



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
REPUBLIC OF CYPRUS



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ  
ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

MINISTRY OF AGRICULTURE, NATURAL RESOURCES  
AND ENVIRONMENT



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ  
ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ 2010

GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT  
ANNUAL REPORT 2010



*Φωτογραφία εξωφύλλου: Φαράγγι του Άβακα, Επαρχία Πάφου.*

*Photograph on cover: Avakas gorge, Pafos District.*

**ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ 2010**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ**

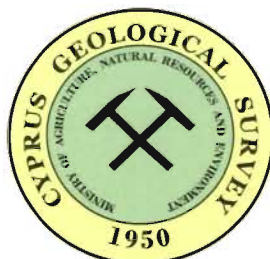
**ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ**



**ANNUAL REPORT 2010**

**GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT**

**REPUBLIC OF CYPRUS**





# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ - CONTENTS

Σελ. / Page

ΠΡΟΛΟΓΟΣ PREFACE .....	7
1. ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ THE GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT .....	9
1.1. Η ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΙ ΟΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ THE MISSION AND ACTIVITIES OF THE DEPARTMENT .....	9
1.2. Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ THE STRUCTURE OF THE DEPARTMENT .....	10
1.3. ΤΟ ΟΡΑΜΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ THE VISION OF THE DEPARTMENT .....	11
2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ GENERAL ACTIVITIES .....	12
3. ΒΑΣΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ BASIC GEOLOGICAL RESEARCH – GEOLOGICAL DATA .....	13
3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ GEOLOGICAL MAPPING .....	13
3.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ GEOTHERMAL ENERGY .....	14
3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS .....	15
3.4 ONE GEOLOGY .....	16
3.5 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ LIBRARY .....	17
4. ΟΡΥΚΤΟΙ ΠΟΡΟΙ MINERAL RESOURCES .....	17
4.1. ΕΡΕΥΝΕΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ RESEARCH ON MINERAL RESOURCES .....	18
4.1.1. Χαρακτηρισμός διακοσμητικών και δομικών λίθων Characterization of decorative and building stones .....	18
4.1.2. Δημιουργία νέων λατομικών ζωνών στην επαρχία Πάφου Establishment of new quarry zone in Pafos district .....	18
4.1.3. Αποσάθρωση αδρανών υλικών Soundness of crushed aggregates .....	18

4.2.	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ RESTORATION OF THE ENVIRONMENT IN AREAS OF DEVELOPMENT MINERAL RESOURCES . . . . .	19
4.2.1.	Αποκατάσταση περιβάλλοντος σε εγκαταλειμμένα μεταλλεία μικτών θειούχων Restoration of the environment of abandoned massive sulfides mines . . . . .	19
4.2.2.	Επαναφορά περιβάλλοντος στο μεταλλείο Αμιάντου Restoration of environment in the Asbestos mine . . . . .	19
4.3.	ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΑΜΙΑΝΤΟΥ ASBESTOS MINE . . . . .	20
4.3.1.	Ενημέρωση της εξ Υπουργών Επιτροπής για το μεταλλείο Αμιάντου Updating the Ministers' Committee of the Asbestos mine . . . . .	20
4.4.	ΕΝΤΑΦΙΑΣΜΟΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥΧΩΝ ΥΛΙΚΩΝ BURIAL OF ASBESTOS WASTE . . . . .	20
4.5.	ΕΠΙΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΓΙΑ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ MARKET SURVEILLANCE FOR AGGREGATES . . . . .	21
5.	ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ GROUNDWATER RESOURCES. . . . .	21
5.1.	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATIONS . . . . .	21
5.1.1.	Μελέτες εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού Groundwater recharge studies . . . . .	21
5.2.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ IMPLEMENTATION OF LEGISLATION . . . . .	22
5.2.1.	Οδηγία 91/676/ΕΟΚ Directive 91/676/EEC . . . . .	22
5.2.2.	Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ Water Framework Directive 2000/60/EC . . . . .	23
5.2.3.	Οδηγία 2006/118/ΕΚ Directive 2006/118/EC . . . . .	23
5.3.	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ DELINEATION OF PROTECTION ZONES FOR WATER SUPPLY BOREHOLES . . .	23
5.4.	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ GROUNDWATER MONITORING . . . . .	24
5.5.	ΚΑΛΥΨΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ SATISFYING DOMESTIC WATER SUPPLY NEEDS OF COMMUNITIES . . . . .	25

6.	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ / ΓΕΩΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ GEOTECHNICAL STUDIES/GEOPROBLEMS . . . . .	26
6.1.	ΥΔΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ WATER PROJECTS. . . . .	27
6.2.	ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ / ΓΕΦΥΡΟΠΟΙΙΑΣ ROAD AND BRIDGE PROJECTS . . . . .	28
6.3.	ΕΡΓΑ ΟΙΚΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ URBAN DEVELOPMENT . . . . .	29
6.4.	ΑΣΤΟΧΙΕΣ / ΑΣΤΑΘΕΙΕΣ ΠΡΑΝΩΝ SLOPE FAILURE / SLOPE INSTABILITY . . . . .	29
6.5.	ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΕΩΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ GEOPROBLEM STUDIES . . . . .	30
6.5.1.	Εκπόνηση ή και αναθεώρηση ζωνών γεωλογικής επικινδυνότητας / καταλληλότητας The compilation and/or the revision of geological vulnerability /suitability maps including the relevant zones . . . . .	30
6.5.2.	Το Πρόγραμμα για την εκπόνηση μελέτης των κατολισθήσεων σε περιοχές της Επαρχίας Πάφου The Study of Landslides in Areas of the Pafos District. . . . .	32
6.6.	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ GEOTECHNICAL DATABASE . . . . .	32
7.	ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ SEISMOLOGICAL NETWORK . . . . .	33
7.1.	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΟ 2010 EARTHQUAKES RECORDED IN 2010 . . . . .	33
7.2.	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ THE SEISMOLOGICAL CENTRE UPGRADE. . . . .	34
8.	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ LABORATORY WORK. . . . .	37
8.1.	ΧΗΜΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ CHEMICAL LABORATORY . . . . .	37
8.1.1.	Ποιότητα αναλυτικών υπηρεσιών - Διαπίστευση Quality of analytical services - Accreditation . . . . .	37
8.1.2.	Δοκιμές / Μετρήσεις Analytical Measurements. . . . .	39
8.1.3.	Ο Γεωχημικός Άτλαντας της Κύπρου Geochemical Atlas of Cyprus . . . . .	39

8.2.	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ENGINEERING GEOLOGY AND INDUSTRIAL MINERALS LABORATORY . . . . .	40
9.	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ DRILLING . . . . .	41
10.	ΕΚΔΟΣΕΙΣ PUBLICATIONS . . . . .	42
11.	ΜΕΛΕΤΕΣ STUDIES . . . . .	42
11.1.	<i>Study of landslides in areas of Pafos District - Synopsis of results - Next objectives . . . . .</i>	42
11.2.	<i>Μελέτη των πετρωμάτων που δυνατόν να περιέχουν ινώδη ορυκτά στην περιοχή του Τροόδους . . . . .</i>	47
11.3.	<i>Τεχνοοικονομική μελέτη για εφαρμογή πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης του εγκαταλειμμένου μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό . . . . .</i>	50
11.4.	<i>Late Pleistocene and Holocene deformation along the Larnaka fault zone, Cyprus . . . . .</i>	54
11.5.	<i>Nitrogen sources and denitrification potential of Cyprus aquifers, through isotopic investigation on nitrates . . . . .</i>	56



Η Ετήσια Έκθεση του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης για το έτος 2010 αποτελεί σύντομη παρουσίαση των στόχων, του έργου, των δραστηριοτήτων και εργασιών του Τμήματος, όπως καθορίζονται και απορρέουν από τις αρμοδιότητες, την αποστολή και το ρόλο του εφαρμόζοντας τις σχετικές νομοθεσίες, δρώντας πάντοτε στα πλαίσια της διακηρυγμένης πολιτικής του Υπουργείου Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Οι δραστηριότητες του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης, όπως αυτές απορρέουν από τις καθορισμένες αρμοδιότητες, συνεχώς διευρύνονται για να ανταποκριθούν στις καινοτομίες και τις συνεχείς εξελίξεις και στα σχέδια μας για επέκταση του πεδίου συνεργασίας με ντόπιους και ξένους φορείς διαδραματίζοντας πιο ουσιαστικό ρόλο στην κυπριακή κοινωνία και επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη συμβολή στην εθνική οικονομία.

Τα γεωλογικά πεπραγμένα για το 2010 συνοψίζονται στις εργασίες που έγιναν, στα ερευνητικά προγράμματα που εκπονήθηκαν, καθώς και στις υπηρεσίες και γνωματεύσεις που δόθηκαν στο δημόσιο και ιδιωτικό τομέα.

Οι τρεις βασικές θεματικές ενότητες, Υδατικοί Πόροι, Ορυκτοί Πόροι και Δομημένο και Φυσικό Περιβάλλον εξακολουθούν να αποτελούν τους άξονες των εργασιών του Τμήματος, όπου διατίθεται το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπινων και οικονομικών πόρων.

Ψηλά στην ιεράρχηση των προτεραιοτήτων του Τμήματος παραμένει ο εντοπισμός νέων υπόγειων υδροφορέων και η παρακολούθηση της κατάστασής τους προς ικανοποίηση ποιοτικά και ποσοτικά των αναγκών της σύγχρονης κοινωνίας με ιδιαίτερη έμφαση στην υδατοπρομήθεια κοινοτήτων σε ημιορεινές περιοχές.

Η ανάγκη εξασφάλισης κατάλληλων και καλής ποιότητας ορυκτών πόρων, για παραγωγή πρώτων υλών για τον κατασκευαστικό και οικοδομικό τομέα, ικανοποιείται με την εξειδικευμένη έρευνα, με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων για εντοπισμό νέων κοιτασμάτων και με τη συνεχή επιτήρηση της αγοράς αδρανών και βιομηχανικών υλικών για σκοπούς ελέγχου της ποιότητας και εφαρμογής των ενδεδειγμένων προτύπων.

Η ανάπτυξη ενός ασφαλούς δομημένου περιβάλλοντος αλλά και ο ορθός σχεδιασμός της χωροταξικής πολιτικής προϋποθέτουν τη γνώση των γεωκινδύνων (σεισμικότητα, κατολισθήσεις και ενεργά ρήγματα) και την εκτίμηση της επικινδυνότητας, γι' αυτό και εκπονούνται οι ανάλογες εξειδικευμένες μελέτες και κατασκευάζονται χάρτες επικινδυνότητας με προτε-

The annual Report of the Geological Survey Department for the year 2010, constitutes a short presentation of objectives, activities and works of the Department, as they are determined and derived from the competences, the mission and the role of the Department, applying the relative legislation, always acting in the framework of the declared policy of the Ministry of Agricultural, Natural Resources and Environment.

The activities of the Geological Survey Department as derived from the defined competences, are continuously extended in order to correspond to the innovations and the continuous developments and to our plans for extension of the field of collaboration with local and foreign institutions, playing essential role in the Cyprus society and achieving higher contribution to the national economy.

The geological activities and happenings for 2010 are summarized in the work carried out, the research projects, as well as the services and consultancies that were offered to the public and the private sector.

The three basic thematic units, Water Resources, Mineral Resources and the Built and Natural Environment, continue to consist the main directions of works of the Department, where the higher percentage of the human and financial resources is allocated.

High in the priorities of the Department remains the detection of new aquifers and the monitoring of their condition to the qualitative and quantitative satisfaction of the needs of modern society with particular emphasis on water supply of communities in semi-mountainous regions.

The need to guarantee suitable and good quality mineral resources for the production of raw material for the construction and building sectors, is satisfied with specialized investigations, with the application of innovative methods for defining new reserves of industrial minerals and rocks and with the continuous surveillance and quality control of the aggregates produced with regards to the existing standards.

The development of a safe built environment but also the appropriate design of land-planning policy, presuppose the knowledge of the geohazards (seismicity, landslides and active faults) and the estimation of vulnerability of those areas. Therefore, specialized research projects are carried out and vulnerability maps are compiled with priority to the sensitive areas and the urban centres.

ραιότητα τις ευπαθείς περιοχές και τα αστικά κέντρα.

Στον τομέα του περιβάλλοντος, το Τμήμα διευρύνει τις δραστηριότητές του για αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος σε χώρους που λειτούργησαν μεταλλεία χαλκού, αξιοποιώντας τις γνώσεις και εμπειρίες που αποκτήθηκαν κατά την αποκατάσταση του μεταλλείου Αμιάντου.

Η σύσταση, η ποιότητα και τυχόν ρύπανση του εδάφους αποτελούν παραμέτρους της περιβαλλοντικής γεωλογίας που καταγράφονται και ερμηνεύονται στα πλαίσια του Γεωχημικού Χάρτη της Κύπρου, ο οποίος βρίσκεται σε εξέλιξη.

Θεμελιώδης εργασία, γι' αυτό και δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και σημασία, είναι η εφαρμογή εξελιγμένης τεχνολογίας και η συνεχής αναβάθμιση της ποιότητας της συνοχής και της συμβατότητας της τράπεζας γεωδεδομένων προς ικανοποίηση των απαιτήσεων του δημόσιου αλλά και του ιδιωτικού τομέα.

Οι κλιματικές μεταβολές με ορατό πλέον τον κίνδυνο της απερήμωσης, ο συνεχής κίνδυνος για ρύπανση των νερών, αλλά και η συνεχής μείωση των αποθεμάτων ορυκτών πρώτων υλών επιβάλλουν την αειφόρο διαχείριση με μεθόδους φιλικές προς το περιβάλλον και με σεβασμό στις επόμενες γενιές.

Μόνιμος στόχος και συνεχής προσπάθεια είναι η παραγωγή έργου υψηλής ποιότητας και επιστημονικής αρτιότητας. Ο στόχος αυτός αποτελεί δέσμευση τόσο για μένα προσωπικά, όσο και για το προσωπικό του Τμήματος. Το καταρτισμένο και κατάλληλα εκπαιδευμένο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό και η αξιοποίηση του διαθέσιμου τεχνικού εξοπλισμού αποτελούν το εκέγγυο για την επίτευξη του πιο πάνω στόχου και γενικά της αποστολής του.

Εκτιμώ ότι το Τμήμα ανταποκρίθηκε με επάρκεια, επαγγελματισμό και υπευθυνότητα στις υποχρεώσεις του έναντι του κράτους και του πολίτη, χάρη στην εξαιρετική δουλειά του προσωπικού που οδήγησε σε επιτυχίες και επιτεύγματα κατά το 2010.

Concerning the environment, the Department extends its activities on the rehabilitation of areas where old copper mines operated, applying the knowledge and experiences which were acquired from the restoration of the Asbestos mine.

The composition, the quality and the possible pollution of soils constitute parameters of the environmental geology, which are recorded and interpreted in the framework of the compilation of the Geochemical Atlas of Cyprus, a project that is under development.

Fundamental work, which gets particular attention and importance, is the application of modern technology and the continuous upgrade of the quality, the integrity and the compatibility of the Geodatabase to the satisfaction of the requirements of the public but also of the private sector.

The climatic changes with the evident danger for desertification, the continuous risk for the pollution of waters but also the continuous reduction of reserves of mineral resources as raw materials, impose the sustainable management with environmentally friendly methods and with respect to the generations to come.

Permanent objectives and continuous efforts of the Department is the production of work of high-quality and scientific completeness. These objectives constitute a commitment for myself and the staff of the Department. The highly qualified and well-trained scientific and technical personnel together with technical equipment of high technology ensure the achievement of the above mentioned objectives and the mission of the Department in general.

I am convinced that the Department responded with sufficiency, professionalism and responsibility to its obligations towards the state and the citizen, due to the exceptional work of its personnel, which led to successes and achievements in 2010.

