθηση της ημερήσιας πορείας του μαγνητικού πεδίου και το άλλο για τη λήψη των μετρήσεων στους μαγνητικούς σταθμούς.

Έγιναν συνολικά 544 μετρήσεις, της ολικής έντασης του γήινου μαγνητικού πεδίου, σε μαγνητικούς σταθμούς, οι οποίοι απείχαν μεταξύ τους περίπου μία μέση απόσταση 500m (η πυ-

κνότητα των μαγνητικών σταθμών είναι περίπου 5 σταθμοί/km<sup>2</sup>). Οι μαγνητικοί σταθμοί τοποθετήθηκαν κοντά στα σημεία που έγιναν οι βαρυτομετρικές μετρήσεις και οι θέσεις καθώς και το υψόμετρο αυτών υπολογίστηκαν με ικανοποιητική ακρίβεια.

#### 4.2.1 Διορθώσεις μαγνητικών μετρήσεων

Το γήινο μαγνητικό πεδίο σε ένα σταθμό μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τρία μέρη (Nettleton, 1976):

1) Ένα σχετικά μεγάλο, που μεταβάλλεται με το χρόνο, πεδίο (secular field) και προκαλείται από την εσωτερική κατάσταση της γης.

2) Ένα σχετικά μικρό μέρος που οφείλεται, στις ημερήσιες (diurnal) αλλαγές του πεδίου και μπορεί να αυξηθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια μαγνητικών καταιγίδων και

3) Ένα μέρος που προκαλείται από την πλευρική μαγνητική ανομοιογένεια του ανώτερου φλοιού της Γης.

Για να μελετηθεί ο γήινος φλοιός ή το επιφανειακό τμήμα αυτού, πρέπει να αφαιρεθούν οι επιδράσεις των άλλων δύο πεδίων που αναφέρθηκαν προηγούμενα (secular και diurnal) .

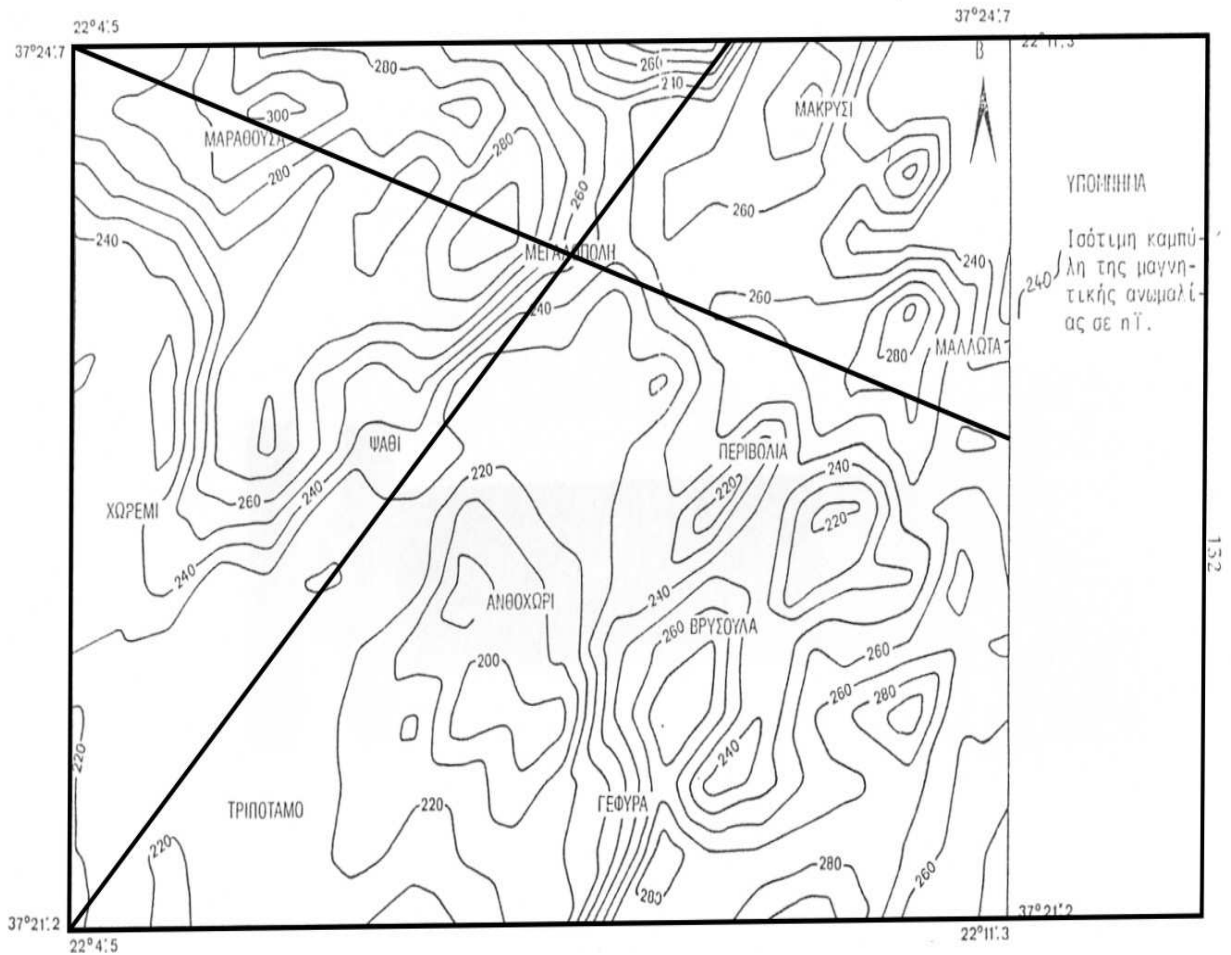
Ο υπολογισμός των ημερήσιων διορθώσεων έγινε ως εξής:

Από τα διαγράμματα μεταβολής της ολικής έντασης του γήινου μαγνητικού πεδίου, στο σταθμό βάσης, πάρθηκε μία αντιπροσωπευτική τιμή αυτού. Η τιμή αυτή, 44573nT, είναι η μέση τιμή του πεδίου μεταξύ των ωρών 01.00 και 03.00 π. μ., για το χρονικό διάστημα που πάρθηκαν οι μετρήσεις υπαίθρου. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι αποκλίσεις από τη μέση τιμή των μαγνητικών μετρήσεων στο σταθμό βάσης και για τις χρονικές στιγμές που πάρθηκαν οι μετρήσεις στους μαγνητικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας. Έτσι οι αποκλίσεις αυτές ή οι ημερήσιες διορθώσεις, που είχαν αρνητικό ή θετικό πρόσημο, προστέθηκαν αλγεβρικά στις παρατηρούμενες τιμές ολικής έντασης του μαγνητικού πεδίου των μαγνητικών σταθμών της περιοχής έρευνας. Η μεγαλύτερη θετική απόκλιση (ημερήσια διόρθωση) που εφαρμόστηκε ήταν +45nT ενώ η μικρότερη αρνητική -35nT.

#### 4.2.2 Περιγραφή μαγνητικών ανωμαλιών

Ο χάρτης (σχήμα 4.1) των μαγνητικών ανωμαλιών όπως προέκυψε μετά την αφαίρεση του πεδίου I.C.R.F. από την ολική ένταση του γήινου μαγνητικού πεδίου φαίνεται παρακάτω. Οι τιμές των ισότιμων καμπύλων έχουν προκύψει μετά την αφαίρεση της σταθερής τιμής 44000 nT (Παπαδόπουλος, 1985).



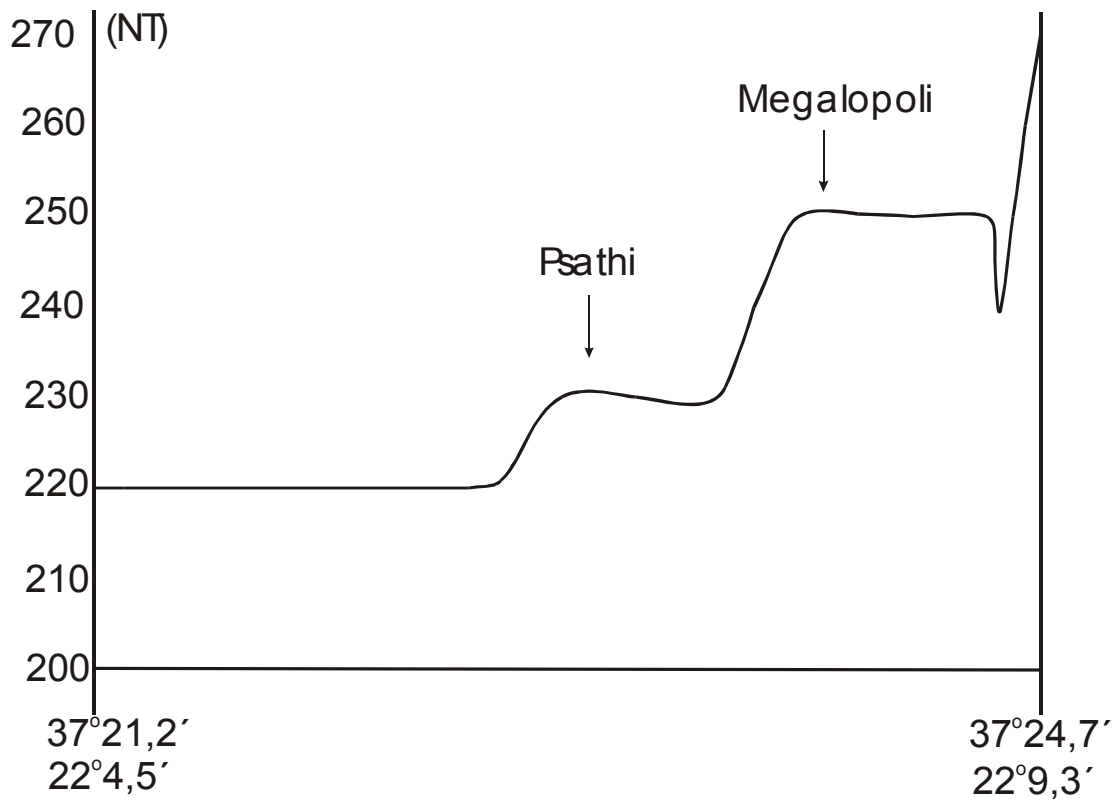


**Σχήμα 4.1:** Χάρτης των μαγνητικών ανωμαλιών όπως προέκυψε μετά την αφαίρεση του πεδίου I.C.R.F. από την ολική ένταση του γήινου μαγνητικού πεδίου. Οι τιμές των ισότιμων καμπύλων έχουν προκύψει μετά την αφαίρεση της σταθερής τιμής 44000 nT (Παπαδόπουλος, 1985).

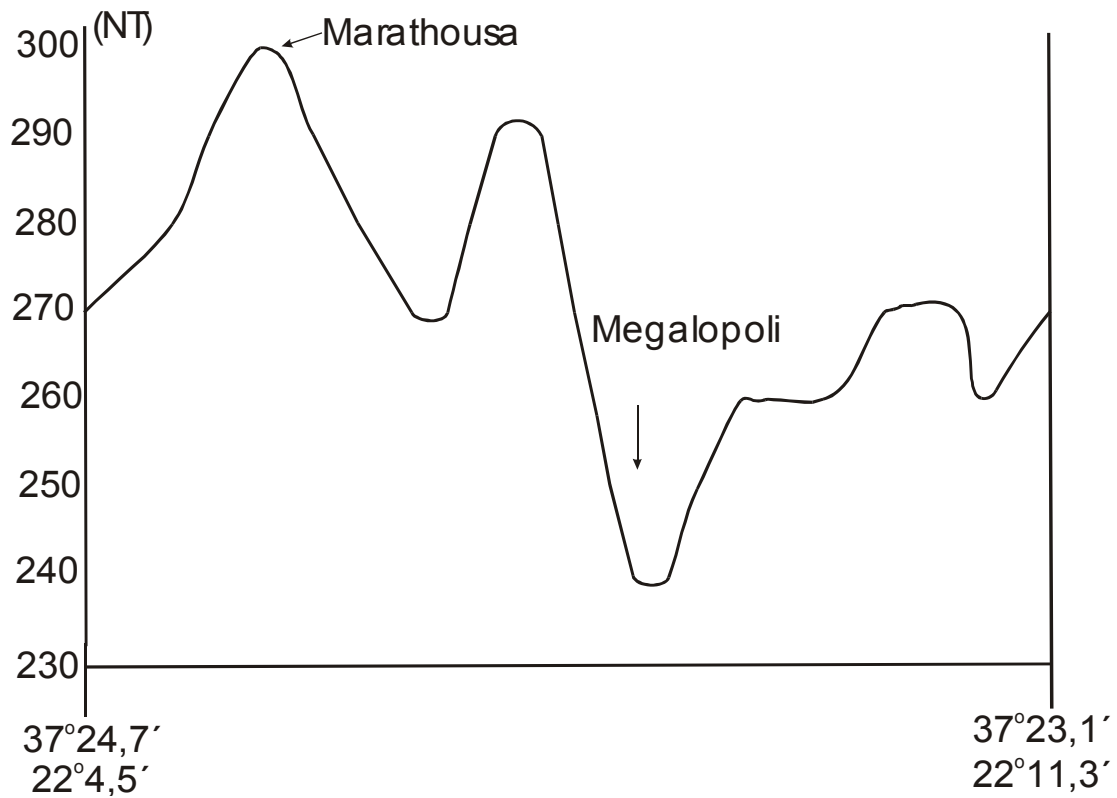
Ο χάρτης δείχνει μια σαφή ΒΑ διεύθυνση των ισομαγνητικών καμπύλων. Υπάρχει ένα ελάχιστο (-300 nT) μαγνητικής ανωμαλίας στο ΒΔ τμήμα της περιοχής που ερευνήθηκε, το οποίο βρίσκεται στο χώρο του λιγνιτωρυχείου Μαραθούσας.

Το πιο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του χάρτη μαγνητικών ανωμαλιών είναι μια πυκνή και ευθύγραμμη (με ΒΑ διεύθυνση) εμφάνιση των ισομαγνητικών καμπύλων, η οποία θα μπορούσε να ερμηνευτεί ότι οφείλεται, είτε στην παρουσία ενός ρήγματος ή κάποιας υπό κλίση φλέβας. Επειδή η παρουσία δείγματος με αυτή τη διεύθυνση δεν διαπιστώθηκε από βαρυτομετρική έρευνα, η περίπτωση αυτή είναι αμφισβητήσιμη. Επίσης η παρουσία φλέβας με μαγνητικό υλικό θα έδινε μαγνητικές ανωμαλίες μεγαλύτερου εύρους, εκτός και αν βρισκόταν σε μεγάλο βάθος και η επίδραση αυτής στην επιφάνεια του εδάφους ήταν μικρότερη (Παπαδόπουλος, 1985).

Κατασκευάστηκαν δύο τομές με σκοπό να διαπιστώσουμε την μορφή της μαγνητικής ανωμαλίας, οι οποίες παρουσιάζονται στα σχήματα 4.2 και 4.3.



Σχήμα 4.2: Μαγνητική ανωμαλία A



Σχήμα 4.3: Μαγνητική ανωμαλία B

Στο σχήμα 4.2 παρατηρείται μία αύξηση της μαγνητικής ανωμαλίας σε διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ, γεγονός που σχετίζεται με την παρουσία των λιγνιτικών στρωμάτων. Το διάγραμμα του σχήματος 4.3 είναι αναμενόμενο. Αυξημένη μαγνητική ανωμαλία εμφανίζεται στο πεδίο της Μαραθούσας το οποίο είναι ενεργό, ενώ στην περιοχή της Μεγαλόπολης τα επίπεδα πιο χαμηλά.

### 4.3 Εισαγωγή στην βαρυτομετρική διασκόπηση που διεξήχθη στην περιοχή της Μεγαλόπολης

Σκοπός της παρούσας βαρυτομετρικής διασκόπησης στη λεκάνη Μεγαλόπολης είναι η χαρτογράφηση των ανωμαλιών Bouguer και ιδιαίτερα των τοπικών ανωμαλιών Bouguer που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη της γεωλογικής δομής της λεκάνης. Συγκεκριμένα, στόχος είναι ο προσδιορισμός του σχήματος της λεκάνης από τις ανωμαλίες βαρύτητας, όπως θα προκύψει από την ερμηνεία αυτών. Επιπλέον, θα καταβληθεί προσπάθεια, με βάση τα αποτελέσματα της βαρυτομετρικής διασκόπησης να προσδιοριστούν: α) η τεκτονική δομή της λεκάνης, π.χ. ύπαρξη ρηγμάτων στο κέντρο αυτής, όπου δεν είναι δυνατή η ανίχνευση τους από τη γεωλογική χαρτογράφηση και β) ο καθορισμός του βάθους του Αλπικού υποβάθρου στην περιοχή έρευνας και ιδιαίτερα στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της λεκάνης όπου γεωτρήσεις μέχρι βάθους 270 περίπου μέτρων, κοντά στο χωριό Ψαθί, δεν το έχουν συναντήσει.

#### Ορισμός ανωμαλιών Bouguer

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι ανωμαλίες Bouguer παρουσιάζουν ενδιαφέρον από γεωλογικής πλευράς.

Οι ανωμαλίες Bouguer  $\Delta g_B$  (εκφρασμένες σε mgals) ορίζονται από τη σχέση:

$$\Delta g_B = g_{obs} + 0.3086h - 0.0419\rho * h + T * \rho - g_n$$

όπου  $g_n$  η κανονική τιμή της επιτάχυνσης βαρύτητας για κάθε τόπο, όπως έχει καθοριστεί από τη Διεθνή Ένωση Γεωδαισίας και Γεωφυσικής το 1971 (IUGG).

$$g_n = 978031.8495 (1 + 0.0052788944 \eta\mu^2\phi + 0.0000234631 \eta\mu^4\phi)$$

$g_{obs}$ : η παρατηρούμενη τιμή επιτάχυνσης βαρύτητας σε υψόμετρο  $h$  μέτρα από τη μέση στάθμη της θάλασσας

$\rho$ : η πυκνότητα του μέσου μεταξύ του τόπου παρατήρησης και της μέσης στάθμης της θάλασσας (πυκνότητα Bouguer)

$T$ : συντελεστής τοπογραφικής διόρθωσης

#### Υπολογισμός των ανωμαλιών Bouguer

Ο τύπος της ανωμαλίας Bouguer που δίνεται από τη σχέση

$$\Delta g_B = g_{obs} + 0.3086h - 0.0419\rho * h + T * \rho - g_n$$

μπορεί να γραφτεί και ως εξής:

$$\Delta g_B = g_{\text{obs}} - (g_n - 0.3086h + 0.0419p * h - T * p)$$

(Ervin C. 1977). Οι κανονικές (θεωρητικές) τιμές της επιτάχυνσης βαρύτητας, που αναφέρονται σ'ένα επίπεδο αναφοράς (συνήθως τη μέση στάθμη της θάλασσας), διορθώνονται σε σχέση με το υψόμετρο, h, (διόρθωση "ελεύθερου" αέρα), σε σχέση με το υλικό που μεσολαβεί μεταξύ του επιπέδου αναφοράς και του σημείου μέτρησης της επιτάχυνσης βαρύτητας (διόρθωση Bouguer) και σε σχέση με το ανάγλυφο των παρακείμενων τοπογραφικών μαζών (διόρθωση Τοπογραφική).

Πρέπει να τονιστεί ότι οι τιμές των ανωμαλιών Bouguer αναφέρονται στα σημεία που λήφθηκαν οι αντίστοιχες τιμές της επιτάχυνσης βαρύτητας και όχι στο επίπεδο αναφοράς.

Ο υπολογισμός των ανωμαλιών Bouguer  $\Delta g_B$ , έγινε με τη χρήση του H/Y και με βάση το πρόγραμμα GRAV, του Τομέα Γεωφυσικής και Γεωθερμίας του Παν/μιου Αθηνών. Το πρόγραμμα αυτό τροποποιήθηκε από τον υποφαινόμενο, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός των γεωγραφικών συντεταγμένων σε φ και λ (μοίρες) από τις Καρτεσιανές συντεταγμένες χ και y (εκφρασμένες σε χιλιόμετρα), όπως απαιτεί το πρόγραμμα GRAV.

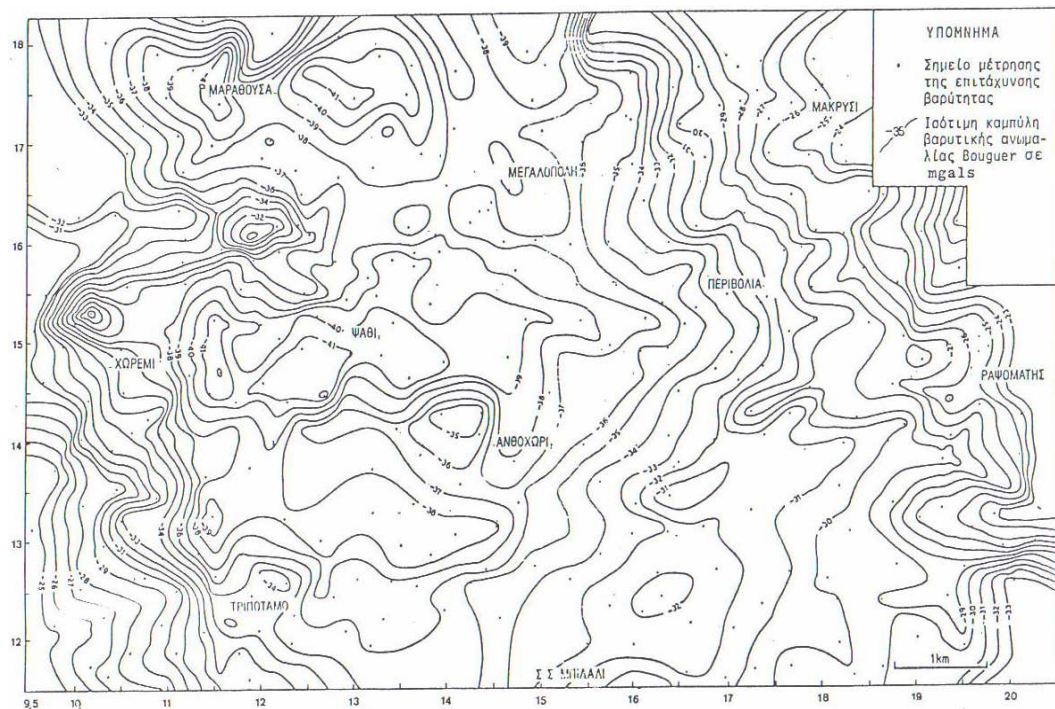
#### 4.3.1 Λήψη των μετρήσεων υπαίθρου

Η επιτάχυνση βαρύτητας μετρήθηκε σε 566 σημεία (σταθμούς) στη λεκάνη Μεγαλόπολης. Η πυκνότητα των σημείων (~5 σταθμοί/km<sup>2</sup>) είναι ικανοποιητική για το σκοπό της παρούσας έρευνας (σχ. 4.4). Οι μετρήσεις υπαίθρου λήφθηκαν με τον εξής τρόπο:

Δημιουργήθηκαν 15 βαρυτομετρικές βάσεις, οι οποίες συνδέθηκαν με τη Διεθνή Βάση Μεγαλόπολης με απόλυτη τιμή βαρύτητας 979805.650mgals. Η σύνδεση αυτή έγινε με επαναληπτικές μετρήσεις μεταξύ της βάσης Μεγαλόπολης και των περιφερειακών βάσεων. Η δημιουργία των περιφερειακών βάσεων κρίθηκε απαραίτητη για τον έλεγχο της "ολίσθησης" του βαρυτομέτρου και την καλύτερη ανάπτυξη της βαρυτομετρικής διασκόπησης. Οι περιφερειακές βάσεις λήφθηκαν σε χαρακτηριστικά σημεία και σε στέρεο έδαφος για να αναγνωρίζονται εύκολα και να μη υπάρξουν μικρομετακινήσεις με το χρόνο, που θα αλλοίωναν την τιμή της επιτάχυνσης βαρύτητας.