Με εκτίμηση

Δρ Ελένη Γεωργίου-Μορισσώ  
Διευθύντρια



Respectfully

Dr Eleni Georgiou-Morisseau  
Directress



## 1. ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

### 1.1. Η ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΙ ΟΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος είναι ο τεχνικός σύμβουλος του κράτους για τα γεωλογικά θέματα, εκτός από τους Υδρογονάνθρακες.

Αποστολή του Τμήματος είναι ο εντοπισμός και προστασία των υπόγειων νερών, ο εντοπισμός και ανάπτυξη των ορυκτών πόρων και η προστασία του δομημένου περιβάλλοντος από γεωκινδύνους. Παράλληλα, προάγει τη γεωλογική έρευνα μέσω επιστημονικών προγραμμάτων σε συνεργασία με εντόπια και ξένα ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα. Ψηλά στις προτεραιότητες του Τμήματος ιεραρχούνται επίσης οι υποχρεώσεις που απορρέουν από την Ευρωπαϊκή Ένωση στα θέματα της αρμοδιότητάς του.

Προς εκπλήρωση της αποστολής του, το Τμήμα εκτελεί τις πιο κάτω κύριες δραστηριότητες:

- Έρευνα, παρακολούθηση και προστασία των υπόγειων υδάτων,
- Έρευνα για εντοπισμό, αξιολόγηση και αξιοποίηση των ορυκτών πόρων,
- Γεωτεχνικές μελέτες/έρευνες για τη θεμελίωση αναπτυξιακών κατασκευαστικών έργων του κράτους,
- Μελέτη των γεωκινδύνων με στόχο την ελαχιστοποίηση των συνεπειών τους,
- Μελέτη της σεισμικότητας του κυπριακού χώρου και συμβολή στο σχεδιασμό αντισεισμικών κατασκευών,
- Μελέτη της γεωλογικής δομής και εξέλιξη του κυπριακού χώρου,
- Ανάπτυξη του τομέα περιβαλλοντικής γεωλογίας με έμφαση στα γεωχημικά στοιχεία των εδαφών και υπόγειων νερών,
- Εφαρμογή της πληροφορικής και χρήση ειδικών λογισμικών προγραμμάτων,
- Εκδόσεις γεωλογικών χαρτών και εκθέσεων/μελετών.

Στόχος του Τμήματος είναι η αναβάθμιση του ρόλου του με:

- Τη βελτιστοποίηση των υπηρεσιών και πληροφοριών που προσφέρει το Τμήμα τόσο σε συνεργαζόμενες δημόσιες υπηρεσίες όσο και στον ιδιωτικό τομέα,
- Καλύτερη εξυπηρέτηση και ενημέρωση του πολίτη που επιτυγχάνεται μέσα από τη σταδιακή αναβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών που προσφέρονται,

## 1. THE GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT

### 1.1. THE MISSION AND ACTIVITIES OF THE DEPARTMENT

The Geological Survey Department of the Ministry of Agriculture, Natural Resources and the Environment is the state's technical advisor on geological matters.

The mission of the Department is the detection and protection of groundwater, the detection and development of mineral resources and the protection of the urban environment from geohazards. In parallel, it promotes geological research through scientific programs in collaboration with local and foreign academic and research institutions. High in the Department's priorities are also its obligations derived from the European Union relating to issues of its competency.

Fulfilling its mission, the Department executes the following main activities:

- Research, monitoring and protection of groundwater resources;
- Research for location evaluation and rational development of mineral resources;
- Geotechnical investigations for foundations of state construction projects;
- Study of geohazards aiming at the minimization of their effects;
- Study of the seismicity of the Cyprus region and contribution to the design of earthquake-resistant structures;
- Study of the geological structure and evolution of the Cyprus region;
- Development of the environmental geology section with emphasis on soil and groundwater geochemical elements;
- Restorations of abandoned mines;
- Information technology application and usage of specialized software;
- Publication of geological maps and reports / studies.

The Department aims to upgrade its role with:

- Optimisation of the services and information that the Department offers to collaborating public services and to the private sector;
- Better service and advice to the citizens, achieved through gradual upgrading of

- Προσφορά υπηρεσιών υψηλής ποιότητας που βασίζεται στην εξειδικευμένη γνώση που θα προέλθει μέσα από την ενίσχυση της έρευνας και τη διεύρυνση των ερευνητικών προγραμμάτων σε νέους τομείς,
- Έρευνα βασισμένη σε πρωτοποριακές ιδέες που να οδηγήσει σε καινοτομίες με την πρακτική εφαρμογή των οποίων θα δοθούν νέες προσεγγίσεις στην επίλυση προβλημάτων και τη διαχείριση θεμάτων στα πλαίσια της αναπτυξιακής και κοινωνικής ευημερίας.

Στο διεθνή χώρο, το Τμήμα προωθεί τη συνεργασία στον τομέα της έρευνας με ομόλογες υπηρεσίες, πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα και οργανισμούς, κυρίως της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Η.Π.Α.. Μέσα από τα ερευνητικά προγράμματα, το Τμήμα επιδιώκει την ανάπτυξη της τεχνογνωσίας και την εισαγωγή σύγχρονης τεχνολογίας.

## 1.2. Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, με βάση τις προαναφερθείσες δραστηριότητές του, ήταν διοικητικά διαρθρωμένο κατά το τέλος του 2010 στους εξής κλάδους (ή τομείς):

- Γενική Γεωλογία, Χαρτογραφία και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών,
- Οικονομική Γεωλογία,
- Υδρογεωλογία,
- Μηχανική Γεωλογία,
- Γεωφυσική και Σεισμολογία, και
- Γεωτρήσεις.

Οι κλάδοι αυτοί υποστηρίζονται, ανάλογα με τις εργασίες τους, από γεωτρήματα (κρουστικά, πυρηνοληπτικά και σφυρογεωτρήματα), χημικό εργαστήριο γι' αναλύσεις νερού, εδαφών και δομικών υλικών, εργαστήριο γεωτεχνικών δοκιμών και βιομηχανικών

the quality of the offered services;

- Offer of high – quality service based on specialised knowledge that will be derived from research advancement and widening of research programs in new areas;
- Research based on pioneer ideas that will lead to innovations; the application of such innovations will lead to new approaches to problem-solution and management of issues in the framework of social development and prosperity.

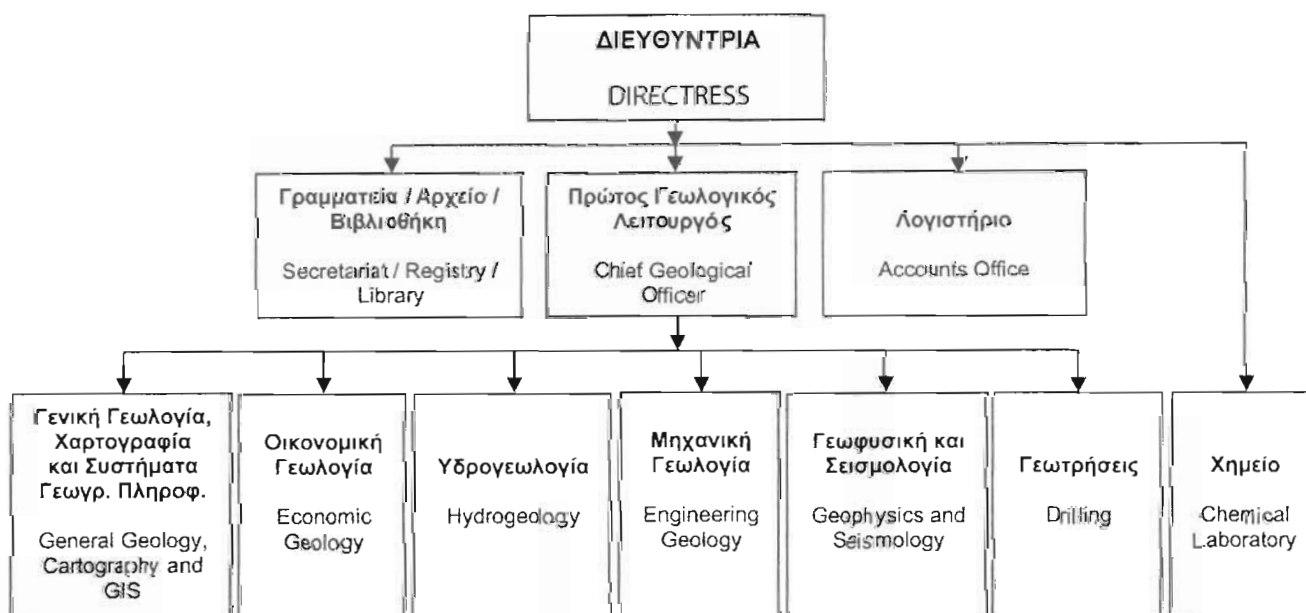
On an international scale, the Department promotes the collaboration in research with similar agencies, universities, research centres and organizations, mainly of the European Union and the USA. The Department, through research programs, seeks the development of knowledge and the introduction of modern technologies.

## 1.2. THE STRUCTURE OF THE DEPARTMENT

Based on all the activities mentioned earlier, the Geological Survey Department was in 2010 structured administratively in the following sections:

- General Geology, Cartography and Geographic Information Systems;
- Economic Geology;
- Hydrogeology;
- Engineering Geology
- Geophysics and Seismology;
- Drilling.

These sections are supported, in relation to their work, by drilling rigs (percussion, core and rotary), a chemical laboratory for water, soil and construction materials analyses, an industrial minerals laboratory, a geotechnical laboratory, a water pumping





ορυκτών, συνεργείο δοκιμαστικών αντλήσεων, σχεδιαστήριο, βιβλιοθήκη και κεντρικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Η υποστήριξη του Τμήματος συμπληρώνεται με το διοικητικό αρχείο, τη γραμματεία και το λογιστήριο του.

Κατά το τέλος του 2010, το προσωπικό του Τμήματος αριθμούσε 91 συνολικά πρόσωπα από τα προβλεπόμενα 113. Από αυτά, οι 18 ήταν προσοντούχοι Λειτουργοί (17 γεωλόγοι και 1 χημικός), οι 20 καλή καταρτισμένοι τεχνικοί διαφόρων ειδικοτήτων, οι 45 τεχνικό και υποστηρικτικό προσωπικό και οι 7 γραμματειακό / λογιστικό προσωπικό.

Ο προϋπολογισμός του Τμήματος για το 2010 ανερχόταν σε €5.083.281. Από το ποσό αυτό, το οποίο προέρχεται εξ ολοκλήρου από τον κρατικό προϋπολογισμό, δαπανήθηκαν €3.933.894 για τις τακτικές ανάγκες του Τμήματος και €1.149.387 για τ' αναπτυξιακά του προγράμματα.

### 1.3. ΤΟ ΟΡΑΜΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Το όραμα του Τμήματος ως ο εθνικός φορέας και σύμβουλος του κράτους για γεωλογικά θέματα είναι η βελτιστοποίηση των υπηρεσιών και πληροφοριών που παρέχει μέσα από τη συνεχή αναβάθμιση της ποιότητας, και εφαρμογή εξειδικευμένης γνώσης και καινοτομιών με στόχο πάντοτε την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση του πολίτη στα θέματα των αρμοδιοτήτων του.

Το όραμά του όσο αφορά τον ευρωπαϊκό χώρο είναι η καταξίωση σε σχέση με τα γεωλογικά δρώμενα, όπου θα μπορεί πλέον να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση πολιτικών και να εκφράζει αρθρωμένο λόγο στα κέντρα λήψης αποφάσεων σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Για επίτευξη των στόχων και του οράματος χρειάζεται:

- Ανάπτυξη επιστημονικών συνεργασιών με ομόλογες υπηρεσίες της Ε.Ε.,
- Μεγαλύτερη/αναβαθμισμένη και ενεργός συμμετοχή στις εργασίες και αποφάσεις του οργανισμού Eurogeosurveys (Σύνδεσμος Ευρωπαϊκών Γεωλογικών Υπηρεσιών),
- Πλήρης στελέχωση του Τμήματος και συνεχής επιμόρφωση του προσωπικού,
- Προμήθεια/ανανέωση με σύγχρονη τεχνολογία εργαστηριακού και εργοταξιακού εξοπλισμού, ειδικότερα αγορά νέου γεωτρύπανου μεγάλης δυναμικότητας με το συμπληρωματικό εξοπλισμό που να επιτρέπει την ανόρυξη γεωτρήσεων σε μεγάλα βάθη,
- Δημιουργία σύγχρονου σεισμολογικού Κέντρου με υψηλής τεχνολογίας εξοπλισμό,
- Διάθεση μεγαλύτερων κονδυλίων για έρευνα.

Η επίτευξη των πιο πάνω στόχων και η σταδιακή ολοκλήρωση του οράματος επιδιώκεται μέσα από ένα ισορροπημένο ετήσιο προϋπολογισμό.

crew, drafting services, a library and a central Geographic Information System. The work of the Department is also assisted by the Registry, the Secretariat and the Accounts Office.

By the end of 2010, the Department employed 91 persons in total of the 113 anticipated positions, including 18 professional scientists (17 geoscientists and 1 chemist), 20 well-qualified technical assistants of various specialisations, 45 employees as supportive personnel and 7 secretarial – accounting employees.

The budget of the Department for 2010 reached the amount of €5.083.281 and was sourced entirely from the state budget. The amount of €3.933.894 covered current expenditures, while €1.149.387 was spent on research and development.

### 1.3. THE VISION OF THE DEPARTMENT

Being the national advisor to the State in geological issues, the vision of the Department is the optimisation of its services and the information it provides, through a continuous quality upgrade and implementation of specialised knowledge and innovation that aim to a better service to the public.

Its vision with regards to the EU is its wider acknowledgment regarding the geological activities, where it will play an important role in the drafting of policies and be in a position to add its voice to the decision-making centres on a European level.

For the achievement of its vision there is a need for:

- development of scientific collaborations with similar organisations of the EU;
- greater / upgraded and active participation in the activities of the EuroGeoSurveys;
- staffing of the Department and continuous further education and training of its staff;
- provision / upgrading of laboratory and field equipment with modern technologies, in particular the purchase of a new high-capacity drill for deep wells;
- establishment of a modern high-tech seismological centre;
- availability of more funds towards research.

The achievement of the above tasks and the gradual fulfilment of the vision is pursued through a balanced annual budget.



## 2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης είναι από το 2005 τακτικό μέλος και μετέχει στις εργασίες του Συνδέσμου Ευρωπαϊκών Γεωλογικών Υπηρεσιών (EuroGeo-Surveys, πρώην FOREGS), που εδρεύει στο Βέλγιο και αντιπροσωπεύει σχεδόν όλες τις Γεωλογικές Υπηρεσίες των κρατών της Ευρώπης, και συμμετέχει σε διάφορες Ομάδες Ειδικοτήτων. Μεταξύ 14 και 17 Σεπτεμβρίου του 2010 η Διευθύντρια του Τμήματος εκπροσώπησε το Τμήμα στις εργασίες της σχετικής Εαρινής Γενικής Συνάντησης, που έλαβε χώρα στην Κοπεγχάγη.

Το Τμήμα εξακολουθεί να συνεργάζεται με πανεπιστήμια της Κύπρου και του εξωτερικού (Αθηνών, Θεσσαλονίκης, Πατρών, Νέας Νότιας Ουαλίας Αυστραλίας), ερευνητικά κέντρα, ομόλογες εθνικές υπηρεσίες των κρατών μελών της Ε.Ε., των Η.Π.Α. και του Ισραήλ, το Ευρω-Μεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο (EMSC) στο Στρασβούργο, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, το Γεωερευνητικό Ινστιτούτο του Potsdam της Γερμανίας, το Πρόγραμμα «Μείωση των Απωλειών από Σεισμούς στην Ευρύτερη Περιοχή της Μεσογείου» (R.E.L.E.M.R.) και το Πρόγραμμα του Ο.Η.Ε. για την «Απαγόρευση των Πυρηνικών Δοκιμών» (C.T.B.T.O.), που εδρεύει στη Βιέννη. Επίσης, συνεχίζει τη συμμετοχή του (από το 2006) στο διεθνές πρόγραμμα «TerraFirma» του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για το Διάστημα, που σκοπεί βασικά στην παρακολούθηση των μικρομετακινήσεων στην επιφάνεια της γης με τη χρήση δορυφορικού ραντάρ.