Για τον προσδιορισμό των απόλυτων τιμών της επιτάχυνσης βαρύτητας των υπόλοιπων βαρυτομετρικών σταθμών, δημιουργήθηκαν οι βρόχοι παρατήρησης. Έτσι οι μετρήσεις άρχιζαν από μία απαραίτητα περιφερειακή βαρυτομετρική βάση και συνεχίζονταν σε άλλους σταθμούς, ο αριθμός των οποίων ήταν συνήθως μικρότερος των δέκα, ανάλογα με τις συναντώμενες δυσκολίες προσπέλασης, καιρικών συνθηκών κλπ. και τελείωναν με τη λήψη μέτρησης στην αρχική περιφερειακή βαρυτομετρική βάση. Το χρονικό διάστημα που απαιτούνταν για την κάλυψη ενός βρόχου παρατήρησης σπάνια υπερέβαινε τις δύο ώρες. Για τον υπολογι-

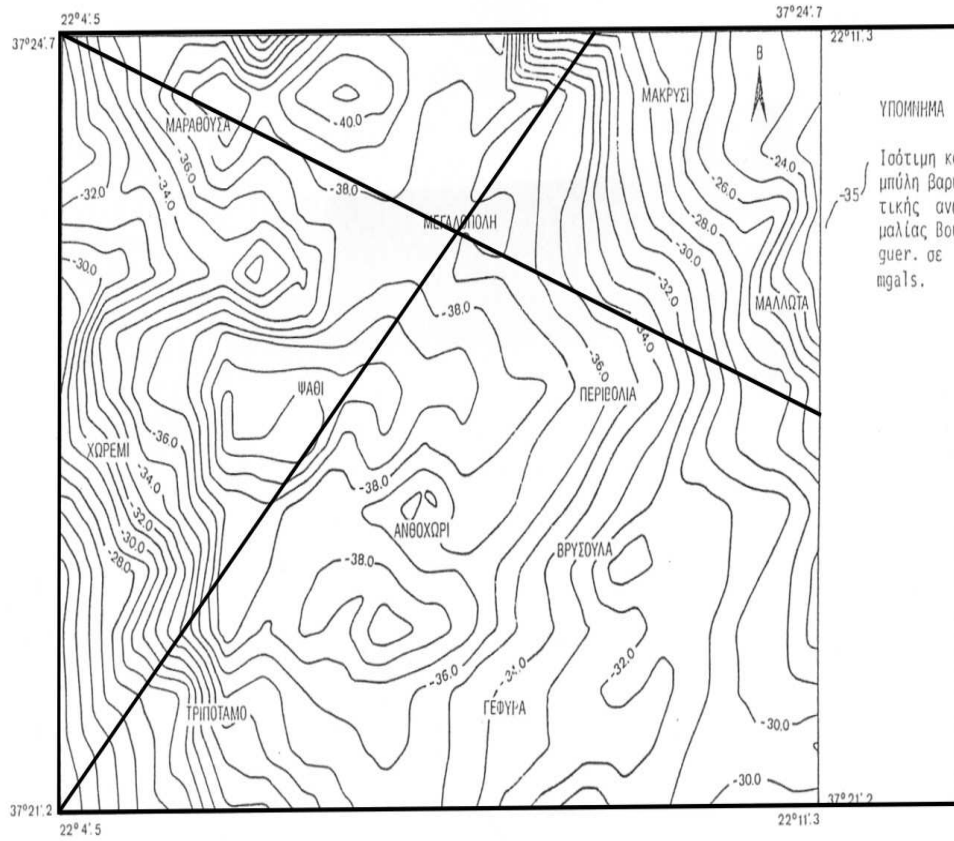
σμό των απολύτων τιμών της επιτάχυνσης βαρύτητας των βαρυτομετρικών σταθμών, έγινε σύνδεση τους με την αντίστοιχη περιφερειακή βαρυτομετρική βάση του βρόχου παρατήρησης, θα πρέπει να τονιστεί ότι το βαρυτόμετρο LaCoste & Romberg μετρά τη σχετική επιτάχυνση βαρύτητας μεταξύ δύο σημείων. Θα πρέπει να είναι γνωστή η απόλυτη τιμή επιτάχυνσης βαρύτητας σ'ένα σημείο, για να είναι δυνατός ο υπολογισμός της σ' ένα άλλο σημείο. Κατ' αυτό τον τρόπο, έχοντας σαν σημείο αναφοράς την απόλυτη τιμή του Σταθμού Μεγαλόπολης, υπολογίστηκαν αρχικά, οι απόλυτες τιμές των περιφερειακών βαρυτομετρικών βάσεων και στη συνέχεια οι απόλυτες τιμές της επιτάχυνσης βαρύτητας των υπόλοιπων βαρυτομετρικών σταθμών.



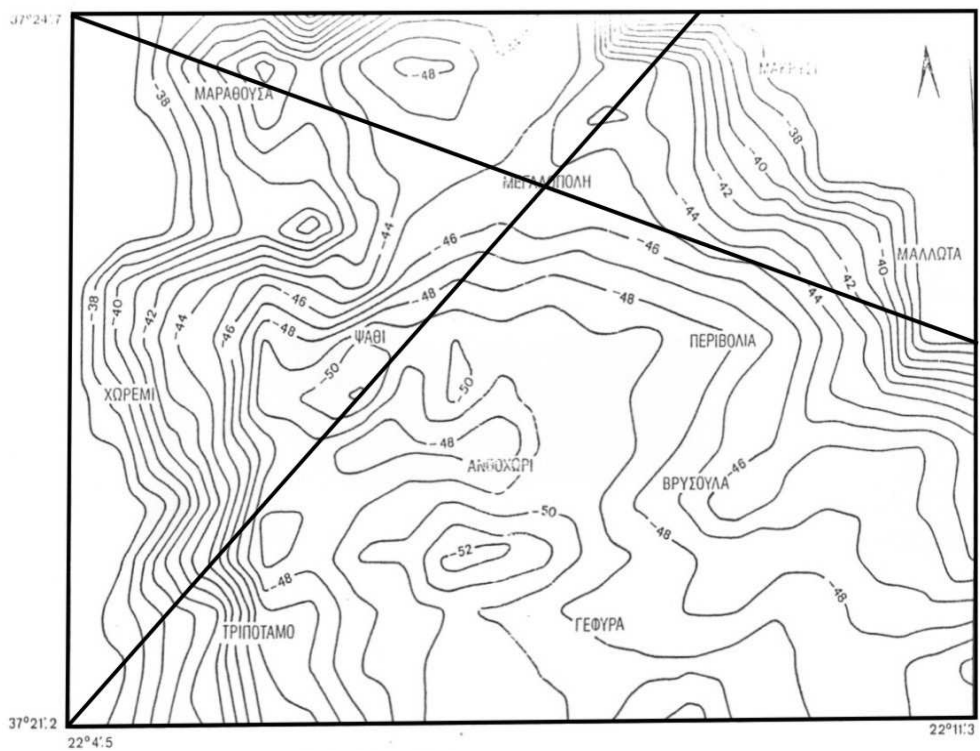
**Σχήμα 4.4:** Χάρτης ανωμαλιών Bouguer που χαραχτηκε με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των σημείων μέτρησης.

#### 4.3.2 Περιγραφή των ανωμαλιών Bouguer

Ο χάρτης ανωμαλιών Bouguer και ο χάρτης τοπικών ανωμαλιών Bouguer αντίστοιχα για την ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης φαίνονται στα σχήματα 4.5 και 4.6 (Παπαδόπουλος, 1985).



Σχήμα 4.5: Χάρτης ανωμαλιών Bouguer για την ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης.



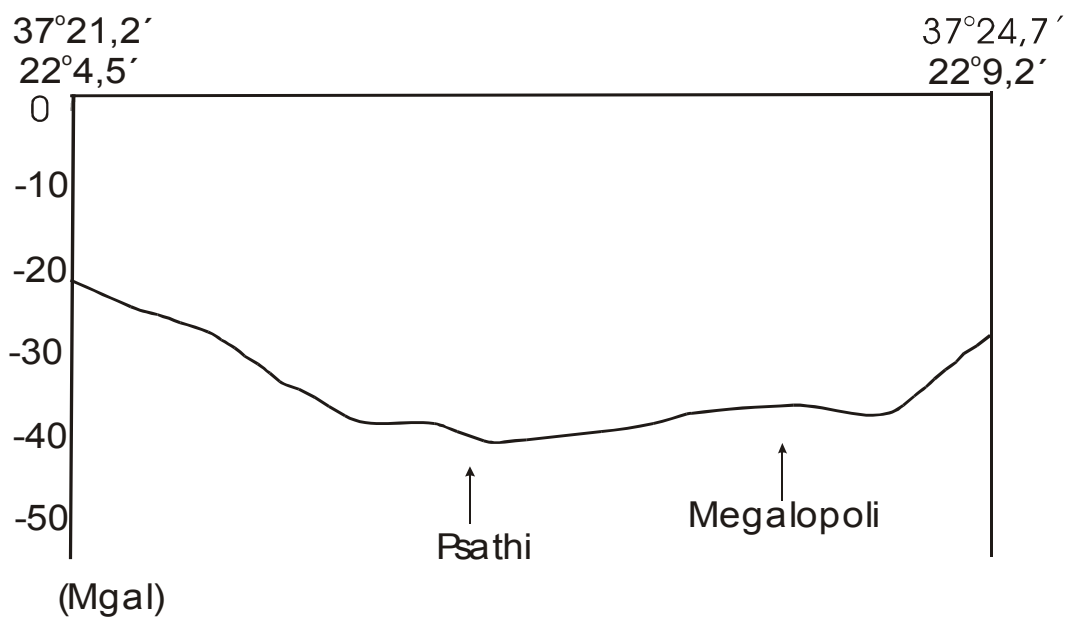
Σχήμα 4.6: Χάρτης τοπικών ανωμαλιών Bouguer για την ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης.

Οι αρνητικές τιμές των ανωμαλιών Bouguer είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό αυτών. Οι περισσότερες αρνητικές τιμές (-41mgals) παρατηρούνται σε δύο περιοχές της εξεταζόμενης λεκάνης Μεγαλόπολης (σχήμα 4.5). Η πρώτη περιοχή, που καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση, συμπίπτει με το κύριο λιγνιτοφόρο πεδίο Χωρεμίου, νοτιοδυτικά του χωριού Ψαθί. Η δεύτερη περιοχή, συμπίπτει με το λιγνιτοφόρο πεδίο Μαραθούσας, νότια του χωριού Μαραθούσα. Οι δύο παραπάνω περιοχές διαχωρίζονται, φανερά, μεταξύ τους και δεν αποτελούν η μία συνέχεια της άλλης, αλλά παρεμβάλλεται ένα μέγιστο με μεγαλύτερη τιμή ανωμαλίας Bouguer (-37mgals). Παρατηρούνται επίσης, ένα ελάχιστο (-41mgals) στην περιοχή μεταξύ των χωριών Απιδίτσα και Χωρεμίου, μικρής έκτασης, που πιθανόν να αποτελεί το προς Δυσμάς όριο του λιγνιτοφόρου πεδίου Χωρεμίου και ένα ελάχιστο (-40mgals) βόρεια του χωριού Τριπόταμο, το οποίο αποτελεί πιθανόν το νότιο όριο του λιγνιτοφόρου πεδίου Χωρεμίου (Παπαδόπουλος, 1985).

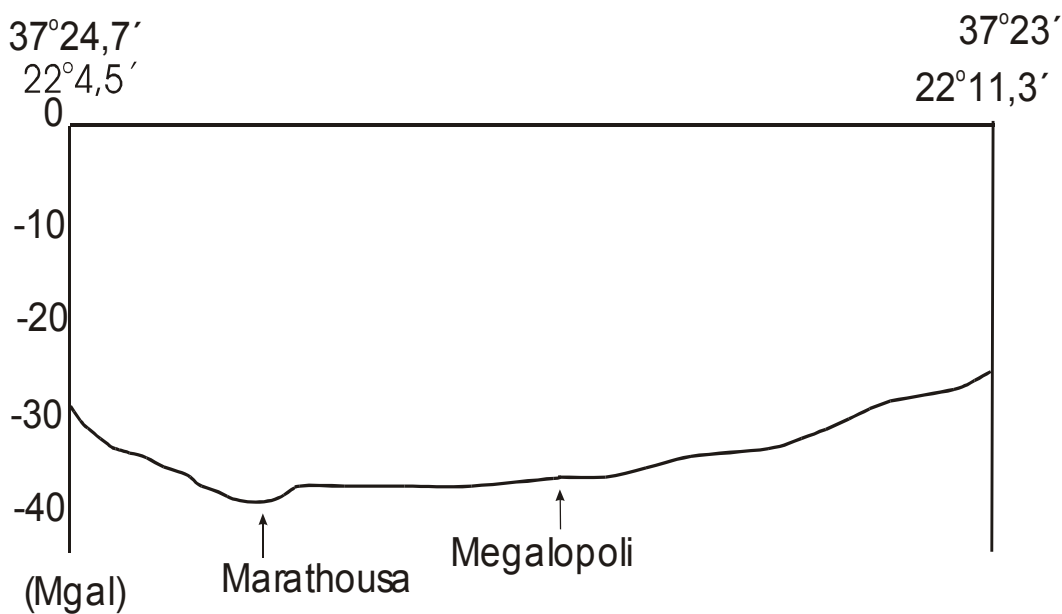
Οι μεγαλύτερες τιμές των ανωμαλιών Bouguer παρατηρούνται στα περιθώρια της εξεταζόμενης λεκάνης Μεγαλόπολης ( στο ανατολικό περιθώριο -18mgals και στο δυτικό περιθώριο -25mgals). Μια μεγάλη σχετικά τιμή (-30mgals) ανωμαλίας Bouguer παρατηρείται στο βόρειο τμήμα του λιγνιτοφόρου πεδίου Χωρεμίου.

Για τον προσδιορισμό των τοπικών ανωμαλιών (Residual) οι αρχικές τιμές των ανωμαλιών Bouguer (σχήμα 4.5) ελαττώθηκαν σύμφωνα με το πεδίο τιμών των ευρέων ανωμαλιών και προέκυψε ο χάρτης του σχήματος 4.6. Ο χάρτης αυτός είναι πιο σαφής από τον αρχικό χάρτη του σχήματος 4.5 και επί πλέον παρουσιάζει σαφέστερα το νοτιοανατολικό όριο του λιγνιτοφόρου πεδίου Χωρεμίου. Έτσι, το πεδίο αυτό εκτείνεται μέχρι το χωριό Ανθοχώρι και λίγο νοτιότερα. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που φαίνεται στο χάρτη του σχήματος 4.6 είναι η προς νότο επέκταση της λεκάνης Μεγαλόπολης νοτιοανατολικά του χωριού Τριπόταμο (Παπαδόπουλος, 1985).

Οι τομές που σχεδιάστηκαν για τους χάρτες ανωμαλιών και τοπικών ανωμαλιών Bouguer αντίστοιχα εμφανίζονται στα επόμενα σχήματα (4.7, 4.8, 4.9, 4.10) και αποδεικνύουν τα προαναφερόμενα.

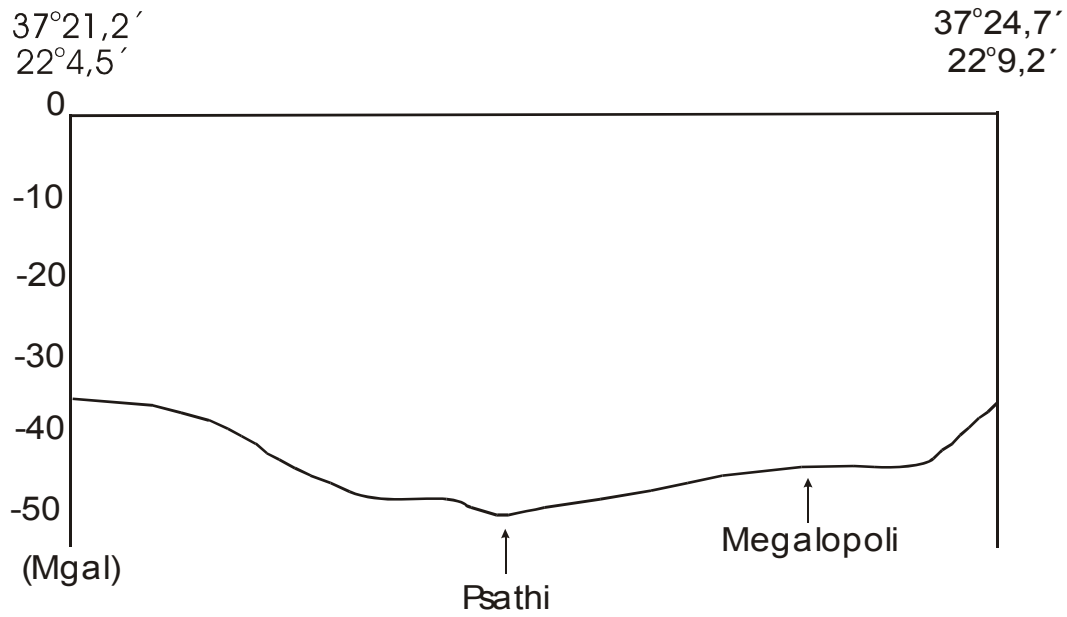


Σχήμα 4.7: Βαρυτική ανωμαλία Α από χάρτη ανωμαλιών Bouguer.

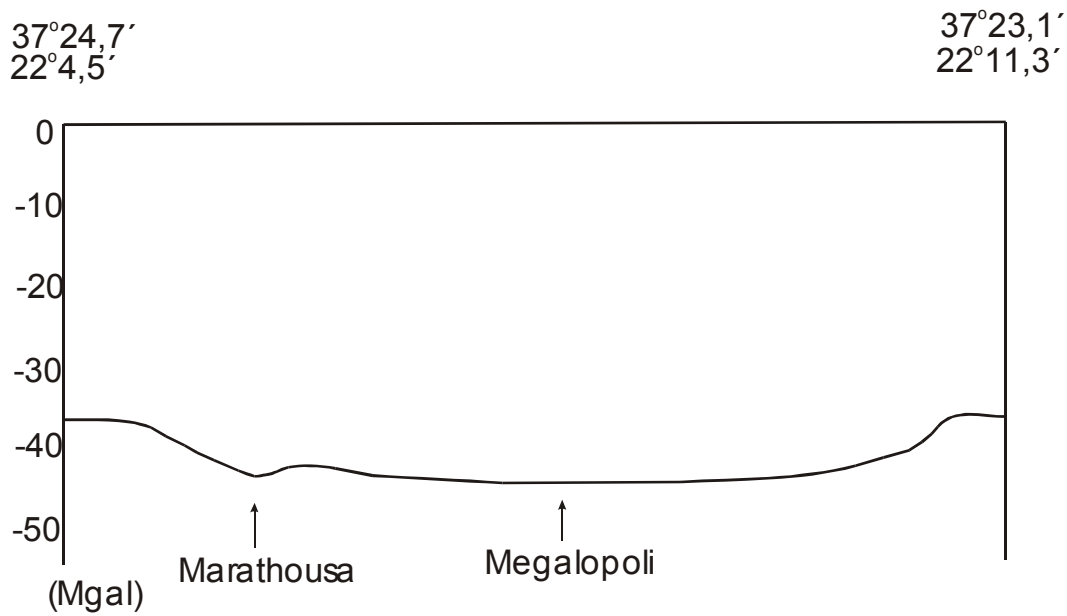


Σχήμα 4.8: Βαρυτική ανωμαλία Β από χάρτη ανωμαλιών Bouguer





Σχήμα 4.9: Βαρυτική τοπική ανωμαλία Α από χάρτη τοπικών ανωμαλιών Bouguer.



Σχήμα 4.10: Βαρυτική τοπική ανωμαλία Β χάρτη τοπικών ανωμαλιών Bouguer.

#### 4.4 Γεωηλεκτρική έρευνα

Η γεωηλεκτρική μέθοδος χρησιμοποιείται ευρύτατα, διότι δίνει άμεσα πληροφορίες για τα βάθη και τις αντίστοιχες ειδικές αντιστάσεις των υπογείων στρωμάτων, με σχετικά χαμηλό κόστος.