Επιπλέον, το Τμήμα συνέχισε να διατηρεί πολύ στενές επαφές και συνεργασίες με εντόπιους επιστημονικούς και επαγγελματικούς φορείς, όπως είναι το Επιστημονικό Τεχνικό Επιμελητήριο Κύπρου (ΕΤΕΚ) και οι οργανωμένοι σύνδεσμοι των πολιτικών μηχανικών, αρχιτεκτόνων, γεωλόγων και μεταλλειολόγων κ.λπ.

Επίσης, το Τμήμα συνεργάστηκε πολύ στενά και παραγωγικά με άλλες υπηρεσίες (κυρίως τεχνικές) του δημοσίου, όπως είναι το οι Επαρχιακές Διοικήσεις, το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, το Τμήμα Δημοσίων Έργων, το Τμήμα Πολεοδομίας και Οικήσεως, το Τμήμα Δασών, το Τμήμα Περιβάλλοντος, η Υπηρεσία Μεταλλείων, το Τμήμα Αναδασμού και το Γενικό Χημείο του Κράτους. Ανάλογα δε συμμετέχει και σε μεγάλο αριθμό τεχνικών επιτροπών, οι εργασίες των οποίων έχουν σχέση με τα θέματα και τις ευθύνες του Τμήματος. Συνεχίσθηκε και κατά το 2010 η αξιολόγηση μεγάλου αριθμού αιτήσεων για Ερευνητικές και Πολεοδομικές Άδειες για εντοπισμό και εκμετάλλευση βιομηχανικών ορυκτών, πετρωμάτων και μεταλλευμάτων. Παράλληλα, ετοιμάσθηκαν συνοπτι-

## 2. GENERAL ACTIVITIES

Since 2005 the Cyprus Geological Survey is a full member of EuroGeoSurveys (EGS, previously known as FOREGS) and participates in its activities. EGS is based in Orleans, France, and represents almost all of the European state Geological Surveys. Between 14 and 17 September 2010, the Directress represented the Department in the EGS Annual General Meeting, which took place in Copenhagen.

Furthermore, the Department continued to have close contacts and cooperation with local and overseas universities (Athens, Thessaloniki, Patras, New South Wales of Australia), research centres, similar national agencies of the EU member states, as well as the U.S.A. and Israel, the Euro-Mediterranean Seismological Centre (E.M.S.C.) in Strasbourg, the National Observatory of Athens, the German Research Centre for Geosciences (G.F.Z.) in Potsdam, the programme for "Reducing Earthquake Losses in the Eastern Mediterranean Region" (R.E.L.E.M.R.) and the UN "Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organisation" (C.T.B.T.O.) in Vienna. Since 2006, it is also participating in the "TerraFirma" project with the European Space Agency, which basically monitors small-scale ground deformations with the use of satellite radar.

During 2010 the Survey continued to have close contacts and cooperation with local scientific and professional bodies, like the Cyprus Technical Chamber (ETEK) and the professional societies of civil engineers, architects, geologists, mining engineers etc.

Moreover, the Department cooperated very productively with other (mainly technical) state agencies such as the District Offices, the Water Development Department, the Department of Public Works, the Department of Town Planning and Housing, the Department of Forests, the Department of the Environment, the Mines Service, the Department of Land Consolidation and the State Chemical Laboratory. It also participated in a large number of technical committees, the work of which relates to geological matters. During 2009, a substantial number of applications for mineral exploration permits as well as town planning permits relating to mineral resources were evaluated. In parallel, reports were prepared relating to applications submitted to the Board for the Consideration of Planning Deviation for town planning permits. Environmental impact assessments and geological studies for the planning and construction of significant development works have also been evaluated. Also, Officers of the

κές εκθέσεις, που αφορούσαν εξέταση αιτήσεων για παραχώρηση Πολεοδομικών Αδειών για εκμετάλλευση ορυκτού πλούτου κατά παρέκκλιση από το Συμβούλιο Μελέτης Παρεκκλίσεων. Επίσης έχουν αξιοποιηθεί περιβαλλοντικές και γεωλογικές μελέτες για το σχεδιασμό και κατασκευή σημαντικών έργων υποδομής και άλλων αναπτυξιακών έργων. Επίσης, Λειτουργοί του Τμήματος δημοσίευσαν διάφορα άρθρα στα έντυπα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης και στο περιοδικό «ΑΓΡΟΤΗΣ» του Υπουργείου Γεωργίας, Φυτικών Πόρων και Περιβάλλοντος και επιπλέον, παρουσιάστηκαν αρκετές φορές σε ενημερωτικές εκπομπές των ραδιοτηλεοπτικών μέσων της Κύπρου.

Στο Τμήμα λειτουργεί πυρήνας μάθησης, ο οποίος αναλαμβάνει κάθε χρόνο τον καταρτισμό σχεδίου εκπαίδευσης του προσωπικού, αφού διαγνώσει τις ανάγκες μάθησής του. Το σχέδιο δράσης για το 2010 περιελάμβανε εκπαιδευτικά προγράμματα, τόσο στην Κύπρο όσο και στο εξωτερικό.

### 3. ΒΑΣΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

#### 3.1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Η γεωλογική χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής Παραλιμνίου – Αγίας Νάπας σε κλίμακα 1:5.000 έχει ως απώτερο στόχο την εκπόνηση ενός γεωλογικού χάρτη της περιοχής σε κλίμακα 1:25.000, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί, μεταξύ άλλων, στα πλαίσια της μικροζωνικής μελέτης της περιοχής, η οποία θα αρχίσει εντός του 2012. Μέσα στο 2010 συνεχίστηκαν οι εργασίες με δειγματοληψία από τις πεντονιτικές αργίλους του συνονθυλεύματος της Μονής μεταξύ της Αγίας Νάπας και Παραλιμνίου, για γεωχρονολογικό προσδιορισμό. Επίσης, σε συνεργασία με τη Γεωλογική Υπηρεσία των Η.Π.Α. έγινε επισκόπηση της ευρύτερης περιοχής για προσδιορισμό μεγάλων τεκτονικών δομών. Το Τμήμα, με το πέρας των εργασιών της μικροζωνικής μελέτης στην ευρύτερη περιοχή Αμμοχώστου, θα είναι σε θέση να δημοσιεύσει ένα λεπτομερή γεωλογικό χάρτη (φύλλα 14 IV & 15 I, Εικ. 1) αναφορικά με αυτή τη γρήγορα αναπτυσσόμενη περιοχή.

Συνεχίστηκε η νεοτεκτονική μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Λάρνακας, σε συνεργασία με τη Γεωλογική Υπηρεσία των Η.Π.Α.. Το ενεργό ρήγμα, που υπάρχει στην περιοχή του Ακρωτηρίου Κίτι, διαπερνά το αεροδρόμιο και την πόλη της Λάρνακας και κατευ-

Department published various articles in the media and the "AGROTIS" journal of the Ministry of Agriculture, Natural Resources and the Environment. They also participated in various radio and TV programmes.

A learning core committee operates in the Department and organises training schemes for the staff based on their needs. The training scheme for 2010 included educational programmes both in Cyprus and abroad.

### 3. BASIC GEOLOGICAL RESEARCH – GEOLOGICAL DATA

#### 3.1. GEOLOGICAL MAPPING

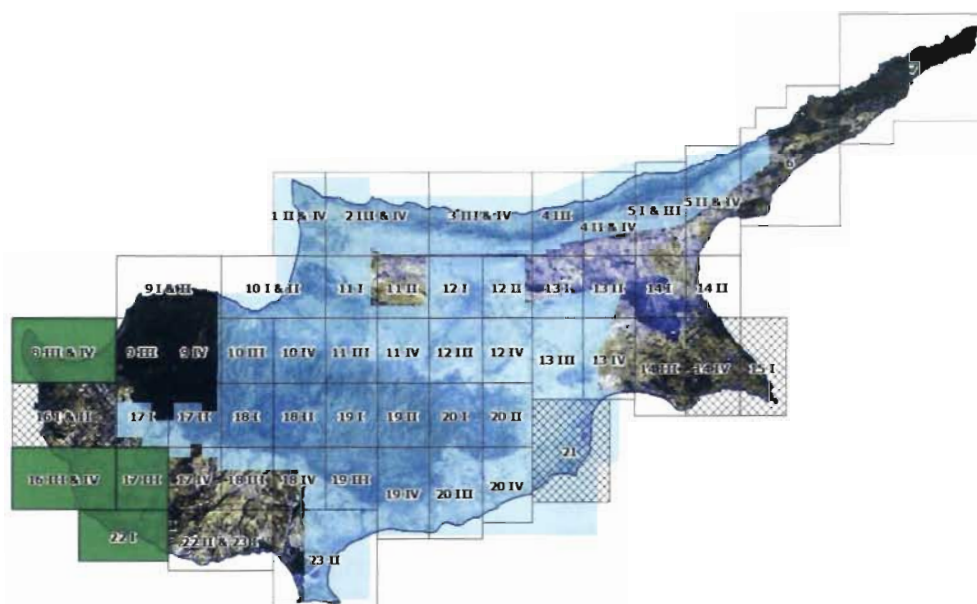
The geological mapping of the Paralimni - Agia Napa broader area in scale 1:5.000, aims at developing a new geological map of the region in scale 1:25.000 which will be used for the microzonation study of the region as well. In 2010 the work was continued with sampling between Agia Napa and Paralimni, for geochronological determination of the bentonitic clays of the Moni melange. In collaboration with the USGS (United States Geological Survey) a survey of the area was carried out aiming at the determination of major tectonic structures. The Survey will be able to publish a detailed geological map (sheet 14 IV and sheet 15 I) for this fast developing area after the completion of the works of the microzonation study at the Famagusta district.

The neotectonic study in the broader area of the town of Larnaca was continued in collaboration with the USGS. The active fault which outcrops at Cape Kiti and transects the Larnaca airport and the town of Larnaca is directed northeasterly and intersects with Ovgos fault zone. According to new geochronological determinations, in samples from the holocene marine sediments affected by the fault, it seems that the fault has been moved



θυνόμενο βορειοανατολικά ενώνεται με τη ρηξιγενή ζώνη του Οβγού. Με βάση νέους γεωχρονολογικούς προσδιορισμούς σε δείγματα από τα οθοκαινικά θαλάσσια ιζήματα, που επηρεάστηκαν από το ρήγμα, φαίνεται αυτό να έχει ενεργοποιηθεί μεταξύ 6 - 3 χιλιάδων χρόνων στην περιοχή του ακρωτηρίου Κίτι. Το νεότερο θαλάσσιο ιζήμα που έχει επηρεαστεί από το ρήγμα είναι ηλικίας 6 χιλιάδων χρόνων περίπου ενώ το νεώτερο χερσαίο ιζήμα, το οποίο αποτέθηκε πάνω από το ρήγμα και δεν έχει επηρεαστεί από αυτό είναι ηλικίας 2 - 3 χιλιάδων χρόνων, βασιζόμενο σε αναλύσεις άνθρακα 14 ( $^{14}\text{C}$ ) σε χερσαία γαστερόποδα. Η μελέτη βρίσκεται σε εξέλιξη με γεωλογική χαρτογράφηση και δειγματοληψία για γεωχρονολογικούς προσδιορισμούς των αποθέσεων των τεταρτογενών θαλάσσιων και χερσαίων αποθέσεων από την ευρύτερη περιοχή της Λάρνακας, καθώς και γεωφυσικές διασκοπήσεις.

between 6 and 3 thousand years before present at the Cape Kiti area. The youngest marine gravels that are affected by the fault are approximately 6 thousand years old and the youngest terrestrial sediments that are not affected and cover the fault are 2-3 thousand years old based on  $^{14}\text{C}$  of terrestrial snails. The study is in progress along with geological mapping and sampling for geochronological determinations of the quaternary marine and terrestrial deposits of the mapping area, as well as geophysical studies.



Εικ. 1: Τα πράσινα πολύγωνα απεικονίζουν τους δημοσιευμένους χάρτες σε κλίμακα 1:25.000. Οι περιοχές με διαγράμμιση χαρτογραφούνται σήμερα. Η μπλε περιοχή δείχνει την έκταση των υπάρχοντων δημοσιευμένων χαρτών σε κλίμακα 1:30.000 ή μικρότερη.  
Fig. 1: Green polygons show published geologic maps in the 1:25.000 scale series. Crosshatched areas are being mapped presently. Area in blue shows extent of existing map publications with a scale of 1:30.000 or smaller.

### 3.2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Το ερευνητικό πρόγραμμα της Γεωθερμίας (Geothermapcy), το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το Ίδρυμα Προώθησης Έρευνας, διεξήχθη με συνεργασία του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου (ΤΕ.ΠΑ.Κ.), του Τμήματος και της Υπηρεσίας Ενέργειας του Υπουργείου Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.

Οι ανάγκες της Κύπρου για πράσινη ενέργεια δίνουν σημαντικά κίνητρα για να ερευνηθούν οι γεωθερμικές παράμετροι του υπεδάφους. Το πρόγραμμα επικεντρώθηκε στη συλλογή στοιχείων για το σχεδιασμό

### 3.2. GEOTHERMAL ENERGY

The Geothermapcy research project was funded by the Research Promotion Foundation and was conducted in cooperation with the Cyprus University of Technology, the Cyprus Geological Survey and the Energy Service Department of the Ministry of Commerce, Industry and Tourism.

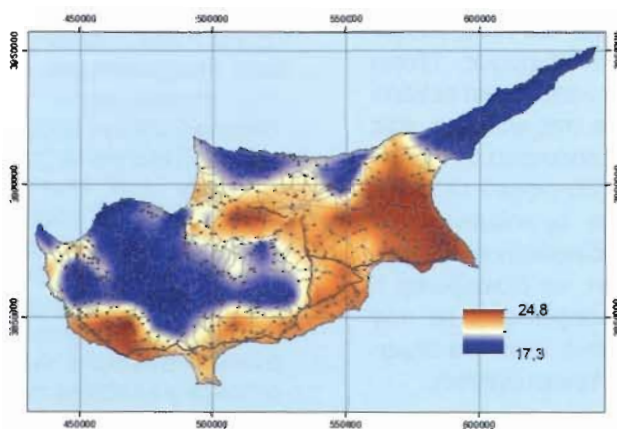
Increased local need for green energy provides important incentive for conducting research in the subject of ground thermal properties. The research program concentrated on collecting data useful for

θερμικών συστημάτων ενέργειας με την κυκλοφορία νερού μέσα σε γεωτρήσεις. Καταγράφηκε η θερμοκρασία σε οκτώ τοποθεσίες με θερμομέτρα, που εισέρχονται στη γεώτρηση σε βάθη από 0 μέχρι 120 μέτρα. Οι τοποθεσίες είχαν επιλεγεί με γεωλογικά κριτήρια. Έγινε δηλαδή προσπάθεια να χαρακτηριστούν οι διάφορες γεωλογικές ζώνες, που φιλοξενούν αστικά κέντρα. Με την τοποθέτηση γεωθερμικού εναλλάκτη μελετήθηκε επίσης πως οι γεωθερμικές παράμετροι μεταβάλλονται σε σχέση με την τοπογραφία, τη γεωλογία, το χρόνο, το βάθος και την εποχή. Η θερμοκρασία σε βάθος 100 μέτρων κυμαίνεται μεταξύ 17°C και 24°C. Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις των γεωτρήσεων και σε συνδυασμό με παλαιότερες μετρήσεις από παρόμοια έρευνα που έγινε τη δεκαετία του 70, καθώς και τη χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων, γνωρίζοντας πάντα τις γεωλογικές συνθήκες της Κύπρου, δημιουργήθηκε ένας προκαταρκτικός Γεωθερμικός Χάρτης (Εικ.2), που απεικονίζει θερμοκρασίες εδάφους στα 100 μέτρα βάθους.