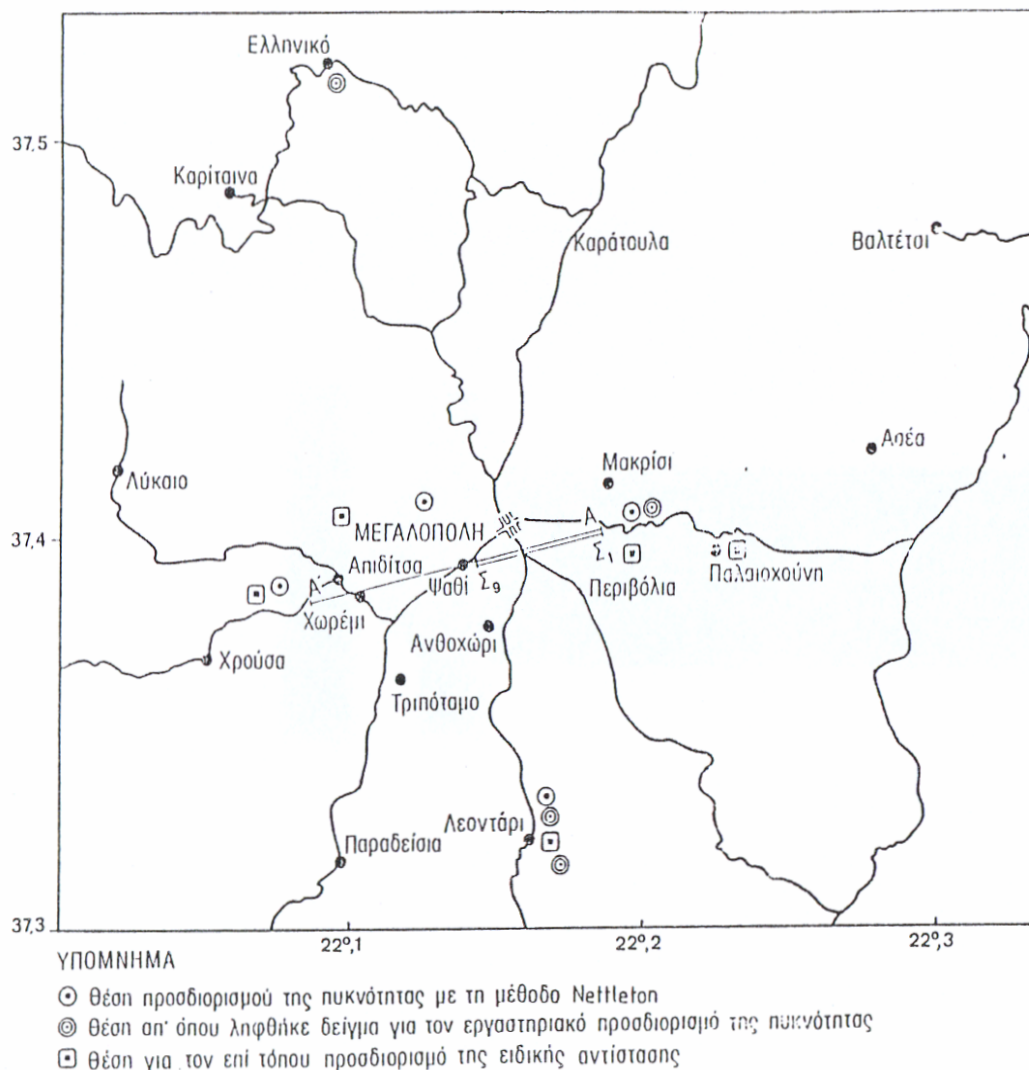
Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τη διοχέτευση ελεγχόμενου συνεχούς ρεύματος ή χαμηλής συχνότητας εναλλασσόμενου ρεύματος, μέσω δύο ηλεκτροδίων στη γη και αντίστοιχα τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού που δημιουργείται μεταξύ ενός άλλου ζεύγους ηλεκτροδίων, των λεγομένων ηλεκτροδίων δυναμικού. Η διαφορά δυναμικού που μετριέται εξαρτάται από την αγωγιμότητα των υπογείων στρωμάτων δια των οποίων διέρχεται το ρεύμα. Η ποσότητα που τελικά μετριέται από το όργανο είναι γνωστή σαν αντίσταση εδάφους, η οποία ισούται με το πηλίκο της διαφοράς δυναμικού δια της εφαρμοζόμενης έντασης του ρεύματος. Σε ομοιογενές έδαφος η ειδική αντίσταση που μετριέται είναι ίση με την πραγματική ειδική αντίσταση του εδάφους, αλλά συνήθως παριστά μία μέση τιμή των ειδικών αντιστάσεων των σχηματισμών από τους οποίους διέρχεται το ρεύμα και γι αυτό λέγεται "φαινόμενη" ειδική αντίσταση.

Κατά κανόνα, οι μετρήσεις ειδικής αντίστασης έχουν φτάσει μέγιστο βάθος διείσδυσης, όταν οι μετρούμενες ειδικές αντιστάσεις, που λαμβάνονται από τις μετρήσεις υπαίθρου με διαδοχικά αυξανόμενες τις αποστάσεις των ηλεκτροδίων ρεύματος, έχουν πέσει σε πολύ μικρές τιμές. Επομένως το μέγιστο βάθος εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία πολύ μικρές τιμές αντίστασης μπορούν να μετρηθούν. Επί πλέον, το όργανο μέτρησης της αντίστασης του εδάφους (Terrameter) μόλις επηρεάζεται από την αντίσταση επαφής μεταξύ του εδάφους και των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά του οργάνου δίνουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησής του για διασκοπήσεις μεγάλου βάθους (μέχρι 600m), δεδομένου ότι η κατανομή της αγωγιμότητας στο έδαφος, επιτρέπει αυτόν τον προσδιορισμό.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η ικανοποιητική διακριτική ικανότητα στον προσδιορισμό των γεωηλεκτρικών ασυνεχειών, καθώς επίσης και η χρησιμοποίηση τεχνητής πηγής ενέργειας αντί φυσικών δυναμικών πεδίων.

##### 4.4.1 Εργασίες υπαίθρου κατά την γεωηλεκτρική έρευνα της λεκάνης Μεγαλόπολης

Όλες οι μετρήσεις (βυθοσκοπήσεις), έγιναν με τη διάταξη Schlumberger. Η όλη εργασία υπαίθρου έγινε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση έγιναν 9 βυθοσκοπήσεις κατά μήκος μιας γραμμής που αρχίζει κοντά στο χωριό Μακρίσι και τελειώνει κοντά στο χωριό Ψαθί Μεγαλόπολης (σχήμα 4.11). Στη δεύτερη φάση έγιναν επί τόπου μετρήσεις σε ορισμένους γεωλογικούς σχηματισμούς για να καθοριστεί και επί τόπου η τιμή της ειδικής αντίστασης αυτών.



**Σχήμα 4.11:** Χάρτης με τις θέσεις των επί τόπου μετρήσεων πυκνότητας, ειδικής αντίστασης και δειγματοληψίας.

Στην πρώτη φάση οι εργασίες υπαίθρου περιελάμβαναν τα παρακάτω βήματα:

- Εύρεση του κέντρου της διάταξης και καθορισμό της διεύθυνσης ανάπτυξης της γραμμής.
- Καθορισμό της ευθυγραμμίας με τη χρήση κονταριών τοπογραφίας και την τοποθέτηση μικρών ευδιάκριτων σημαιών κατά μήκος της γραμμής.
- Λήψη μετρήσεων κοντά στο κέντρο της διάταξης με ταυτόχρονη ανάπτυξη προς τα έξω των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού. Οι αποστάσεις των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού από το κέντρο της διάταξης, καθώς και οι μετρήσεις υπαίθρου. Οι τιμές των αποστάσεων αυτών έχουν ληφθεί από το Δελτίο γεωηλεκτρικής βυθομέτρησης που χρησιμοποιεί το Ι. Γ.Μ.Ε. εδώ και πολλά χρόνια.

Κατά τη λήψη των μετρήσεων υπαίθρου συναντήθηκαν αρκετές δυσκολίες:

1. Σε ορισμένες θέσεις των ηλεκτροδίων η αντίσταση επαφής ήταν μεγαλύτερη των 5000 ohms και δεν ήταν δυνατή ή σωστή η μέτρηση. Στις περιπτώσεις αυτές τοποθετούνταν τα ηλεκτρόδια βαθύτερα μέσα στη γη και αν δεν ελαττώνονταν η τιμή της, τότε περιβρέχονταν με διάλυμα αλμυρού νερού το έδαφος γύρω από τα ηλεκτρόδια.
2. Η ορατότητα ήταν περιορισμένη λόγω της παρουσίας των δένδρων, μικρών αναβαθμίδων, βάτων κλπ. και δυσκόλευε την ανάπτυξη της γραμμής. Χρειάστηκε να κοπούν κλαδιά δένδρων, βάτα κ.α. για να είναι προσπελάσιμη η γραμμή. Η ευθυγραμμία τηρήθηκε και για τα πλέον απομακρυσμένα σημεία των ηλεκτροδίων ρεύματος ( $AB/2 = 500m$ ).
3. Σε ορισμένες θέσεις το έδαφος ήταν πολύ σκληρό και δύσκολα τα ηλεκτρόδια εισχωρούσαν στο έδαφος.

Στη δεύτερη φάση, έγιναν επί τόπου μετρήσεις για να προσδιοριστούν οι ειδικές αντιστάσεις ορισμένων γεωλογικών σχηματισμών (φλύσχη, μάργας, εκρηξιγενών κλπ.). Οι μετρήσεις ειδικής αντίστασης σε ασβεστολιθικό σχηματισμό παρουσίασαν δυσκολίες, λόγω της μεγάλης αντίστασης επαφής των ηλεκτροδίων. Προσπάθειες που έγιναν για ελάττωση της με διάλυμα αλμυρού νερού απέτυχαν επίσης. Οι θέσεις όπου έγιναν οι επί τόπου μετρήσεις φαίνονται στο χάρτη του σχήματος 4.11.

#### 4.4.2 Ειδικές αντιστάσεις των πετρωμάτων στην περιοχή έρευνας

Για τον καθορισμό των ειδικών αντιστάσεων των σχηματισμών που απαντούν στην περιοχή έρευνας έγιναν "επί τόπου" μετρήσεις (πίνακας 4.1). Οι τιμές ειδικής αντίστασης της μάργας κυμαίνονται μεταξύ 16-56 Ohm-m και αντιπροσωπεύουν τις μικρότερες τιμές που μετρήθηκαν. Ο ψαμμιτικός φλύσχη παρουσιάζεται με υψηλότερες τιμές ειδικής αντίστασης (63-66 Ohms). Η ειδική αντίσταση του ασβεστόλιθου, όπου ήταν δυνατό να μετρηθεί (Λεοντάρι, Μεγαλόπολη), βρέθηκε με υψηλή τιμή (7800 Ohms). Παρόμοιες μετρήσεις γεωηλεκτρικής διασκόπησης έχει εκτελέσει στο λεκανοπέδιο της Ασέας Αρκαδίας η Γαλλική Γεωφυσική Εταιρεία Compagnie Generale De Geophysique (1972), στα πλαίσια εκπόνησης υδρογεωλογικής μελέτης της περιοχής αυτής. Η περιοχή της Ασέας βρίσκεται, βόρεια της λεκάνης Μεγαλόπολης και σε απόσταση 15 Km νότια της Τρίπολης. Μία ερευνητική γεώτρηση που διανοίχτηκε για τη βαθμονόμηση των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων έδειξε καλή συσχέτιση μεταξύ της λιθολογίας και των ειδικών αντιστάσεων, σύμφωνα με τον πίνακα 4.2.

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες 4.1 και 4.2 φαίνεται ότι ο υγιής (ή συμπαγής) ψαμμιτικός φλύσχη παρουσιάζει υψηλότερη ειδική αντίσταση από τον επιφανειακό, διαβρωθέντα φλύσχη. Επίσης, η επικράτηση του αργιλικού υλικού στο φλύσχη δίνει ειδικές αντιστάσεις παραπλήσιες της μάργας και του έξαλλοιωμένου φλύσχη. Στην περίπτωση αυτή είναι δύσκολη η

**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΓΕΩΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΛΙΟΥ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΣΤΟ ΝΟΜΟ  
ΛΑΡΙΣΣΑΣ»**

αναγνώριση της ταυτότητας του υλικού από τις τιμές της ειδικής αντίστασης και κατά συνέπεια η ερμηνεία των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων είναι επίσης δύσκολη.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:** Ειδικές αντιστάσεις πετρωμάτων που μετρήθηκαν "επί τόπου" στην περιοχή Μεγαλόπολης.

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΙΔΙΚΗ - ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ Ohm-m	ΒΑΘΟΣ ΣΕ m
ΦΛΥΣΧΗΣ	Λεοντάρι	64	0.6
	Παλαιοχούνη	63	0.7
	Όρος Κούλα	66	3.0
ΜΑΡΓΑ	Λιγνιτορυχείο	16	1.8
	Περιβόλια	20	2.4
	Μαλλωτά	36	1.7
	Μονή Παναγίας	26	2.0
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	Λεοντάρι	7.800	1.5

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:** Ειδικές αντιστάσεις πετρωμάτων της περιοχής Ασέας κατά τη Γαλλική Γεωφυσική Εταιρεία C.G.G (1972).

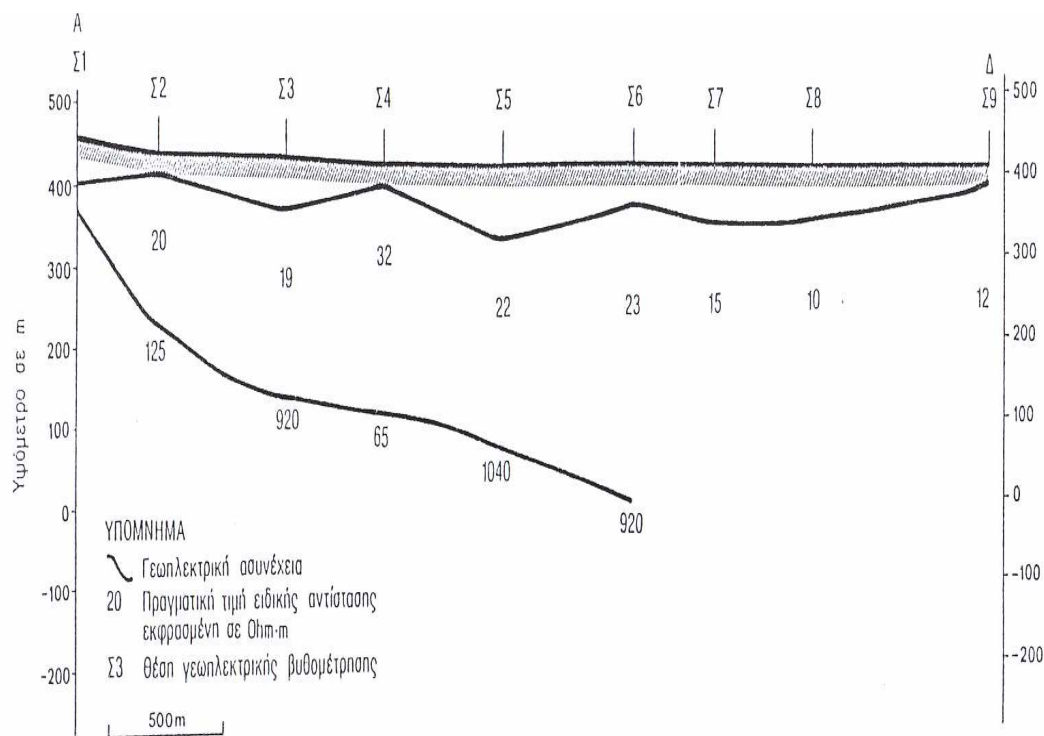
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ Ohm-m
Φαιά άργιλος	15-20
Αμμώδης μάργα	100-150
Εξαλειωμένος φλύσχης	20-30
Μη εξαλειωμένος φλύσχης. Επικρατούντες αργιλικοί ορίζοντες	20-30
Επικρατούντες ψαμμιτικοί ορίζοντες	150-200

#### 4.4.3 Αποτελέσματα της γεωηλεκτρικής έρευνας στην περιοχή της λεκάνης Μεγαλόπολης

Οι θέσεις των επί τόπου μετρήσεων πυκνότητας, ειδικής αντίστασης και δειγματοληψίας φαίνονται στον χάρτη του σχήματος 4.11.

Όλες οι μετρήσεις έγιναν με τη διάταξη Schlumberger. Η όλη εργασία υπαίθρου έγινε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση έγιναν 9 βυθοσκοπήσεις κατά μήκος μίας γραμμής που αρχίζει κοντά στο χωριό Μακρίσι και τελειώνει κοντά στο χωριό Ψαθί Μεγαλόπολης. Στη δεύτερη φάση έγιναν επί τόπου μετρήσεις σε ορισμένους γεωλογικούς σχηματισμούς για να καθοριστεί και επί τόπου η τιμή της ειδικής αντίστασης αυτών.

Τα αποτελέσματα της ποσοτικής ερμηνείας των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων  $\Sigma_1$ - $\Sigma_9$  φαίνονται στο σχήμα 4.12.



**Σχήμα 4.12:** Γεωηλεκτρική τομή που προέκυψε από την ποσοτική ερμηνεία των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων  $\Sigma_1$  –  $\Sigma_9$ .

Παρατηρείται ένα επιφανειακό στρώμα μεταβλητού πάχους, που αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων μικρού πάχους και με ειδικές αντιστάσεις που κυμαίνονται μεταξύ 20 και 140 ohm.m. Κάτω από το στρώμα αυτό υπάρχει ένα ενδιάμεσο στρώμα μεγάλου σχετικά πάχους (350 m κάτω από το σημείο  $\Sigma_6$ ) και με ειδική αντίσταση που κυμαίνεται μεταξύ 9 και 32 ohm.m. Το υλικό του στρώματος αυτού είναι μάλλον αργιλικό ή λεπτόκοκκο μαργαϊκό.

Το υπόβαθρο παρουσιάζει με μεγάλο εύρος τιμών ειδικής αντίστασης (48-1040 ohm.m.). Το κάτω όριο των παραπάνω τιμών πιθανόν να αντιστοιχεί σε φλυσχικό σχηματισμό (αργιλικό ή ψαμμιτικό) και το ανώτερο όριο να αντιστοιχεί σε ασβεστολιθικό υλικό.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι έγινε μερική ποσοτική ερμηνεία των βυθοσκοπήσεων  $\Sigma_7$ ,  $\Sigma_8$  και  $\Sigma_9$  και αυτό γιατί:

1. Η ποιοτική ερμηνεία έδειξε μια απότομη πλευρική μεταβολή του πάχους των υπερκείμενων σχηματισμών του υποβάθρου της λεκάνης στις παραπάνω θέσεις.
2. Υπήρχε μεγάλη διασπορά των τιμών της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, κατά τη λήψη των μετρήσεων υπαίθρου, για διαφορετικές θέσεις των ηλεκτροδίων δυναμικού και κατά συνέπεια η εξομάλυνση της καμπύλης υπαίθρου ήταν δύσκολη αν όχι αδύνατη.

#### **4.4.4 Η γεωηλεκτρική έρευνα στα Κυπαρίσσια Μεγαλόπολης στην περιοχή λιγνιτικού πεδίου Μεγαλόπολης.**

Η διεύθυνση μελετών και κατασκευών ορυχείων της ΔΕΗ ζήτησε από το ΙΓΜΕ με σχετικό έγγραφο (Ιούλιος 1983) να εκτελεστεί γεωηλεκτρική έρευνα στην περιοχή Κυπαρισσιών όπου πρόκειται να επεκταθεί το λιγνιτικό πεδίο Μεγαλόπολης. Κατά την εκτέλεση της έρευνας έγιναν 27 γεωηλεκτρικές βυθομετρήσεις στις θέσεις περίπου των προγραμματισθέντων επτά τομών και 2 σε θέσεις επιφανειακών εμφανίσεων ασβεστόλιθου και φλύσχη. Συνολικά μετρήθηκαν 29 βυθομετρήσεις σε 7 εργάσιμες μέρες. Εφαρμόστηκε η γεωηλεκτρική μέθοδος της ειδικής αντιστάσεως EARTH RESISTIVITY METHOD με την τεχνική των γεωηλεκτρικών βυθομετρήσεων, που είναι κατάλληλα για τη διερεύνηση υδρογεωλογικών προβλημάτων. Τούτο είναι παραδεκτό από τη διεθνή εμπειρία (βιβλιογραφία) και τις πολλαπλές εφαρμογές στην πατρίδα μας επί 25 και πλέον χρόνια κυρίως από το ΙΓΜΕ (Ναθαναήλ Η. Α., 1985).

Η περιοχή γεωηλεκτρικής έρευνας είναι κυρίως πεδινή και βρίσκεται 1000 μ. Β-ΒΑ από το χωριό Κυπαρίσσια και 7 Km Β-ΒΔ από τη Μεγαλόπολη και αποτελεί τμήμα της λεκάνης της. Έχει μήκος περίπου 2000m και πλάτος 500-1000m. Διαχωρίζεται κατά μήκος από τον ποταμό Αλφειό που ήταν και το κύριο εμπόδιο με τα παρακλάδια του για την προσπέλαση και την ανάπτυξη της ηλεκτρικής γραμμής των γεωηλεκτρικών βυθομετρήσεων, που είχε μήκος (ΑΒ)=500-800 μέτρα. Επιφανειακά η περιοχή καλύπτεται από νεότερα ιζήματα (τεταρτογενή και νεογενή) λιμναίας προελεύσεως και αποτελούνται από λεπτομερή αργιλικά, αργιλομαργαϊκά και αργιλοαμμώδη στρώματα. Κάτω από αυτά αναπτύσσονται μάργες, χαλαρά κροκαλοπαγή και βαθύτερα ασβεστόλιθος και φλύσχης 2 φάσεων (πρώτος και δεύτερος φλύσχης). Η τεκτονική του υποβάθρου δεν είναι εμφανής γιατί οι νεότερες αποθέσεις κάλυψαν το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης (Ναθαναήλ Η. Α., 1985).

Η υδρογεωλογική έρευνα στην περιοχή Κυπαρισσιών διεξάγεται από τη ΔΕΗ για τη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών στο χώρο του λιγνιτικού πεδίου με συνέπεια την κα-

λύτερη προστασία του νέου ορυχείου, αλλά και την αξιοποίηση του υπόγειου υδατικά δυναμικού (Ναθαναήλ Η. Α., 1985).

Η γεωλογική έρευνα που προγραμματίστηκε και εκτελέστηκε παράλληλα με την γεωτρητική για τη πληρέστερη έρευνα στη διαμόρφωση του υποβάθρου και την τεκτονική του. Στόχος ήταν δηλαδή να προσδιορίσει το πάχος των νεογενών και νεωτέρων ιζημάτων, τη σχέση φλύσχη και ασβεστόλιθου και την τεκτονική τους κατάσταση που επηρεάζει άμεσα τη διακίνηση των υπόγειων νερών.

Όπως είναι γνωστό η μέθοδος της ειδικής αντιστάσεως στηρίζεται στη διαφορετική ειδική αντίσταση ( $\rho$ ), που παρουσιάζουν τα διάφορα πετρώματα και κυρίως του υποβάθρου (ασβεστόλιθος κ.α.) από τα υπερκείμενα στρώματα (νεογενείς και νεότερες αποθέσεις). Συγκεκριμένα η τιμή της ειδικής αντιστάσεως ( $\rho$ ) του ασβεστόλιθου σε επιφανειακή σχεδόν εμφάνιση (βυθομέτρηση 28) παρουσιάζει τιμή από 100-185  $\Omega\text{m}$  (όπου θα αναγράφονται τιμές ειδικής αντιστάσεως θα νοείται ως μονάδα  $\Omega\text{m}$ ).

Οι τιμές είναι χαμηλές ιδίως  $\rho=100 \Omega\text{m}$ , που αντιστοιχεί σε αποσαθρωμένο ασβεστόλιθο ή με ρωγμές γεμάτες με λεπτομερές υλικό (αργιλικό) που μειώνει την τιμή  $\rho$  του συμπαγούς ασβεστόλιθου που είναι περίπου 250-500  $\Omega\text{m}$ , στο βάθος που βρίσκεται στην περιοχή μας (20-100μ).

Ο φλύσχος παρουσιάζει τιμή μικρότερη σε επιφανειακή εμφάνιση  $\rho=50-100 \Omega\text{m}$  και σε βάθος μέχρι και 200  $\Omega\text{m}$ . Είναι λοιπόν δύσκολο να διακριθεί από τον ασβεστόλιθο που έχει τιμές  $\rho=100-200 \Omega\text{m}$ .

Αυτό διαπιστώνεται από τις τιμές  $\rho$  στις βυθομετρήσεις 1, 2 και 3 που μετρήθηκαν κατά τις γεωτρήσεις B10, B και B8 αντίστοιχα στις γεωηλεκτρικές τομές Α,Γ και Δ.