Το επιστημονικό κοινό ενημερώθηκε για τα πορίσματα της μελέτης σε συμπόσιο, που οργανώθηκε τον Ιανουάριο του 2011. Περισσότερες πληροφορίες για το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα μπορούν οι ενδιαφερόμενοι να βρουν στην ιστοσελίδα του προγράμματος: <http://www.cut.ac.cy:8080/geothermapcy/>.

designing thermal energy systems by circulating water in ground boreholes. Ground temperatures were recorded for eight locations in Cyprus. Ground temperature thermometers were used for recording temperatures in depths from 0 to 120 meters. Borehole locations were selected based on geological criteria, in an attempt to characterize the major geological regions where urban centers are located. Temperature variations were correlated with topography, geology, time, depth and season with the use of down-the-hole heat pumps. At a depth of about 100m, ground temperature varies between 17°C and 24°C. Populating these borehole temperature data with other data from a similar project done in the 70's allowed the use of an artificial neural networks system, taking always into consideration local geological conditions. A preliminary ground temperature map of Cyprus was created (figure XXX) which depicts ground temperatures at 100 m depth.

The scientific community was informed about the results of the research project in a symposium which took place in January of 2011. More information about this research project is available on the project website <http://www.cut.ac.cy:8080/geothermapcy/>.



Εικ. 2: Χάρτης θερμοκρασίας εδάφους στα 100 μέτρα.  
Fig. 2: Ground temperature map for 100 m depth.

### 3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Το Τμήμα χρησιμοποιεί διάφορες γεωβάσεις, στις οποίες αποθηκεύει διοικητικά, τοπογραφικά, γεωλογικά και χρήσης γης δεδομένα. Αυτό το περιβάλλον γεωγραφικών συστημάτων προωθεί την ολοκληρωμένη χρήση βάσεων δεδομένων, παρέχοντας χωρικά δεδομένα με γεωαναφορά και έχει καταστεί ένα απαραίτητο εργαλείο για τον προγραμματισμό και τη λήψη αποφάσεων. Μέσα στο 2010, η γεωβάση εμπλουτίστηκε με νέα δεδομένα και σήμερα απαρτι-

### 3.3. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

The Survey uses various custom geodatabases which store administrative, geological, topographical and land use data. This geographical system environment promotes the integrated use of earth information databases providing georeferenced spatial data. In 2010, the geodatabase was updated with new data, totalling now 230 layers of spatial information. Most digital geological data, derived from both published and unpublished maps from the Survey's map collec-



μεί 230 επίπεδα χωρικών πληροφοριών. Τα περισσότερα ψηφιακά γεωλογικά δεδομένα, τα οποία προέρχονται από τους δημοσιευμένους και αδημοσίευτους χάρτες του Τμήματος, είναι διαθέσιμα προς πώληση στο κοινό. Η γεωβάση επίσης παρέχει στοιχεία για τη δημοσίευση χαρτών και ενημερωτικών φυλλαδίων μέσω ψηφιακών χαρτογραφικών λογισμικών. Άλλες πηγές ψηφιακών πληροφοριών είναι οι κατάλοιγοι σαρωμένων χαρτών και δορυφορικών εικόνων, που είναι γρήγορα και εύκολα διαθέσιμοι και αποτελούν βασική πληροφόρηση στους χρήστες των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών. Βοήθεια με γεωγραφικά δεδομένα παρέχεται σε πολλά Τμήματα του κράτους, ερευνητικά προγράμματα, πανεπιστήμια και σε ομάδες αρχαιολογικών ανασκαφών.

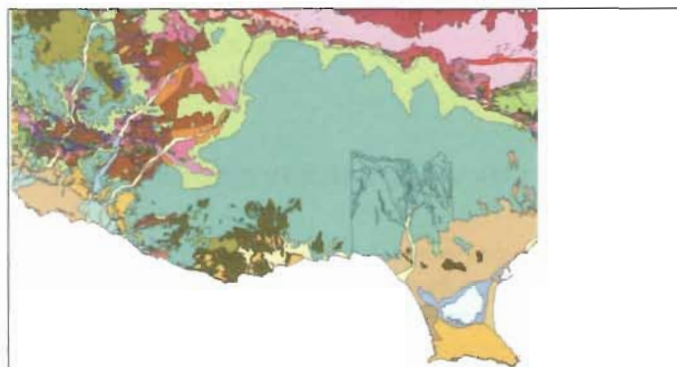
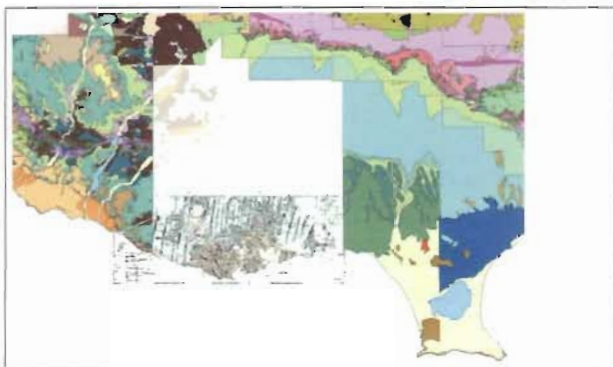
### 3.4. ONE GEOLOGY

Στα πλαίσια του προγράμματος "One Geology Europe" δημιουργήθηκε αρχικά ένας απλός ομοιογενής ψηφιακός χάρτης για όλο το νησί. Με βάση την εμπειρία, που απέκτησε το Τμήμα, προχώρησε στη δημιουργία ενός νέου ψηφιακού γεωλογικού χάρτη για την Κύπρο που περιλαμβάνει πάνω από 13.000 γεωλογικά πολύγωνα σε μια νέα βάση δεδομένων. Η εργασία αυτή περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων και την τοπογραφική τους διόρθωση, την ενημέρωση για τυχόν αλλαγές έτσι που να υπάρχει διαλειτουργικότητα με άλλα χωρικά δεδομένα. Σχεδιάστηκε να παρέχει πρόσβαση και να εναρμονίζεται σημασιολογικά με το λεξιλόγιο για τη λιθολογία του IUSG, καταργώντας παρωχημένους γεωλογικούς όρους. Τέτοια θέματα εμφανίζονται συχνά όταν υπάρχει μια μεγάλη διαφορά στις πηγές και ειδικότερα στις κλίμακες, στις μεθόδους χαρτογράφησης, στον ερευνητή, αλλά και στη γεωλογική πολυπλοκότητα όσο αφορά τη διαδικασία της πρώτης χαρτογράφησης. Το επόμενο βήμα θα είναι μια προσπάθεια να εναρμονισθούν η στρωματογραφία με τη γεωχρονολόγηση, να διακριβωθεί η γεωμετρική συνέχεια και να εναρμονισθεί με την τοπογραφία, πράγμα, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους σχηματισμούς του Τεταρτογενούς.

tion, are also available for sale to the public. The geodatabase provides basemaps for the publication of maps and informative leaflets through easy export to digital cartographic software. Other sources of digital information are raster catalogues of georeferenced maps and satellite images, available for quick and easy display of background geographical information to GIS users. Assistance with geographical data is provided to many departments of the government, research projects, universities research teams and archaeological excavation groups.

### 3.4. ONE GEOLOGY

A continuously developing seamless island-wide geology layer was initially created in a simple form for the "One Geology Europe" project. The Survey has benefited from this pan-European exercise and has taken an initiative that will result in a seamless, digital vector map with over 13.000 geological polygons having island-wide coverage. This is an ongoing project which will provide the best geological information at any location and derived comprehensively from published and unpublished geological maps with field checking where appropriate. The One Geology project for Cyprus attempts to improve interoperability at four levels: semantic, schematic, syntax and system-wise. It involved collecting data and making it topologically correct, sustaining updates and changes by various contributions and making it interoperable with other geospatial data. It will be designed to provide access harmonization, semantic harmonization with IUSG vocabulary and lithologic and/or rock formation harmonization, eliminating obsolete names. These are always issues that come up when there is a big difference in source scales, author mapping methods and level of geological complexity involved in the initial mapping process. A more advanced step will be an attempt to provide harmonization with new chronostratigraphy and geochronology with geometric continuity, harmonisation with topography, especially critical for Quaternary formations, with gap and overlap analysis to produce a seamless map.



Εικ. 3: Παράδειγμα του OneGeology Κύπρος για την περιοχή ανατολικά της Πάφου και δυτικά της Λεμεσού. Για την πάνω εικόνα, ο χρήστης έχει φορτώσει 5 επίπεδα διανυσματικών χαρτών των οποίων η κλίμακα κυμαίνεται μεταξύ 1:25.000 και 1:250.000 και ένα σαρωμένο χάρτη. Η κάτω εικόνα είναι το αποτέλεσμα της εναρμόνισης των δεδομένων στον OneGeology Κύπρος.

Fig. 3: Example of OneGeology Cyprus layer for eastern Pafos and western Lemesos. In the top picture the user has to load 5 layers of vector maps whose source scale varies between 25.000 and 250.000 and one raster image. In the bottom picture is the outcome of data harmonization in the OneGeology Cyprus Layer.



Τέλος, το επίπεδο των δεδομένων θα έχει πολλαπλές δυνατότητες καθιστώντας το έτσι εύκολα προσβάσιμο στους χρήστες του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, τόσο σε τοπικό όσο και διεθνές επίπεδο. Το Τμήμα θα αναβαθμίζει και επικαιροποιεί συνεχώς τα δεδομένα με εργασίες πεδίου, όπου χρειάζονται, αλλά και με τη χρήση νέων τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων των διαδικτυακών υπηρεσιών. Στόχος είναι να υπάρχει μια ανοικτή αρχιτεκτονική και πλήρης συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της σύμβασης του Aarhus και με την Ευρωπαϊκή Οδηγία INSPIRE (υποδομή χωρικών πληροφοριών στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα). Όλα τα επίπεδα δεδομένων, υπάρχουντα και νέα, ετοιμάζονται έχοντας κατά νου την ομαλή μετάβαση στην οδηγία INSPIRE, η οποία θεσπίζει μια προκαθορισμένη διαρθρωμένη πρόσβαση του κοινού στο σύνολο των χωρικών γεωλογικών δεδομένων, όπως δεδομένων στρωματογραφίας, λιθολογίας, υδρογεωλογίας, σεισμολογίας, γεωμορφολογίας.

### 3.5. ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Η οργάνωση της βιβλιοθήκης του Τμήματος ξεκίνησε το φθινόπωρο του 2009, με την απόσπαση ειδικού βιβλιοθηκάρου από το Υπουργείο Παιδείας. Βιβλία, εκθέσεις, περιοδικά, γεωλογικοί χάρτες και διδακτορικές διατριβές καταλογούνται με τη χρήση του συστήματος καταγραφής Dewey, στη βάση δεδομένων της βιβλιοθήκης ABEKTTM. Μέχρι τώρα έχει εγγραφεί στο σύστημα και ταξιθετηθεί το ένα τρίτο από τους 8000 και πλέον τόμους. Οι εγγραφές αυτές είναι ήδη προσβάσιμες μέσω του διαδικτύου στην ιστοσελίδα <http://www.cln.com.cy>. Η ιστοσελίδα παρέχει πρόσβαση σε 34 κυπριακές βιβλιοθήκες και επιτρέπει την αναζήτηση με βάση λέξεις-κλειδιά, όπως βιβλιοθήκη, συγγραφέα ή τίτλο. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2003/4/ΕΚ, που εφαρμόστηκε στις 14 Φεβρουαρίου 2005, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην Σύμβαση UN / ECE (Aarhus) για πρόσβαση στην πληροφορηση, συμμετοχή του κοινού στη λήψη αποφάσεων και την πρόσβαση στη δικαιοσύνη για περιβαλλοντικά θέματα, η οποία υπεγράφη στις 25 Ιουνίου 1998. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία, σε σχέση με τον πολίτη, προβλέπει την εύκολη πρόσβαση στις περιβαλλοντικές πληροφορίες. Το Τμήμα σε μια προσπάθεια για την εκπλήρωση αυτής της διάταξης εργάζεται για να καταστήσει την βιβλιοθήκη πολύτιμο ερευνητικό εργαλείο, τόσο για τους πολίτες όσο και το προσωπικό του.

## 4. ΟΡΥΚΤΟΙ ΠΟΡΟΙ

Οι βασικές δραστηριότητες του Τμήματος στον τομέα των ορυκτών πόρων καλύπτουν κυρίως την εφαρμοσμένη έρευνα, καθώς και την αειφόρο και ορθολογική ανάπτυξη, αξιοποίηση και διαχείριση των ορυκτών πόρων της Κύπρου (μεταλλικών και βιομηχανικών ορυκτών) στη βάση ενός ισορροπημένου περιβαλλον-

Finally, the data layer will provide multilingual attributes making it easily accessible to public sector authorities, private sector players and the public, both local and foreign. The Survey will keep the layer updated using new technologies, including web services, identifying areas in need for field work. Ideally, it will provide for an open architecture and comply with the requirements of the Aarhus Convention matching the INSPIRE European Directive (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) expectation levels. Every new and existing geodatabase layer is being prepared having in mind the smooth transition into the INSPIRE Directive, which establishes a predefined structured public-access set of spatial data for geology, including mainly layers of bedrock geology, aquifers and geomorphology and earthquake data.

### 3.5. LIBRARY

The Geological Survey Library began to operate in an organised manner in the autumn of 2009 after the placement of a qualified librarian seconded from the Ministry of Education. Books, reports, periodicals, geological maps and MSc and PhD dissertations are being catalogued using the Dewey Cataloguing System in the ABEKTTM library database. One third of the nearly 8000 volumes has already been entered into the system and placed on the shelves. Citizens can visit the library or search the Survey's electronic database on the Cyprus Libraries Network website address <http://www.cln.com.cy>. The webpage provides access to 34 libraries on Cyprus and allows for queries based on library, keywords, author or title. European Directive 2003/4/EC implemented on 14 February 2005 is largely based on the UN/ECE Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters, usually known as the "Aarhus Convention" which was signed on 25th June 1998, in the Danish city of Aarhus. The European Directive, having regard to the citizen, makes provisions for easy access to environmental information. The Geological Survey attempts to fulfill this provision but also attempts to reinstate the Survey Library as a valuable research tool both for citizens and geoscientists.

## 4. MINERAL RESOURCES

The Department covers a broad range of activities in relation to mineral resources, focusing on applied research, as well as the exploration and management of the mineral resources of Cyprus (metallic and industrial) within an environmentally acceptable framework. In parallel, a number of specialised

ντικού πλαιοσίου. Παράλληλα, εκπονούνται εξειδικευμένα ερευνητικά προγράμματα σε συνεργασία με Κύπριους και ξένους εμπειρογνώμονες, με τους οποίους επιδιώκεται η συνεχής διεύρυνση των δυνατοτήτων χρήσης των ορυκτών πρώτων υλών, η βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων και η διασφάλιση της καταλληλότητάς τους.

#### **4.1. ΕΡΕΥΝΕΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

Οι εκπονούμενες μελέτες έχουν κυρίως εφαρμοσμένη κατεύθυνση και σκοπός τους είναι ο ποιοτικός χαρακτηρισμός των ορυκτών πόρων, συμβάλλοντας στη καλύτερη δυνατή διαχείριση, αξιοποίησή τους, καθώς και στη δημιουργία νέων λατομικών ζωνών.