Τα νεότερα στρώματα αργιλικά, αργιλομαργαϊκά κ.α που καλύπτουν το υπόβαθρο (ασβεστόλιθο και φλύσχη) παρουσιάζουν  $\rho=10-15 \Omega\text{m}$ , ενώ οι μάργες 30-40  $\Omega\text{m}$  και τα αμμώδη και αδρομερή χαλαρά κροκαλοπαγή 50-150  $\Omega\text{m}$  και πλέον.

Πάντως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι σημαντικός παράγοντας για τη διαμόρφωση της ειδικής αντιστάσεως ( $\rho$ ) των πετρωμάτων είναι η παρουσία νερού ή έστω κάποιας υγρασίας και τα διαλυμένα άλατα με μικρή έστω συγκέντρωση.

Τότε η ειδική αντίσταση κατέρχεται εκπληκτικά χαμηλά κατά 5 και 10 φορές ακόμα σε σχέση με ξηρό(στεγνό) πέτρωμα ή στρώμα.

Ακόμη και η γεωθερμική κατάσταση επιδρά, ώστε θερμοκρασίες 20-30°C να χαμηλώνουν την ειδική αντίσταση σημαντικά, ώστε να μη διακρίνεται το πέτρωμα βάση της "κανονικής τους ειδικής αντιστάσεως".

#### Μέθοδος και εκτέλεση γεωηλεκτικών μετρήσεων



Η γεωηλεκτρική μέθοδος της ειδικής αντίστασης (EARTH RESISTIVITY METHOD) με εφαρμογή της τεχνικής των βυθομετρήσεων και με διάταξη ηλεκτροδίων κατά SCHLUMBERGER εφαρμόστηκε κατάλληλα για τη διερεύνηση του υπεδάφους των περιοχών έρευνας.

Είναι διαπιστωμένο διεθνώς, αλλά και στην πατρίδα μας από πολλές εφαρμογές, ότι η μέθοδος αυτή παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε υδρογεωλογικά προβλήματα.

Μετρήθηκαν συνολικά 29 γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις στην έκταση της περιοχής, όπως ήδη αναφέρθηκε.

Οι 27 μετρήσεις κάλυψαν την περιοχή έρευνας κατά το πρόγραμμα και κατανέμονται σε 7 τομές Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η. Δύο βυθομετρήσεις 27 και 28 μετρήθηκαν επάνω σε εμφανείς φλύσση και ασβεστόλιθο αντίστοιχα.

Η διεύθυνση ηλεκτρικής γραμμής κάθε βυθομετρήσεως τοποθετήθηκε παράλληλα προς τα περιθώρια της λεκάνης, όπως εμφανίζεται το υπόβαθρο και όσο ήταν δυνατό να μη "διασταυρώνει" ρέματα γιατί παραμορφώνεται η γεωηλεκτρική καμπύλη, που προκύπτει από τις μετρήσεις. Το ίδιο παρατηρείται και όταν τέμνει τεκτονικές γραμμές με συνέπεια να τις προσδιορίζει έμμεσα από το χαρακτηριστικό "πήδημα" των τιμών της ειδικής αντιστάσεως στην καμπύλη.

#### Επεξεργασία και ερμηνεία γεωηλεκτρικών μετρήσεων

Από τις γεωηλεκτρικές μετρήσεις που λαμβάνονται σε κάθε θέση γεωηλεκτρικής βυθομετρήσεως υπολογίζεται η φαινόμενη ειδική αντίσταση ( $\rho_a$ ) σε  $\Omega m$  για την αντίστοιχη απόσταση (AB) σε m των ηλεκτροδίων ρεύματος και (MN) σε m των ηλεκτροδίων δυναμικού κατά τη διάταξη που αναφέρθηκε (Schlumberger).

Οι γεωηλεκτρικές καμπύλες που προκύπτουν απεικονίζουν τη σχέση  $\rho = \sigma(AB)/2$  και δίνουν μια εικόνα που αντιστοιχεί στα "ηλεκτρικά στρώματα" του υπεδάφους στη θέση των γεωηλεκτρικών βυθομετρήσεων, σε μια στήλη μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού (MN).

Με τη βοήθεια θεωρητικών καμπύλων ή κατάλληλου προγράμματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή προσδιορίζεται το πάχος και η αληθής ειδική αντίσταση ( $\rho$ ) των ηλεκτρονικών στρωμάτων.

Η λιθολογική ερμηνεία αυτών δίνεται πάντα με βάση τα δεδομένα λίγων γεωτρήσεων που ήδη εκτελέστηκαν στην περιοχή και συσχετίστηκαν με τις γεωηλεκτρικές βυθομετρήσεις που μετρήθηκαν στη θέση ή πλησίον των γεωτρήσεων.

Από τη συσχέτιση δηλαδή γεωφυσικών και γεωλογικών δεδομένων δίνεται μια προσεγγιστική λιθολογική ερμηνεία των γεωλογικών βυθομετρήσεων και τελικά διαμορφώνονται οι γεωηλεκτρικές τομές και γεωφυσική χάρτες.

## Γεωφυσικές τομές

### Γεωηλεκτρικές τομές Α, Β

Η γεωηλεκτρική τομή Α σχηματίζεται από τα δεδομένα 4 βυθομετρήσεων 3, 26, 24 και 25 κι έχει μήκος 500m.

Από τη συσχέτιση των δεδομένων αυτών προκύπτει ότι ο ασβεστόλιθος προσδιορίστηκε γεωηλεκτρικά στο βάθος (34m.) σχεδόν που συναντήθηκε από τη γεώτρηση (35m.) και με ειδική αντίσταση  $\rho=250 \Omega\text{m}$ .

Δεν προσδιορίστηκε όμως ο φλύσχος, που συναντά η γεώτρηση στα 60m και στα 80m. Ίσως οι τιμές ειδικής αντιστάσεως των δύο πετρωμάτων πλησιάζουν με συνέπεια να μη διαχωρίζονται, ή ο φλύσχος δεν έχει πάχος σημαντικό και παρεμβάλλονται στα λιθολογικά τα στρώματα και στρώσεις ασβεστολίθου.

Πάντως και οι άλλες 3 βυθομετρήσεις μετά από στρώσεις αργιλικών αποθέσεων πάχους 30m. περίπου προσδιορίζουν τον ασβεστόλιθο με  $\rho>200 \Omega\text{m}$ .

Η τομή "Β" έχει μήκος 300μ. και παρουσιάζει την ίδια εικόνα στις τρεις βυθομετρήσεις 21, 22 και 23. Δηλαδή αργιλικές αποθέσεις μέχρι το βάθος 30m. περίπου με τα ασβεστόλιθα 150m. βάθος περίπου με  $\rho=210-340 \Omega\text{m}$  χωρίς να διακρίνεται φλύσχος αν υπάρχει ενδιάμεσα ή βαθύτερα.

### Γεωηλεκτρικές τομές Γ και Δ

Η γεωηλεκτρική τομή Γ αποτελείται από 3 βυθομετρήσεις 4, 2 και 5 με μήκος 300m. περίπου. Η βυθομέτρηση 2 και η 5 προσδιορίζουν ικανοποιητικό ασβεστόλιθο σε βάθος 27μ. με  $\rho=330 \Omega\text{m}$  και φλύσχη στα 70m. με  $\rho=150 \Omega\text{m}$ . Μετά δε τα 120m. διακρίνεται πάλι ασβεστόλιθος.

Η τομή Δ αναπτύσσεται σε μήκος 900m, με 4 βυθομετρήσεις 1, 8, 7 και 10. Η 1 βυθομέτρηση δεν σχετίζεται ικανοποιητικά με τα δεδομένα της παρά μόνο στο επιφανειακό στρώμα των προσχώσεων ούτε διακρίνει τον φλύσχη από τον ασβεστόλιθο. Οι άλλες 3 βυθομετρήσεις προσδιορίζουν το υπόβαθρο (ασβ.) στα αναμενόμενα περίπου βάθη, εκτός από την 7 που "μετράει"  $\rho=250 \Omega\text{m}$  σε βάθος 80m.

### Γεωηλεκτρικές τομές Ε, Ζ και Η

Οι γεωηλεκτρικές τομές Ε, Ζ και Η αποτελούν "ομάδα" βυθομετρήσεων που γειτονεύουν και συμπληρώνουν το νότιο τμήμα της περιοχής.

Στην τομή Ε έχουμε 5 βυθομετρήσεις. Οι δύο πρώτες προσδιορίζουν υπόβαθρο (ασβ.) σε βάση 20 και 50μ. αντίστοιχα με  $\rho=250 \Omega\text{m}$  και  $340 \Omega\text{m}$ . Οι δύο κεντρικές σε βάση 90 και

54m. προσδιορίζουν υπόβαθρο με  $\rho=160 \Omega\text{m}$  που είναι δύσκολο να διακριθεί αν είναι ασβεστόλιθος ή φλύσχης. Η πέμπτη βυθομέτρηση προσδιορίζει μάλλον ασβεστόλιθο με  $\rho=230 \Omega\text{m}$  σε βάθος 88m.

Τα πάνω από το υπόβαθρο στρώματα με  $\rho=15-20 \Omega\text{m}$  είναι σε όλες τις βυθομετρήσεις κυρίως αργιλικά εκτός από τα επιφανειακά πάχους ολίγων 5-10 m με αδρομερή υλικά.

Η τομή Z με τρεις βυθομετρήσεις με μήκος 550m. προσδιορίζει το υπόβαθρο (ασβ.) στα αναμενόμενα βάθη 60-100m., με υπερκείμενα αργιλικές στρώσεις.

Η τομή Η έχει μήκος 450m. με τρεις βυθομετρήσεις που προσδιορίζουν ασβεστολιθικό υπόβαθρο σε βάθος 60 m. περίπου με  $\rho=270 \Omega\text{m}$  εκτός της τρίτης όπου  $\rho=180 \Omega\text{m}$  (ασβ.?). Κι εδώ τα υπερκείμενα είναι κυρίως αργιλικά στρώματα.

#### Γεωηλεκτρικές τομές Θ και Ι

Κάθετα προς τις 7 τομές που περιγράφηκαν συνάχθηκαν και δύο με διεύθυνση Β-Ν περίπου.

Η Θ δυτικά του Αλφειού ποταμού και η Ι ανατολικά με μήκος 1200 και 1500m. αντίστοιχα.

Οι δύο αυτές τομές με ίδια δεδομένα των βυθομετρήσεων δίνουν μια εικόνα υποβάθρου γενικότερη με τα ερωτηματικά της όσον αφορά τη διάκριση του φλύσχη.

Ακριβώς αυτή η δυσκολία δεν επιτρέπει και τη σύνταξη γεωφυσικού χάρτη ισοβαθών υποβάθρου.

#### Συμπεράσματα

Η γεωηλεκτρική έρευνα στη περιοχή του νέου λιγνιτικού πεδίου Κυπαρισσίων της ΔΕΗ έδωσε πληροφορίες οπωσδήποτε χρήσιμες για τη βέλτιστη σχεδίαση της υδρογεωλογικής προσαρτησίας του ορυχείου.

Η πλήρης απεικόνιση της δομής του υποβάθρου δεν κατέστη δυνατόν να περιγραφεί.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν και ερμηνεύτηκαν όλες οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν για το ενεργειακό πεδίο της Μεγαλόπολης. Στην επόμενη παράγραφο συνοψίζονται τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης και γίνονται κάποιες πρότασεις που αφορούν κυρίως την περιβαλλοντική διάσταση του συγκεκριμένου θέματος.