##### **4.1.1. Χαρακτηρισμός διακοσμητικών και δομικών λίθων**

Το Τμήμα σε συνεργασία με άλλους φορείς συνέχισε το ερευνητικό πρόγραμμα για το χαρακτηρισμό των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα στην οικοδομική βιομηχανία. Το πρόγραμμα, το οποίο χρηματοδοτείται από το Ίδρυμα Προώθησης Έρευνας και είναι διετές, έχει ως στόχο μέσα από την εκπόνηση σειράς εργαστηριακών δοκιμών να καθορίσει τις φυσικές και μηχανικές παραμέτρους των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται στην Κύπρο. Από πηλευράς κυπριακών πετρωμάτων έχουν συλλεχθεί και βρίσκονται στη διαδικασία χαρακτηρισμού τους 11 είδη πετρωμάτων.

##### **4.1.2. Δημιουργία νέων λατομικών ζωνών στην επαρχία Πάφου**

Το Τμήμα, στα πλαίσια υλοποίησης των διαδικασιών για πιθανή δημιουργία νέας λατομικής ζώνης στην επαρχία Πάφου, συνέχισε τη διεξαγωγή γεωλογικής έρευνας στους συγκεκριμένους εναλλακτικούς χώρους, που καθόρισε και στους οποίους κρίνεται δυνατή η δημιουργία λατομικής ζώνης διαβασικού πετρώματος εντός του κρατικού δάσους Πάφου. Η γεωλογική έρευνα διεξάγεται για να καθοριστεί η ποιότητα και τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα. Ακολουθώντας, θα εκπονηθεί πλήρης μελέτη εκτίμησης επιπτώσεων στο περιβάλλον (ΜΕΕΠ) για μια τέτοια ανάπτυξη.

Με ομόφωνη απόφαση της Επιτροπής Αειφόρου Ανάπτυξης Ορυκτών Πόρων ζητήθηκε από το Τμήμα να πραγματοποιήσει την αναγκαία γεωλογική έρευνα για καθορισμό νέας λατομικής ζώνης ή περιοχής στην επαρχία Πάφου για εξόρυξη ασβεστολιθικών ογκολιθών για χρήση σε θαλάσσια έργα. Το Τμήμα μετά από σχετική επισκόπηση καθόρισε τρεις εναλλακτικές περιοχές, οι οποίες θα ερευνηθούν με ανόρυξη πυρηνοληπτικών γεωτρήσεων για αξιολόγηση της ποιότητας και των αποθεμάτων του ασβεστόλιθου της κάθε περιοχής.

##### **4.1.3. Αποσάθρωση αδρανών υλικών**

Το Τμήμα σε συνεργασία με το Τμήμα Δημοσίων

research programmes are carried out in cooperation with consulting agencies aiming at the broadening of the use of mineral resources, as well as the improvement of the quality of the final products.

#### **4.1. RESEARCH ON MINERAL RESOURCES**

The applied research being carried out is mainly oriented to the qualitative characterization of the mineral resources, contributing to their most efficient management, exploitation, as well as in the creation of new quarry zones.

##### **4.1.1. Characterization of Decorative and Building Stones**

The Department, in cooperation with other institutions, continued the research program for the characterization of the natural decorative stones that are used nowadays by the construction industry. The two-year program, which is funded by the Foundation for the Promotion of Research, aims to define the physical and mechanical properties of the natural decorative stones used in Cyprus through a number of laboratory tests. Regarding Cyprus natural decorative stones, eleven (11) rock types were collected which are under the process of their characterization.

##### **4.1.2. Establishment of new quarry zones in Pafos district**

In the framework of implementing the procedures for the establishment of a new quarrying zone in the Pafos district, the Department has continued to carry out geological investigations in the defined alternative areas in which the establishment of a new quarrying zone is considered feasible. The geological investigations are conducted in order to determine the qualitative and quantitative characteristics of the raw material. An environmental impact assessment will follow.

The Sustainable Development of Mineral Resources Committee requested from the Department to carry out the necessary geological investigation for the establishment of new quarry zone or area in the Pafos district for the extraction of limestone armourestones for marine works. The Department proceeded with the necessary geological screening and specified three alternative areas in which a core-drilling will be carried out for the quality assessment and calculation of the reserves of the limestone in each area.

##### **4.1.3. Soundness of crushed aggregates**

The Department, in co-operation with the Department of Public Works and the University of Cyprus, continued the research on the soundness of aggre-

Έργων και το Πανεπιστήμιο Κύπρου συνέχισε την έρευνα για την εφαρμογή της δοκιμής της αποσάθρωσης στα αδρανή υλικά της Κύπρου. Ως αποτέλεσμα, η αρμόδια τεχνική επιτροπή για τα αμμοχάλικα ετοίμασε σχετική πρόταση προς το Υπουργείο Εσωτερικών για να υιοθετηθεί το τροποποιημένο πρότυπο για την αποσάθρωση των αδρανών υλικών.

#### 4.2. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

##### 4.2.1. Αποκατάσταση περιβάλλοντος σε εγκαταλειμμένα μεταλλεία μικτών θειούχων

Οι δραστηριότητες του Τμήματος στον τομέα αποκατάστασης του περιβάλλοντος σε εγκαταλειμμένα μεταλλεία μεικτών θειούχων περιλάμβαναν την εκπόνηση τεchnο-οικονομικής μελέτης για το σχεδιασμό πιλοτικής αποκατάστασης στο εγκαταλειμμένο μεταλλείο μεικτών θειούχων της Κοκκινόπεζουλας στο Μιτσερό.

##### 4.2.2. Επαναφορά περιβάλλοντος στο μεταλλείο Αμιάντου

Το Τμήμα συνέχισε την παροχή υπηρεσιών στις εργασίες επαναφοράς του περιβάλλοντος στο χώρο του Μεταλλείου Αμιάντου που διεξάγονται υπό την εποπτεία της αρμόδιας διατμηματικής Τεχνικής Επιτροπής. Αυτή αφορούσε εργασίες αναδάσωσης και αναχλωσής που κάλυψε έκταση 8 εκταρίων. Επιπλέον, έγινε η ετήσια επιθεώρηση της σήραγγας και καταγράφηκαν οι σχετικές μετρήσεις στο αρχείο, όπως και η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα στο μεταλλείο Αμιάντου και στην γύρω περιοχή.

gates produced in Cyprus. As a result, the Technical Committee of the CYS for the aggregates prepared a proposal for the Ministry of the Interior for the adoption of the new relative standard for the soundness of aggregates.

#### 4.2. RESTORATION OF THE ENVIRONMENT IN AREAS OF DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES

##### 4.2.1. Restoration of the environment of abandoned massive sulfides mines

The activities of the Department in the field of restoration of abandoned mines included the completion of a techno-economic study for the planning of a pilot program for the restoration of the abandoned massive sulphides mine of Kokkinopezoula in Mitsero.

##### 4.2.2. Restoration of Environment in the Asbestos Mine

The Department continued to contribute towards the rehabilitation works of the Asbestos Mine which are done under the supervision of the competent multi-disciplinary Technical Committee. Rehabilitation works carried out in an area of about eight hectares included soil covering, reforestation, revegetation and the maintenance of the water drainage system. Furthermore, the annual inspection of the tunnel has been conducted and the monitoring of the atmospheric air quality continued with sampling of atmospheric air in the mine area. Air samples were analysed for possible concentration of asbestos fibers.



Εικ. 4: Φωτομικρογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης όπου φαίνονται ίνες χρυσωτιλικού και τρεμολιτικού αμιάντου σε μεμβράνη φίλτρου αέρα από τις μετρήσεις της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.

Fig. 4: Scanning Electron Microscope photomicrograph showing chrysotile and tremolite asbestos fibres on a filter membrane taken from the monitoring of the air quality samplings.



κοινότητας Αλέκτορας (βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης), με τους γύψους βορειοδυτικά της κοινότητας Πισσουρίου (νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης), ώστε να διαπιστωθεί, εάν θα ήταν εφικτός ο τεχνητός εμπλουτισμός του συνόλου του υδροφόρου των γύψων. Η μελέτη περιέλαβε τη γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής σε κλίμακα 1:5.000, την ανόρυξη ερευνητικών γεωτρήσεων και την αξιολόγηση των δεδομένων από υφιστάμενες γεωτρήσεις.

Από την εν λόγω μελέτη έχουν προκύψει τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Στην περιοχή μελέτης, η οποία έχει έκταση 8,5 τετραγωνικά χιλιόμετρα, αναπτύσσονται δύο τοπικοί υδροφόροι, βορειότερα ο υδροφόρος των γύψων της Αλέκτορας και νοτιότερα ο υδροφόρος των γύψων του Πισσουρίου.
- Δεν προκύπτει ότι υπάρχει υδραυλική σύνδεση των δύο υδροφόρων και ως εκ τούτου κρίθηκε ότι η περιοχή δεν προσφέρεται για τεχνητό εμπλουτισμό. Ο εν λόγω τεχνητός εμπλουτισμός θα παρουσίαζε σημαντικά προβλήματα στην εφαρμογή του, ενώ η αποτελεσματικότητά του θα ήταν περιορισμένη.

## 5.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

### 5.2.1. Οδηγία 91/676/ΕΟΚ

Η οδηγία 91/676/ΕΟΚ αφορά την προστασία των νερών από νιτρικά άλατα γεωργικής προέλευσης και ενσωματώθηκε στο εθνικό Δίκαιο με τον Κανονισμό 534/2002 του "Περί του Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών και του Εδάφους Νόμου 106(Ι)/2002".

Η αρμοδιότητα του Τμήματος έγκειται στην παρακολούθηση και αξιολόγηση της ποιότητας των νερών σε σχέση με την περιεκτικότητά τους σε νιτρικά άλατα από γεωργικές δραστηριότητες.

Στα πλαίσια της οδηγίας αυτής και την περίοδο 2004 έως 2007 κηρύχθηκαν έξι ευάλητες από νιτρορύπανση ζώνες. Οι εν λόγω ζώνες αφορούν τα υπόγεια υδατικά σώματα των Κοκκινόχωριών, του Κιτίου-Περβολιών, του Ακρωτηρίου, της Πέγειας, της Πόλης Χρυσόχους καθώς επίσης και μέρος της Κεντρικής-Δυτικής Μεσαορίας, στην περιοχή της Ορούντας. Περαιτέρω, η ευρύτερη περιοχή του υδροφορέα της Κεντρικής-Δυτικής Μεσαορίας καθώς επίσης και του υδροφορέα του Αγίου Θεοδώρου Λάρνακας βρίσκονται υπό διερεύνηση. Με βάση την αξιολόγηση των μέχρι σήμερα αποτελεσμάτων δεν προκύπτει οποιαδήποτε εμφανής τάση βελτίωσης της ποιότητας των νερών στις ευπρόσβλητες σε νιτρορύπανση περιοχές.

west of the Alektora village (north part of the study area) with those to the northwest of Pissouri village (south part of the study area), was investigated in order to determine whether it is possible to artificially recharge the whole of the gypsum aquifer. The study included the geological mapping of the area in scale of 1:5.000, the drilling of investigation boreholes and the evaluation of data from existing boreholes.

From this study, the following are concluded:

- Two (2) local aquifers develop within the study area which is 8.5 square kilometres; the gypsum aquifer of Alektora to the north and the Pissouri gypsum aquifer to the south.
- It was assessed that there is no hydrological connection between the two aquifers and it was therefore concluded that the area is not suitable for artificial recharge. The application of such recharge would cause serious problems and its effectiveness would be limited.

## 5.2. IMPLEMENTATION OF LEGISLATION

### 5.2.1. Directive 91/676/EEC

Directive 91/676/EEC deals with the protection of waters against pollution caused by nitrates of agricultural origin. It was incorporated to the national legislation via the Regulation 534/2002 of the Protection of Water and Soil Law 106(Ι)/2002.

The Department's competence comprises of monitoring and evaluating the quality of water resources (surface water and groundwater), in terms of their concentration in nitrates of agricultural origin. Within the framework of this directive, six (6) nitrate vulnerable zones have been declared. These six zones pertain to the groundwater bodies of Kokkinochoria, Kiti – Pervolia, Akrotiri, Pegeia, Polis Chrysochous as well as part of the Central-Western Mesaoria in the area of Orounda. Furthermore, the overall area of the Central-Western Mesaoria aquifers as well as the Agios Theodoros of Larnaka aquifer are under investigation. Based on the evaluation of the current results, there is no discernible water quality improvement trend within the nitrate vulnerable zones.

Ο καθορισμός των πηγών προέλευσης των νιτρικών στα υπόγεια νερά αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη λήψη αποτελεσματικών μέτρων για την προστασία τους. Έτσι το Τμήμα, σε συνεργασία με εξειδικευμένο σε ισοτοπικούς προσδιορισμούς γερμανικό εργαστήριο, διεξήγαγε μελέτη για διερεύνηση της προέλευσης των νιτρικών στα υπόγεια νερά της Κύπρου, καθώς επίσης για την εκτίμηση της ικανότητας και του βαθμού απονίτρωσης, εντός της ακόρεστης ζώνης. Η εν λόγω μελέτη ήταν διετής (2009-2010) και παρουσιάζεται συνοπτικά στο κεφάλαιο 11. Με βάση τα πορίσματα της μελέτης, καθώς και τη συναξιολόγηση άλλων σχετικών δεδομένων, η περιοχή Ορούντας κηρύχθηκε ως νέα ευπρόσβλητη σε νιτρούπανση ζώνη.

#### **5.2.2. Οδηγία Πλάνισιο για Ύδατα 2000/60/ΕΚ**

Το Τμήμα εμπλέκεται ενεργά στην υλοποίηση των υποχρεώσεων του Κράτους, που απορρέουν από την εφαρμογή της Οδηγίας Πλάνισιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ. Μέχρι σήμερα υλοποιήθηκαν οι πρόνοιες των άρθρων 5, 6, 11 και 14, καθώς και άλλες επί μέρους δράσεις.

#### **5.2.3. Οδηγία 2006/118/ΕΚ**

Η οδηγία αυτή σχετίζεται με την προστασία των υπόγειων νερών από τη ρύπανση και την υποβάθμιση. Το Τμήμα συντονίζει τις εργασίες, που σχετίζονται με την αξιολόγηση της χημικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων, τον εντοπισμό σημαντικών και διατηρούμενων ανοδικών τάσεων και τον καθορισμό των σημείων εκκίνησης για την αναστροφή των τάσεων.

### **5.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΖΩΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ**

Ο καθορισμός ζωνών προστασίας των υδρευτικών γεωτρήσεων προκύπτει από τον "Περί του Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών και του Εδάφους Νόμο 106(ΙΙ)/2002". Με βάση το νόμο αυτό, θα καθοριστούν ζώνες προστασίας για 400 περίπου υδρευτικές γεωτρήσεις. Το Τμήμα ανέλαβε να εκπονήσει λεπτομερείς υδρογεωλογικές μελέτες για κάθε υδρευτική γεώτρηση, με βάση τις οποίες ορίζονται οι σχετικές ζώνες προστασίας από την αρμόδια αρχή. Οι μελέτες αυτές λαμβάνουν υπόψη τις γεωλογικές, υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες, τις χρήσεις γης και, γενικά, τις τοπικές πιέσεις στα υπόγεια νερά. Μέχρι σήμερα εκπονήθηκαν 26 τέτοιες μελέτες.

Το Τμήμα εμπλέκεται, επίσης, σε θέματα προστασίας των υδατικών πόρων, όπως είναι η εξεύρεση κατάλληλων χώρων για την επεξεργασία και διάθεση των υγρών και στερεών αποβλήτων των πόθρων, οικι-

Determining the dominant source of nitrogen in groundwater is of essence in order to take appropriate and effective measures in protecting groundwater. Therefore, the Department, in collaboration with a German lab specialized in isotope analysis, has conducted a study to investigate the source of nitrogen in the groundwater of Cyprus, as well as the extent of denitrification in the unsaturated zone. The specific study lasted two (2) years (2009-2010) and its synopsis is presented in chapter 11. Based on the conclusions of this study in conjunction to co evaluation of other relative data, the area of Orounda was designated as a new Nitrate Vulnerable Zone.

#### **5.2.2. Water Framework Directive 2000/60/EC**

The Department is actively involved in meeting the country's obligations that derive from the Water Framework Directive 2000/60/EC. Up to today, the provisions of articles 5, 6, 11 and 14 as well as other secondary measures have been implemented.

#### **5.2.3. Directive 2006/118/EC**

This Directive deals with the protection of groundwater against pollution and deterioration. The Department coordinates the works related to the evaluation of the chemical status of the groundwater bodies, the detection of substantial and persistently increasing trends as well as the declaration of their starting and reversal points.

### **5.3. DELINEATION OF PROTECTION ZONES FOR WATER SUPPLY BOREHOLES**

The provision for the delineation of water supply borehole protection zones derives from the Water and Soil Pollution Control Law 106(II)/2002. Four hundred protection zones are to be delineated. The Department carries out a detailed hydrogeological study for each water supply borehole based on which, the protection zones are declared by the competent authority. Such studies take into consideration the geological, the hydrogeological and the hydrological conditions, the land use and in general, all the pressures exerted locally onto the groundwater. Up to now, 26 such studies have been completed.

The Department is also actively involved in the protection of the water resources, such as the identification of suitable areas for the treatment and disposal of liquid and solid waste of cities, settlements



σμών και κοινοτήτων και για την ταφή ζώων σε έκτακτες περιπτώσεις.

#### 5.4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Το Τμήμα εγκατέστησε και λειτουργεί αριθμό δικτύων παρακολούθησης, τα οποία σχετίζονται κυρίως με την εφαρμογή της σχετικής εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας. Τα δίκτυα αυτά υποστηρίζουν επίσης την εκπόνηση ερευνητικών προγραμμάτων. Τα σημαντικότερα είναι τα ακόλουθα:

##### *Δίκτυο νιτρορύπανσης*

Το δίκτυο αυτό σχετίζεται με την εφαρμογή των προνοιών της Οδηγίας 91/676/ΕΟΚ, που αφορά την προστασία των νερών από νιτρικά άλατα γεωργικής προέλευσης. Αποτελείται από 220 σταθμούς στα υπόγεια νερά και δέκα (10) στα επιφανειακά.

##### *Αυτογραφικό δίκτυο*

Το δίκτυο αυτό καλύπτει τους πιο σημαντικούς υδροφόρους. Αποτελείται δε από 80 σταθμούς συνεχούς καταγραφής της στάθμης, θερμοκρασίας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υπόγειου νερού. Το Τμήμα βρίσκεται στη διαδικασία αναβάθμισης του υφιστάμενου εξοπλισμού. Ήδη 61 σταθμοί έχουν αναβαθμιστεί σε τηλεμετρικούς.

Τα δεδομένα, που συλλέγονται και αρχειοθετούνται στη βάση δεδομένων Envis, χρησιμοποιούνται κυρίως σε μελέτες υδατικών ισοζυγίων, τεχνητού και φυσικού εμπλουτισμού, καθώς και παρακολούθησης της υφαρμύρισης των παράκτιων υδροφόρων. Παρακολουθείται, επίσης, η ποιότητα του βρόχινου νερού.

and communities and for the burial of animals in the event of an emergency.

#### 5.4. GROUNDWATER MONITORING

The Department has installed and maintains a number of water resources monitoring networks that are mainly related to the implementation of relative national and European legislation. These networks also contribute to the Department's research projects. The most important monitoring networks are the following:

##### *Nitropollution network*

This network is related to the implementation of the provisions of Directive 91/676/EEC, concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. The network consists of 220 stations for groundwater and ten (10) for surface water.

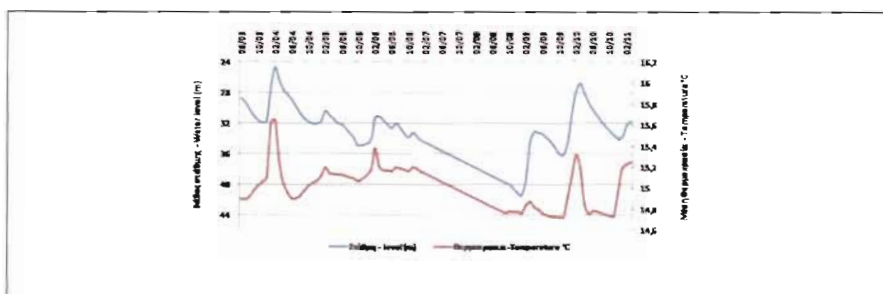
##### *Datalogger network*

The network covers the most important aquifers. It consists of 80 monitoring stations equipped with loggers for continuous groundwater level, temperature and conductivity monitoring. The Department is in the process of upgrading the current equipment and it has already converted 61 of the existing monitoring stations, to telemetric ones.

These data are collected and stored in the Envis database and are mostly used in water balance studies and specifically in the monitoring of aquifer recharge as well as seawater intrusion at the coastal aquifers. Furthermore, rainfall water quality is also monitored.



Εικ. 6: Αναβάθμιση σταθμών παρακολούθησης υπόγειου νερού σε τηλεμετρικούς.  
Fig. 6: Upgrading groundwater monitoring stations to telemetric.



Εικ. 7: Παρακολούθηση της στάθμης και της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού.

Fig. 7: Monitoring of groundwater level and temperature.



Εικ. 8: Παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων.

Fig. 8: Monitoring of surface water quality.



Εικ. 9: Παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων.

Fig. 9: Monitoring of groundwater quality.

## 5.5. ΚΑΛΥΨΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ

Εκτός από την υδρογεωλογική έρευνα, το Τμήμα προβαίνει στην ανόρυξη παραγωγικών γεωτρήσεων με κύριο σκοπό την κάλυψη υδρευτικών αναγκών σε κοινότητες. Για το σκοπό αυτό, εκτός από τα διατηρητικά μέσα του Τμήματος, αποκτήθηκαν σχετικές υπη-

## 5.5. SATISFYING DOMESTIC WATER SUPPLY NEEDS OF COMMUNITIES

In addition to hydrogeological research, the Department drills productive boreholes in order to satisfy the needs of communities for potable water. Towards this goal and in addition to the Department's drilling equipment, outsourcing was also uti-



ρεσίες από τον ιδιωτικό τομέα μέσω σύμβασης συνολικής δαπάνης €298.187.

Οι προσπάθειες του Τμήματος επικεντρώθηκαν στην ανόρυξη νέων υδρογεωτρήσεων για επίλυση υδρευτικών κυρίως προβλημάτων. Συνολικά ανορύχθηκαν τριάντα επτά ερευνητικές γεωτρήσεις συνολικού βάθους 8.622 m. Σε είκοσι επτά γεωτρήσεις εκτελέστηκαν δοκιμαστικές αντλήσεις, ώστε αυτές να αξιοποιηθούν για παραγωγικούς σκοπούς.

Με τις πιο πάνω γεωτρήσεις αντιμετωπίστηκαν υδρευτικά προβλήματα στις κοινότητες Νικητάρι, Βυζακιά, Κλήρου, Πολιτικό, Αλθινοῦ, Καμπί, Πολύστυπος, Λινού, Κινούσα, Άγιος Επιφάνιος, Λαζανιάς, Κάτω Πλάτρες και κοινότητες διαμερίσματος Ταμασού.

lized via a €298.187 contract.

The efforts of the Department focused mostly on drilling new water supply boreholes in order to solve relative issues. In total, 37 boreholes were drilled summing up to 8.622 m. Pumping tests were performed in 27 boreholes in order to be used as productive boreholes.

With the above drilled boreholes, the water supply needs of the following villages have been met:

Nikitari, Vyzakia, Klirou, Politiko, Alithinou, Kambi, Polystypos, Linou, Kinousa, Agios Epifanios, Lazania, Kato Platres and communities of the Tamasos area.



Εικ. 10: Ανόρυξη παραγωγικής γεώτρησης – Διεξαγωγή γεωφυσικών διαγραφιών σε γεώτρηση.  
Fig. 10: Drilling a water supply production borehole and performing geophysical logging of a borehole.

## 6. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ / ΓΕΩΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Το Τμήμα αναλαμβάνει τον προγραμματισμό, την εκτέλεση και αξιολόγηση των αναγκαίων γεωλογικών- γεωτεχνικών ερευνών, που απαιτούνται για τη σωστή και ασφαλή θεμελίωση των διαφόρων αναπτυξιακών έργων (τεχνικών κατασκευών) του Κράτους. Αναλαμβάνει, επίσης, μελέτες που αφορούν φυσικά γεωλογικά φαινόμενα, όπως είναι οι κατολισθήσεις, οι καταβόθρες και οι εδαφικές καθιζήσεις και

## 6. GEOTECHNICAL STUDIES / GEOPROBLEMS

The Department undertakes the planning, the implementation and evaluation of the geological - geotechnical investigations, which are necessary for the appropriate and safe foundation of various development projects (constructions) of the State. It participates, also, in the study of natural phenomena and geohazards, like landslides and other types of slope instability, karstic geomorphs (cavi-



συμβάλλει ουσιαστικά στη διαδικασία για Αναθεώρηση/ Τροποποίηση Ορίων Ανάπτυξης και Πολεοδομικών Ζωνών. Επιπρόσθετα, εκφέρει απόψεις σε γεωλογικές- γεωτεχνικές εκθέσεις ιδιωτικών γραφείων, που αφορούν διάφορα έργα ανάπτυξης, που παραπέμπονται στο Τμήμα από άλλα κυβερνητικά τμήματα, που ασχολούνται με τεχνικές κατασκευές.

ties, caves and sinkholes), and phenomena of ground subsidence and substantially contributes to the revision/modification of urban development planning limits and urban planning zones. Additionally, the Department consults for geological and geotechnical reports compiled by private offices, which are submitted to the Department by other Governmental Departments that deal with different construction projects.



Εικ. 11: Διάστρωση αργιλικού πυρήνα στον άξονα του φράγματος Σολέας.

Fig. 11: Core clay works at Solea dam axis.

#### 6.1. ΥΔΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

Στον τομέα των υδατικών έργων, στα πλαίσια της μελέτης για την εκπόνηση των τελικών κατασκευαστικών σχεδίων των **φραγμάτων «Καμμίτση» και «Αρχάγγελου»**, (περιοχή Αραδίππου), καθώς και του **φράγματος Ιδαλίου**, έχουν διεξαχθεί συμπληρωματικές γεωλογικές χαρτογραφήσεις με εκπόνηση των σχετικών χαρτών, καθώς και υπόγειες έρευνες (ανόρυξη συνολικά 17 δειγματοληπτικών γεωτρήσεων).

#### 6.1. WATER PROJECTS

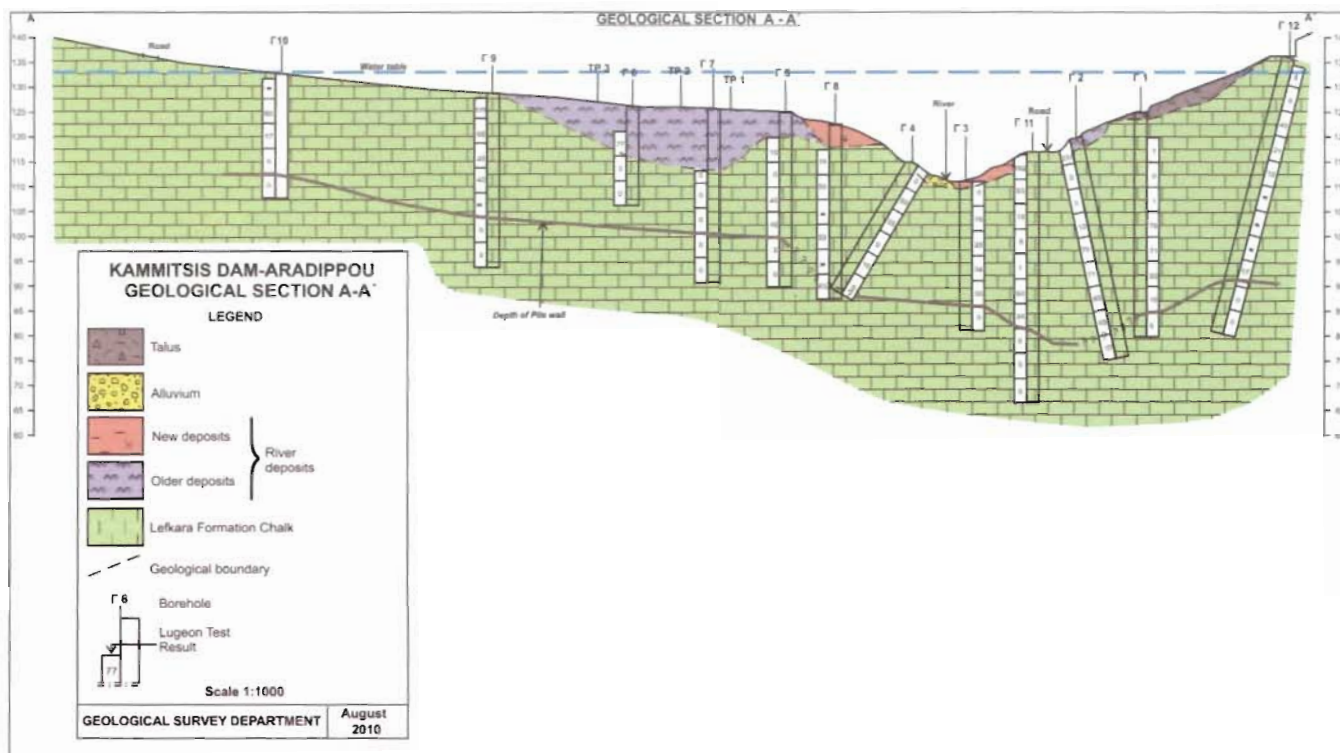
In the Section of water projects, within the framework of the design of Kammitsis and Archangelos Dam (Aradhippou area), as well as the Idalion Dam, additional geological mapping and underground geotechnical investigation have been carried out (drilling of 17 exploratory boreholes). Geological-geotechnical mapping concerning the core trench of the Solea Dam -which is under construction- and

Άρχισε και συνεχίζεται η παρακολούθηση των κατασκευαστικών εργασιών του **φράγματος Σολέας** με τη γεωτεχνική χαρτογράφηση της περιοχής θεμελίωσης του αναχώματος του φράγματος και την ανόρυξη 19 ερευνητικών γεωτρήσεων / γεωτρήσεων ελέγχου.

Διεξήχθησαν επίσης γεωλογικές/ γεωτεχνικές έρευνες για τη χωροθέτηση βιολογικών σταθμών σε διάφορες περιοχές, με κυριότερες τις περιοχές Βαθειά Γωνιά και Τσέρι.

the geological description of 19 exploratory and control boreholes were carried out.

Geological – geotechnical investigations have been carried out in various areas where storage reservoirs for the Nicosia treated water has been planned to be constructed, the most significant being at Vathia Gonia and Tseri areas.



Εικ. 12: Γεωλογική τομή άξονα φράγματος Καμμίτσας.

Fig. 12: Kammitsis dam axis geological section.

## 6.2. ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ / ΓΕΡΥΦΟΠΟΙΑΣ

Τα έργα οδοποιίας, γεφυροποιίας αποτέλεσαν πεδία γεωλογικών / γεωτεχνικών ερευνών σε διάφορες περιοχές. Κυριότερα έργα είναι η παραλιακή λεωφόρος προς το λιμάνι Λεμεσού και ο κυκλικός κόμβος στην περιοχή Έγκωμης. Οι έρευνες περιλάμβαναν επιφανειακές, υπόγειες και εργαστηριακές μελέτες.