### 5.2 Σύνοψη των συμπερασμάτων

1. Ο λιγνίτης αποτελεί πρώτιστης σημασίας ενεργειακό καύσιμο για την χώρα μας, αν και ειδικά το λιγνιτοφόρο πεδίο της Μεγαλόπολης παρουσιάζει χαμηλό θερμιδικό περιεχόμενο.
2. Η Νεογενής λεκάνη της Μεγαλόπολης παρουσιάζει έντονο και ενεργό τεκτονισμό κατά τις κύριες ρηξιγενείς ζώνες NNW-SSE και E-W, που τέμνουν και τα Μεταλλικά ιζήματα. Ο ενεργός αυτός τεκτονισμός είναι υπεύθυνος για την έντονη επιφανειακή σεισμικότητα που παρουσιάζει η περιοχή.
3. Επίσης από την περιβαλλοντική άποψη αναμένονται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ρυπογόνων ουσιών κατά τις διευθύνσεις των ρηξιγενών ζωνών λόγω της ευκολότερης διακίνησης ύδατος μέσω αυτών.
4. Η υπόγεια υδροφορία της λεκάνης της Μεγαλόπολης είναι κυρίως καρστικού τύπου και εντοπίζεται σε πολλά μεμονωμένα υδροφόρα στρώματα ασβεστόλιθου κυρίως, ο οποίος επικάθεται πάνω σε φλυσχικό υπόβαθρο ή στο άλας της ζώνης Τρίπολης. Η επιφανειακή υδροφορία γίνεται μέσω του Αλφειού ποταμού και των παραπόταμων του με γενική διεύθυνση ροής από SSE προς τα NNW. Η παρουσία του ποτάμιου συστήματος του Αλφειού υποβοηθά στην διασπορά των ρυπογόνων ουσιών από την εκμετάλλευση του λιγνίτη.
5. Η καύση του λιγνίτη επιφέρει αύξηση των συγκεντρώσεων των ραδιενεργών στοιχείων στην παραγόμενη τέφρα από 2 έως 3 φορές. Αυτό ισχύει και για το  $^{210}\text{Pb}$ , για τον οποίο σε άλλες μελέτες αναφέρονται αρκετά υψηλότερες τιμές εμπλουτισμού. Η παρατηρούμενη αύξηση συσχετίζεται άμεσα με το λόγω των συγκεντρώσεων τέφρας μετά (~100%) και πριν την ολοκληρωτική καύση. Αυτό δηλώνει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ραδιοστοιχείων που περιέχει ο λιγνίτης, περνά μετά την καύση στη στερεά φάση της τέφρας. Περιβαλλοντικά η διασπορά της τέφρας με τον άνεμο αποτελεί πιθανότατα τον μεγαλύτερο κίνδυνο που ενέχει η εκμετάλλευση του λιγνίτη στην περιοχή.
6. Οι συγκεντρώσεις U και Ra στα δείγματα που μελετήθηκαν, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο λιγνίτης Μεγαλόπολης παρουσιάζει μικρής κλίμακας ουρανιοφορία και δεν πρέπει να υπαχθεί στην κατηγορία των τυπικά ουρανιοφόρων

λιγνιτών, με την κοιτασματολογική έννοια του όρου (δεν διαφαίνεται δυνατότητα εκμετάλλευσης των συγκεντρώσεων ουρανίου που υπάρχουν εκεί). Τα ίδια ισχύουν και για τις αποθέσεις τέφρας.

7. Η γεωφυσική διασκόπηση με την μαγνητική μέθοδο εντοπίζει τις μεγαλύτερες ανωμαλίες πάνω από τα εν ενεργεία κυρίως λιγνιτοφόρα πεδία. Η βαρυντική διασκόπηση δίνει τις περισσότερες αρνητικές τιμές στα λιγνιτοφόρα πεδία του Χωρεμίου και της Μαραθούσας. Οι μεγαλύτερες τιμές των ανωμαλιών Bouguer παρατηρούνται στα περιθώρια της εξεταζόμενης λεκάνης Μεγαλόπολης (στο ανατολικό περιθώριο -18 mgals και στο δυτικό περιθώριο -25 mgals). Μια μεγάλη σχετικά τιμή (-30 mgals) ανωμαλίας Bouguer παρατηρείται στο βόρειο τμήμα του λιγνιτοφόρου πεδίου Χωρεμίου. Η γεωηλεκτρική έρευνα εντοπίζει επιφανειακό στρώμα μεταβλητού πάχους, που αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων μικρού πάχους και με ειδικές αντιστάσεις που κυμαίνονται μεταξύ 20 και 140 ohm.m. Κάτω από το στρώμα αυτό υπάρχει ένα ενδιάμεσο στρώμα μεγάλου σχετικά πάχους (350 m) και με ειδική αντίσταση που κυμαίνεται μεταξύ 9 και 32 ohm.m. Το υλικό του στρώματος αυτού είναι μάλλον αργιλικό ή λεπτόκοκκο μαργαϊκό. Το υπόβαθρο παρουσιάζει με μεγάλο εύρος τιμών ειδικής αντίστασης (48-1040 ohm.m.). Το κάτω όριο των παραπάνω τιμών πιθανόν να αντιστοιχεί σε φλυσχικό σχηματισμό (αργιλικό ή ψαμμιτικό) και το ανώτερο όριο να αντιστοιχεί σε ασβεστολιθικό υλικό.

### 5.3 Προτάσεις

Το ενεργειακό πεδίο της Μεγαλόπολης έχει ερευνηθεί διεξοδικά στο παρελθόν λόγω της μεγάλης οικονομικής σημασίας του λιγνίτη για την χώρα μας. Οι προτάσεις που ακολουθούν αφορούν κυρίως την περιβαλλοντική διάσταση του θέματος. Για την ακρίβεια προτείνονται:

1. Λήψη εδαφικού υλικού από την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεγαλόπολης και καθορισμός της μαγνητικής επιδεκτικότητας των δειγμάτων.
2. Αναλύσεις βαρέων μετάλλων των συγκεκριμένων δειγμάτων.
3. Ραδιομετρικές αναλύσεις των παραπάνω δειγμάτων.
4. Δειγματοληψία από τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της περιοχής και αναλύσεις τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γαλανόπουλος Α., 1947, Η σεισμικότητα της Μεσσηνίας, Annales Geologiques Des Pays Helleniques, Αθήνα.
2. Γαλανόπουλος Α., 1955, Σεισμική Γεωγραφία της Ελλάδος, Annales Geologiques Des Pays Helleniques, Αθήνα.
3. Γαλανόπουλος Α., 1981, Οι βλαβεροί σεισμοί και το δυναμικό της Ελλάδος, Annales Geologiques Des Pays Helleniques, Αθήνα.
4. Γεωργόπουλος Α., 2001, Γη:ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης, Gutenberg, Εκπαίδευση και Περιβάλλον.
5. Δανάκη-Κωστάκη, Κοτοπούλη-Χριστοδουλου Π., Κρητίδης Ε., Μιτσόπουλος Κ., Μπασιάκος Π., Παπαδόπουλος Ν., Πίππος Ν., Σιδέρης Χ., 1990, Annales Geologiques Des Pays Helleniques, Γεωλογικό και παλαιοντολογικό μουσείο εθνικού πανεπιστημίου Αθηνών.
6. Δογάνης, 1989, Λιγνιτικά αποθέματα.
7. Ενημερωτικό Φυλλάδιο για τη Δ.Ε.Η. «Διεύθυνση Εκπαιδύσεως», 1995.
8. Καμπέρης Ε., 1987, Γεωλογική και πετρελαιογεωλογική μελέτη ΒΔ Πελοποννήσου, διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π., Τμήμα Μηχ. Μεταλλ.-Μεταλλουργών, Αθήνα.
9. Karkulias V., 1975, Der wasserhauschalt in Bereich des Beckens von Megalopolis. Grundwasser-Oberflächenwasser Dargebot-Nutzung-Bedarf-Bilanz. Geol.jb., c10, 1-116.
10. Κούκουζας Κ., 1996, Το φαινόμενο έκλυσης αερίων στο μεταλλευτικό πεδίο Χωρεμίου λιγνιτωρυχείου Μεγαλόπολης, έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε Αθηνών.
11. Lutting G. & Thiele J., (1968), Expert opinion on the potentialities of water supply to the Megalopolis S.E.S (Peloponnese). Internal report, Electricity board (DEH), 1-21, Athens.
12. Μαριολάκος Η., 1979, Υδρογεωλογική μελέτη Άνω Μεσσηνίας, τελική έκθεση, Υπουργείου Γεωργίας, Αθήνα.
13. Μαριολάκος Η.& Φουντούλης Ι., 1991, Νεοτεκτονικές μακροπτυχές στην περιοχή Φιλιατρών (Δυτική Μεσσηνία,Πεοπόννησος). Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Γεωλογικού Επιστημονικού συνέδριου της Ελληνικής γεωλογικής εταιρίας,Δελτ.Γεωλ. Ετ.,XXV/3.
14. Ναθαναήλ Η.Α, 1985, Γεωηλεκτρική έρευνα στα Κυπαρίσια Μεγαλόπολης στην περιοχή λιγνιτικού πεδίου ΔΕΗ, Ι.Γ.Μ.Ε. Αθηνών.

15. Νικολάου Ανδ., Διερεύνηση δυνατότητας παραγωγής εμπλουτισμένων προϊόντων λιγνίτη με τη μέθοδο της εκλεκτικής ελάττωσης μεγέθους και τη χρήση της μεθόδου των βαρέων διαμέσων, Μεταπτυχιακή Διατριβή Πολυτεχνείου Χανίων.
16. Νικολάου Ι., 1997, Διατριβή Εμπλουτισμός λιγνίτη Μεγαλόπολης με βαρυτικές μεθόδους, Διατριβή Πολυτεχνείου Χανίων.
17. Παπαδόπουλος Τ., 1985, Γεωφυσικές έρευνες στην περιοχή της λεκάνης Μεγαλόπολης, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
18. Παπαζάχος Β. & Παπαζάχου Κ., 1989, Οι σεισμοί της Ελλάδος, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
19. Σταυρόπουλος Αλ., 1990, Το ενεργειακό πρόβλημα "το παρόν και το μέλλον".
20. Τζίτζιρας Α., 2001, Γεωτεχνική αναγνώριση στα χωριά Τριπόταμος και Χωρέμη του δήμου Μεγαλόπολης, Ι.Γ.Μ.Ε Αθηνών.
21. Τσιφτσής Ε., 1991, Καρστική υδροφορία στο πεδίο των Κυπαρισσίων (Λεκάνη της Μεγαλόπολης-Πελοπόννησος), 5<sup>ο</sup> Επιστημονικό συνέδριο της Ελληνικής γεωλογικής εταιρίας, Θεσσαλονίκη.
22. Φουντούλης Ι. & Λέκκας Ε., 1991, Η παρουσία της Ιονίου ενότητας στο όρος Λάπιθας (Κεντροδυτική Πελοπόννησος), 1<sup>η</sup> Γενική Επιστημονική Συνεδρία 1991 της Ελλ. Γεωλ. Ετ., Μάιος 1991, Ξάνθη, (υπό δημοσίευση, περίληψη στη Γεωενημέρωση τεύχος 12).
23. Φουντούλης Ι., 2000, Νεοτεκτονική εξέλιξη της κεντροδυτικής Πελοποννήσου, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
24. [www.Dei.gr](http://www.Dei.gr)
25. [www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm](http://www.geology.upatras.gr/epy/lignitis.htm)
26. [www.arkadia.gr](http://www.arkadia.gr)
27. <http://eed.stef.teicrete.gr/labs/eps1/lignitis.htm>
28. [www.rae.gr/SUB3/3B/3b3.htm](http://www.rae.gr/SUB3/3B/3b3.htm)