Επίσης έχουν αξιοποιηθεί γεωλογικές - γεωτεχνικές μελέτες, που εκπονήθηκαν από ιδιωτικά γραφεία μελετών, για διάφορες περιοχές, με κυριότερα έργα, τον περιμετρικό αυτοκινητόδρομο Λευκωσίας, τον αυτοκινητόδρομο Λευκωσίας- Αλάμπρας, τον κυκλικό κόμβο, τις γέφυρες και το οδικό δίκτυο παρά το νέο ΓΣΠ (μέρος αυτοκινητοδρόμου Λευκωσίας- Λεμεσού), το δρόμο Λεμεσού – Άλσαςας- Σαϊττά, τη λεωφόρο Τσερίου και τη λεωφόρο Αρχιεπισκόπου Μακαρίου στην Ανάγυια.

## 6.2. ROAD AND BRIDGE PROJECTS

Road and bridge projects were fields of geological/geotechnical investigation in various regions. The most important of them are the coastal access avenue to the Limassol Harbour and the roundabout in the area of Engomi-Nicosia. The surveys included surface, underground and laboratory studies. Geological - geotechnical studies, which were carried out by private offices for various regions, in particular for the Lefkosia Perimetrical Highway, the Lefkosia - Alambra Highway, the roundabout junction, the bridge and the roads near the new Nicosia football stadium (part of the Lefkosia - Lemesos Highway), the Lemesos- Alassa - Saittas road, the Tseriou Avenue and the Archbishop Makarios III Avenue at Anayia, have been also evaluated.





**Εικ. 13: Δειγματοληψία εδάφους για εργαστηριακές δοκιμές για μελέτη οδοποιίας.**  
*Fig. 13: Soil sampling for laboratory testing – road works study.*

### 6.3. ΕΡΓΑ ΟΙΚΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Στον τομέα της οικιστικής ανάπτυξης έχουν διεξαχθεί επιφανειακές και υπόγειες γεωλογικές/ γεωτεχνικές έρευνες, καθώς και εργαστηριακές μελέτες. Η ανάπτυξη αυτή περιλάμβανε ευρύ φάσμα έργων, όπως διαχωρισμό οικοπέδων, οικισμούς αυτοστέγασης, δημιουργία γηπέδων γκολφ, ηλιοθερμικών πάρκων και εγκατάσταση ανεμογεννητριών (αιολικών πάρκων), καθώς και κοιμητήρια σε διάφορες κοινότητες όλων των επαρχιών. Στον τομέα της ανάπτυξης αυτής εντάσσονται και γεωτεχνικές έρευνες για μεγάλο αριθμό αιτήσεων για πολεοδομικές και οικοδομικές άδειες, που κάλυπταν πολλές περιοχές για ανέγερση κατοικιών, καθώς και αναπτύξεις σε χωριά επίσης όλων των επαρχιών.

Στο ίδιο κεφάλαιο εντάσσονται και οι αξιολογήσεις εκθέσεων γεωτεχνικών ερευνών που έγιναν από ιδιωτικά γραφεία, οι περιοχές των οποίων επηρεάζουν μνημεία, όπως το ενετικό Τείχος με την μελέτη για ανάπλαση της πλατείας Ελευθερίας στη Λευκωσία και οι «Καμάρες» στη Λάρνακα, καθώς και η παροχή τεχνικών συμβουλών προς το Τμήμα Αρχαιοτήτων και τα σχετικά δημαρχεία.

### 6.4. ΑΣΤΟΧΙΕΣ / ΑΣΤΑΘΕΙΕΣ ΠΡΑΝΩΝ

Οι αστοχίες /αστάθειες πρανών σε διάφορα έργα ή και περιοχές οικιστικής ανάπτυξης έχουν διερευνηθεί για διαλεύκανση των αιτίων που τις προκαλούν. Οι

### 6.3. URBAN DEVELOPMENT

In the Section of urban development, surface and underground geological/geotechnical investigations were conducted, as well as laboratory tests. This development included a wide spectrum of projects, as division of plots, self-housing settlements, golf fields, solar parks and installation of wind power generators (aeolic parks) and also cemeteries in various villages. This development included also geological-geotechnical investigations dealing with urban and building authorisations that covered a lot of areas for residence construction, as well as developments in villages of all Districts.

For projects which were planned in the vicinity with ancient monuments affected by these works, i.e. the Venetian Walls within the framework of the redesign of Eleftheria Square in Lefkosia and the Kamares in Larnaka, geological - geotechnical studies, carried out by private offices, have been evaluated and also technical advises to the Archaeological Department and the relevant Municipality Authorities have been given.

### 6.4. SLOPE FAILURE / SLOPE INSTABILITY

Slope failure/slope instability geotechnical investigations were undertaken for various projects and/or even areas of built-up growth with a scope of clarifying/interpreting the parameters, which

έρευνες αφορούν κατολισθήσεις σε διάφορες κοινότητες, όπως των Κελοκέδων, της Αρμίνου, της Παναγιάς, της Δρούσειας, του Στατού και της Κοιλίνειας. Η περιοχή μεταξύ Στατού- Κοιλίνειας επηρεάστηκε από σύστημα πολλαπλών κατολισθήσεων με επέκταση, τόσο στο οδικό δίκτυο των κοινοτήτων όσο και σε οικιστικές περιοχές. Η μελέτη των κατολισθήσεων (χαρτογράφηση, ανόρυξη γεωτρήσεων, εργαστηριακές δοκιμές και συγγραφή έκθεσης) έχει ολοκληρωθεί.

Έρευνες/μελέτες κατολισθήσεων έγιναν και συνεχίζονται για συνολικά 11 πρηνή εκσκαφής του αυτοκινητοδρόμου Λεμεσού- Πάφου. Το πρώτο αφορούσε την έρευνα/μελέτη της κατολίθησης του πρηνούς εκσκαφής παρά το Πισσούρι, η οποία έχει ολοκληρωθεί και αναμένεται η εφαρμογή των σταθεροποιητικών μέτρων για την ευστάθεια του πρηνούς. Άρχισε

trigger the slope instability/failure. The main investigations are these of landslides in various villages as Kelokedara, Arminou, Panayia, Drouseia, Statos - Koilinea. The area of Statos - Koilinea was affected by a system of multiple landslides extended at the main road of the two villages and also in residential areas. The study of landslide including mapping, exploratory boreholes, laboratory testing and the preparation of the relevant report was completed.

In the cases of slope instability at various locations of various Districts, stability measures have been also proposed. Stability investigations for a total number of 11 cut slopes of the Lemesos - Pafos Highway were carried out. Work was completed only for the first one, the "Pissouri landslide". However, the remedial works for stabilizing the slope are still pending. A work schedule for the other 10



Εικ. 14: Κατολίθηση στον δρόμο Στατού – Παναγιάς.  
Fig. 14: Landslide at Statos – Panayia road.

η έρευνα και για τα άλλα 10 τμήματα των πρηνών, τα οποία κρίθηκαν επιρρεπή για κατολισθήσεις. Η όλη ερευνητική εργασία έχει ιεραρχηθεί - συνεννόηση του ΤΓΕ και ΤΔΕ - και θα συνεχιστεί και το 2011.

## 6.5. ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΕΩΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

### 6.5.1. Εκπόνηση ή και αναθεώρηση ζωνών γεωλογικής επικινδυνότητας /καταλληλότητας.

Η εργασία αυτή περιλαμβάνει εξειδικευμένες γεωλο-

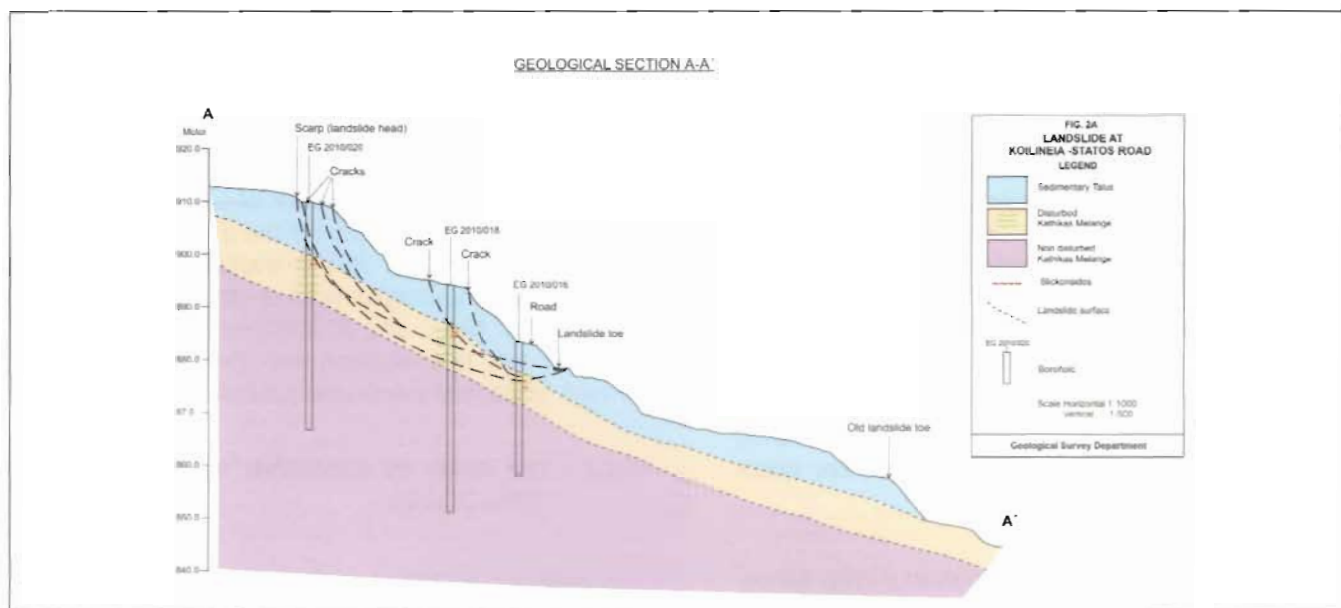
cut slopes was agreed by the Departments of Geological Survey and Public Works. These investigations will continue also in the year 2011.

## 6.5. GEOPROBLEM STUDIES

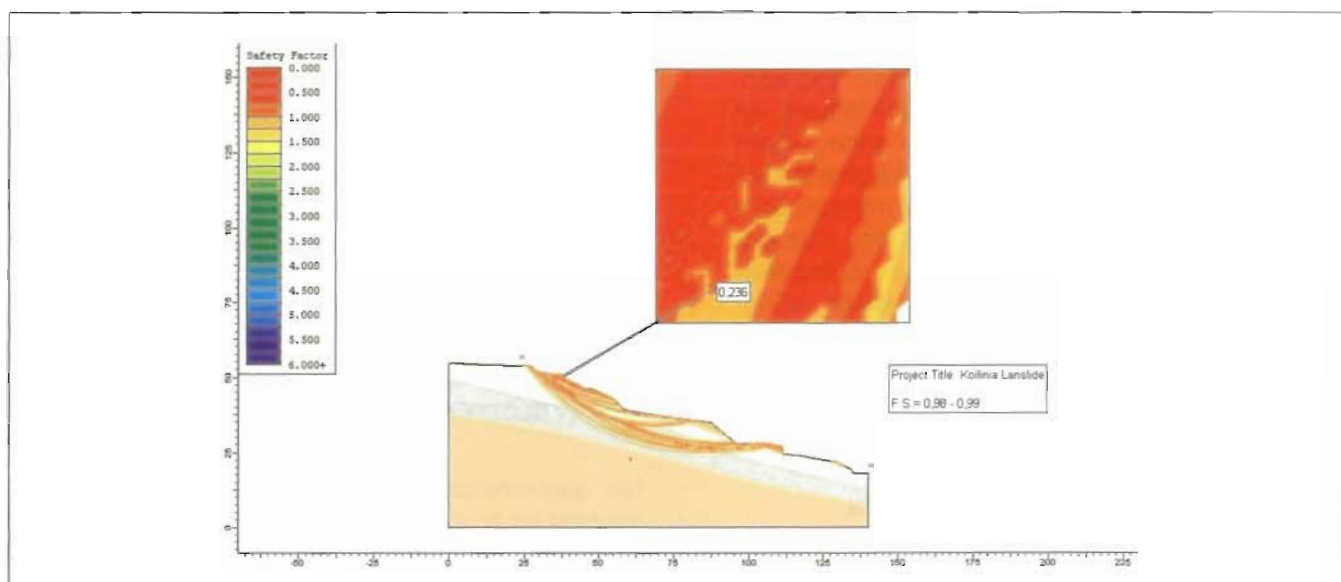
### 6.5.1. The compilation and/or the revision of geological vulnerability/suitability maps including the relevant zones

This type of work included sophisticated geologi-





**Εικ. 15: Γεωλογική Τομή κατολίθησης.**  
**Fig. 15: Landslide geological section.**



**Εικ. 16: Ανάλυση ευστάθειας ηρανούς στο δρόμο Στατού – Κοιλίνειας.**  
**Fig. 16: Slope Stability Analysis –Koiineia – Statos road**



**Εικ. 17: Κατολίθηση στον αυτοκινητόδρομο Πάφου – Λεμεσού.**  
**Fig. 17: Landslide at the Pafos-Lemesos highway.**



γικές /γεωτεχνικές έρευνες, σε περιοχές διαφόρων κοινοτήτων, στοχεύοντας στην καλύτερη και ασφαλέστερη πολεοδομική ανάπτυξη του τόπου. Σε περιοχές μερικών κοινοτήτων οι χάρτες, που εκπονήθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος μελέτης των καρστικών φαινομένων στα γυψώχα πετρώματα της Κύπρου, επανεκτιμούνται και συμπληρώνονται με τη διεξαγωγή επιφανειακών, υπόγειων και εργαστηριακών ερευνών με απώτερο στόχο την ετοιμασία αναθεωρημένων χαρτών, όπως π.χ. περιοχή Νήσου και Αραδίππου.

#### **6.5.2. Το Πρόγραμμα για την εκπόνηση μελέτης των κατολισθήσεων σε περιοχές της Επαρχίας Πάφου.**

Η αναφερόμενη μελέτη, για την οποία γίνεται λεπτομερέστερη αναφορά στο τέλος της έκθεσης αυτής, διεξήχθη σε συνεργασία με συμβουλευτικό οίκο από το Η.Β. μετά από διαγωνισμό και είχε διάρκεια 2 χρόνια. Η εργασία αυτή αποπερατώθηκε και η τελική έκθεση έχει παραληφθεί. Βασικός στόχος της σύμβασης ήταν η συστηματική και ενδελεχής μελέτη των κατολισθητικών φαινομένων στα πλαίσια της προσπάθειας του κράτους για μια πιο ορθολογική και ασφαλή πολεοδομική ανάπτυξη του τόπου. Αυτή αποσκοπούσε: 1) Στη λεπτομερή χαρτογράφηση και καταγραφή όλων των τύπων των κατολισθητικών φαινομένων στην περιοχή μελέτης, 2) στη δημιουργία γεωβάσης / αρχείου κατολισθητικών δεδομένων και 3) στην εκπόνηση χαρτών τοπογραφικής ταξινόμησης (Terrain Classification Maps), δυναμικής κατολισθητικής ευαισθησίας (Landslide Susceptibility Maps) και ενδεικτικού κινδύνου κατολίσθησης (Indicative Risk Maps).

#### **6.6. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Η ηλεκτρονική Βάση Γεωτεχνικών Δεδομένων αναπτύσσεται /ενημερώνεται συνεχώς, αφού έχουν προστεθεί νέα και παλαιότερα στοιχεία. Έγινε σύνδεση με τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών του συνόλου των 2.999 γεωτρήσεων, καθώς επίσης και 670 από το σύνολο των 2.889 εκθέσεων/μελετών. Συνεχίζεται η ψηφιοποίηση δεδομένων, που αφορούν όλες τις νέες υποθέσεις πολεοδομικών αδειών και αδειών οικοδομής σε ενιαίους χάρτες.

cal/geotechnical investigations, leading to the above maps for problematic areas and villages of Cyprus, scoping the optimization and the safety of urban development in the Island. In the areas of some villages, the vulnerability/suitability maps, which were compiled within the framework of the Study of the Karstic Phenomena Project for the gypsiferous rocks of Cyprus, have been also re-evaluated with additional surface, underground and laboratory investigations, e.g. Nisou and Aradhippou area. The final result of this re-evaluation was the production of revised geological vulnerability/suitability maps.

#### **6.5.2. The Study of Landslides in Areas of the Pafos District**

This program, for which a more detailed reference is made at the end of this Report, lasted two years and it was carried out in collaboration with consultants from the U.K.. The project was completed by the end of the year 2010. The basic objective of the contract was the systematic and detailed mapping of the landslide phenomena within the framework of the effort exerted by the government for a more proper and safe urban planning development in the Island. The goal /aim of this study was: a) detailed mapping in order to record all the types of landslide phenomena within the Study Area, b) the development of a GIS-based landslide inventory database and c) the compilation of Terrain Classification Maps, Landslide Susceptibility Maps and Indicative Risk Maps. The final report has been submitted by the consultants.

#### **6.6. GEOTECHNICAL DATABASE**

The geotechnical database is being developed and brought up to date continuously, since new entries were included in the system. The total number of 2999 borehole records was linked with GIS and also 670 out of the total number of 2889 reports. Digitization of data entry on single maps regarding the applications for new areas for town planning and building licences continues.

## 7. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το Τμήμα παρακολουθεί και μελετά τη σεισμική δραστηριότητα του κυπριακού και ευρύτερου χώρου της Ανατολικής Μεσογείου, με σκοπό τον προσδιορισμό των σεισμολογικών στοιχείων που μπορούν να βοηθήσουν στην ορθολογική εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας των διαφόρων περιοχών της Κύπρου, έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η αντιμετώπιση – μείωση των καταστρεπτικών συνεπειών τους.

Στα πλαίσια αυτά, κατά το 2010 συνεχίστηκε, σε 24ωρη βάση, η λειτουργία του Σεισμολογικού Δικτύου (Εικ. 18) και του Κέντρου Καταγραφής και Επεξεργασίας Σεισμικών Δεδομένων. Η σεισμική δραστηριότητα της Ανατολικής Μεσογείου κατά τη διάρκεια του έτους καταγράφηκε και μελετήθηκε και οι σχετικές πληροφορίες έχουν εκδοθεί σε μηνιαία σεισμολογικά δελτία, τα οποία πέραν από την αποστολή τους σε περιφερειακά σεισμολογικά κέντρα και σε τοπικές αρχές και υπηρεσίες, έχουν δημοσιευτεί και στην ιστοσελίδα του Τμήματος. Συνεχίστηκε επίσης η ανταλλαγή δεδομένων στα πλαίσια της συνεργασίας του Τμήματος με διεθνή και ευρωπαϊκά σεισμολογικά ινστιτούτα.

### 7.1. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΟ 2010

Η Κύπρος βρίσκεται στο νοτιότερο τμήμα της πλάκας της Ανατολίας (Κυπριακό σεισμικό τόξο), το οποίο αποτελεί τα όρια σύγκρουσης της Αφρικανικής με την Ευρω-ασιατική Πλάκα. Το σεισμολογικό κέντρο κατά το 2010 έχει καταγράψει συνολικά 586 σεισμούς, από τους οποίους οι 347 ήταν τοπικοί (απόσταση μέχρι και 300 km από την κεντρική Κύπρο), οι 101 ήταν περιφερειακοί (απόσταση 300-1000 km από την Κύπρο) και οι 138 ήταν μεγάλου μεγέθους τηλεσεισμοί (απόσταση πέραν των 1000 km από την Κύπρο). Η χωρική κατανομή των γεγονότων αυτών παρουσιάζεται στην Εικόνα 19 (η άσπρη γραμμή διαγράφει τα όρια των τεκτονικών πλάκων της περιοχής και τα άσπρα βέλη αναπαριστούν την κίνηση των πλάκων αυτών σε σχέση με την Ευρω-ασιατική πλάκα, η οποία βρίσκεται στα βόρεια των ορίων του χάρτη) και στην Εικόνα 20 (τα πιθανώς ενεργά ρήγματα στο χερσαίο χώρο φαίνονται με χρώμα πορτοκαλί, ενώ τα κόκκινα αστέρια παρουσιάζουν τα επίκεντρα των αισθητών σεισμών με πληροφόρηση για την ημερομηνία, ώρα εκδήλωσης, καθώς και του μεγέθους του). Από το σύνολο των σεισμών αυτών, πέντε σεισμοί έγιναν ελαφρά αισθητοί (Πίνακας 1, Εικ. 20) από τους οποίους δύο έγιναν αισθητοί στην επαρχία Λεμεσού, δύο στην επαρχία Λάρνακας και ένας στην επαρχία Λευκωσίας. Δεν έγινε αισθητός στην Κύπρο οποιοσδήποτε από τους περιφερειακούς σεισμούς.

Συνεχίστηκε η αυξημένη σεισμική δραστηριότητα της

## 7. SEISMOLOGICAL NETWORK

The Department monitors and studies the seismic activity of the Cyprus and the wider eastern Mediterranean areas, with the purpose of defining the seismological elements that can assist in the correct evaluation of the seismic risk of various areas across Cyprus, in such a way as to make possible the reduction of its destructive consequences.

In this framework, the network of seismological stations (Fig. 18) and the data acquisition and processing centre continued their operation on a 24-hour basis throughout 2010. The seismic activity of Eastern Mediterranean has been monitored and studied while detailed seismological bulletins have been shared with local authorities and services, other regional and international seismological institutions and have been published on the Department's website.

### 7.1. EARTHQUAKES RECORDED IN 2010

During 2010 the Seismological Center recorded in total 586 earthquakes, 347 of which were local (epicentres within 300km from Cyprus), 101 were regional (epicentres between 300 and 1000km from Cyprus) and 138 were large-magnitude teleseismic events (distance beyond 1000km from Cyprus). The spatial distribution of events is displayed in Fig. 2 (the tectonic plate boundaries are denoted by the white solid line, while the plate motions with respect to the Eurasian plate, which is situated to the northern boundaries of the map, are represented by white arrows) and Fig. 3 (the orange lines denote the possibly-active inland faults of Cyprus, whereas the red stars denote the epicenters of the felt earthquakes which are listed in Table 1 and the label contains the date, time (UTC) and magnitude of each event). Five earthquakes in total were felt in Cyprus during 2010 (Table 1, Fig. 20) in the districts of Larnaca, Lemesos and Lefkosia. None of the regional earthquakes were felt in Cyprus.

The seismic activity of the eastern Hellenic Arc and the western Cyprus Arc which had been observed to be increased during 2009, remained at similar

Ανατολικής Μεσογείου, η οποία παρατηρήθηκε κατά το 2009 σε σχέση με προηγούμενα έτη, τόσο στο ανατολικό ελληνικό σεισμικό τόξο και το Αιγαίο πέλαγος, όσο και στο δυτικό κυπριακό σεισμικό τόξο (Εικ. 19).

## 7.2. ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

Κατά τη διάρκεια του έτους ολοκληρώθηκε το πρώτο στάδιο εκσυγχρονισμού των εγκαταστάσεων του Σεισμολογικού Κέντρου Καταγραφής και Ανάλυσης. Στο πρώτο αυτό στάδιο, με τη συνεργασία σεισμολογικών ινστιτούτων στο Ισραήλ και στη Γερμανία, έχει αναβαθμιστεί το δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών το οποίο στηρίζει τη λειτουργία του σεισμολογικού κέντρου. Τα επόμενα στάδια, τα οποία αναμένεται να ολοκληρωθούν τα προσεχή έτη, αφορούν την πλήρη αναβάθμιση και επέκταση του δικτύου σεισμολογικών σταθμών με νέα όργανα (ψηφιακά και ευρέως φάσματος), του συστήματος μετάδοσης σεισμικών δεδομένων (με χρήση δορυφόρου), καθώς επίσης και των λογισμικών λήψης και επεξεργασίας των σεισμικών δεδομένων.

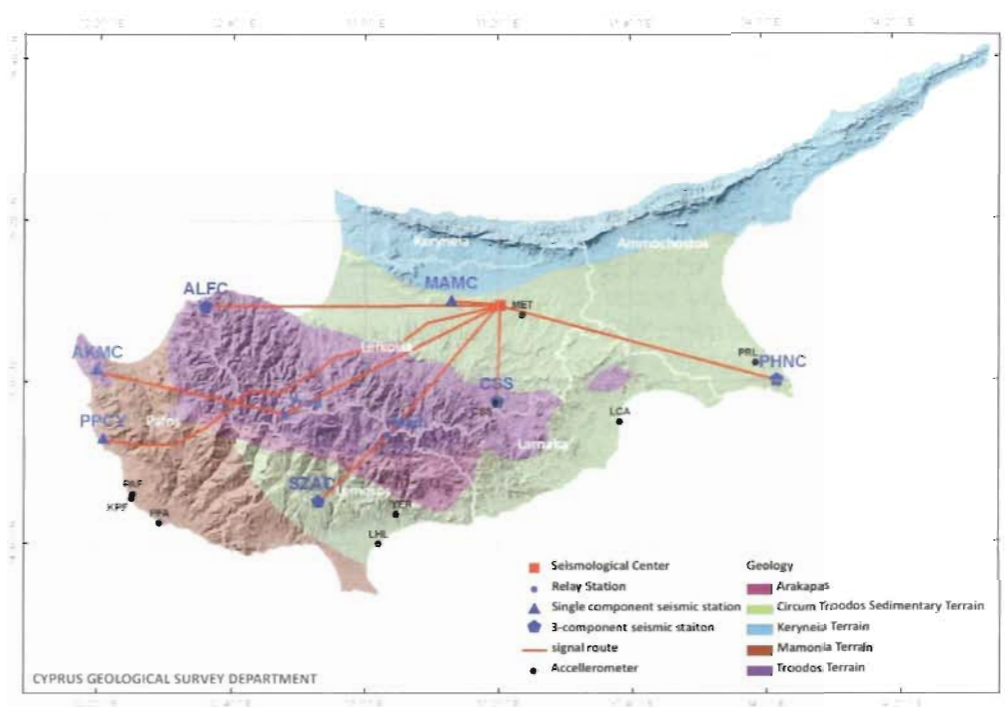
Έχει επίσης αναδιαρθρωθεί η ενότητα «Σεισμοί» της ιστοσελίδας του Τμήματος και έχει επικαιροποιηθεί με σεισμολογικά δεδομένα, πίνακες, χάρτες, εκθέσεις και άρθρα για την καλύτερη και πιο άμεση ενημέρωση του κοινού. Ως αποτέλεσμα, το επίπεδο και η αμεσότητα της εξυπηρέτησης των υπηρεσιών, οργανισμών, μέσων μαζικής ενημέρωσης, πανεπιστημίων και πολιτών σε θέματα συναφή με τους σεισμούς, έχει βελτιωθεί σημαντικά.

levels throughout 2010.

## 7.2. THE SEISMOLOGICAL CENTRE UPGRADE

Cyprus belongs to the southern part of the Anatolian plate (Cyprus Seismic Arc) which constitutes the collision boundary between the African and Anatolian-Eurasian plates. During 2010 the first stage of the Seismological Centre upgrade was completed. This involved an upgrade of the computer network which supports the acquisition and analysis of seismological data. The next steps involve a full upgrade and expansion of (1) the current seismological stations with digital, broadband seismometers and accelerometers, (2) the data communication system (using satellite services) and (3) the software which supports data acquisition and processing in compatibility to the new systems.

The "earthquakes" section of the departmental website was restructured and updated with earthquake information, seismological bulletins, maps and articles. Feedback from users of the website has shown that the services offered by the Seismological Centre to the public has improved both quality-wise and time-wise.



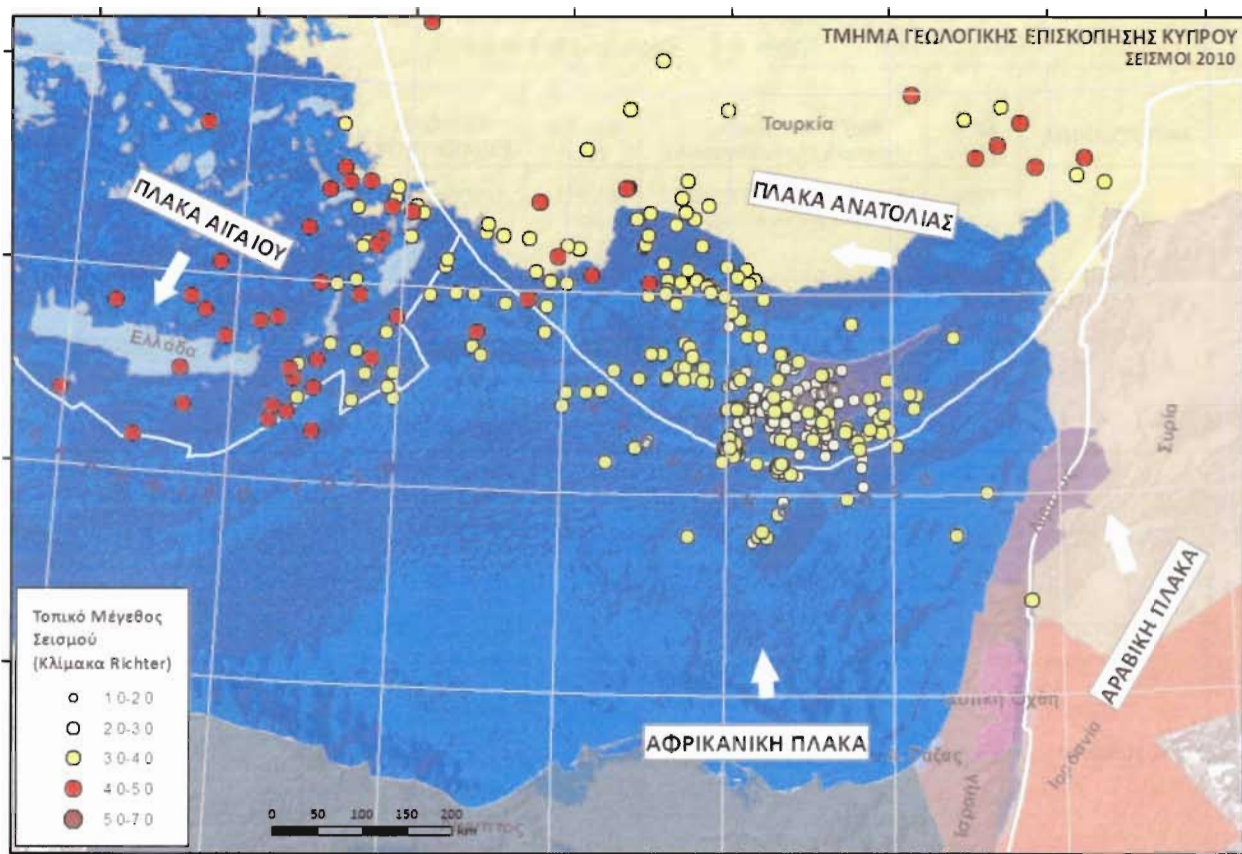
Εικ. 18: Το σεισμολογικό δίκτυο της Κύπρου.

Fig. 18: The Seismological Network of Cyprus.



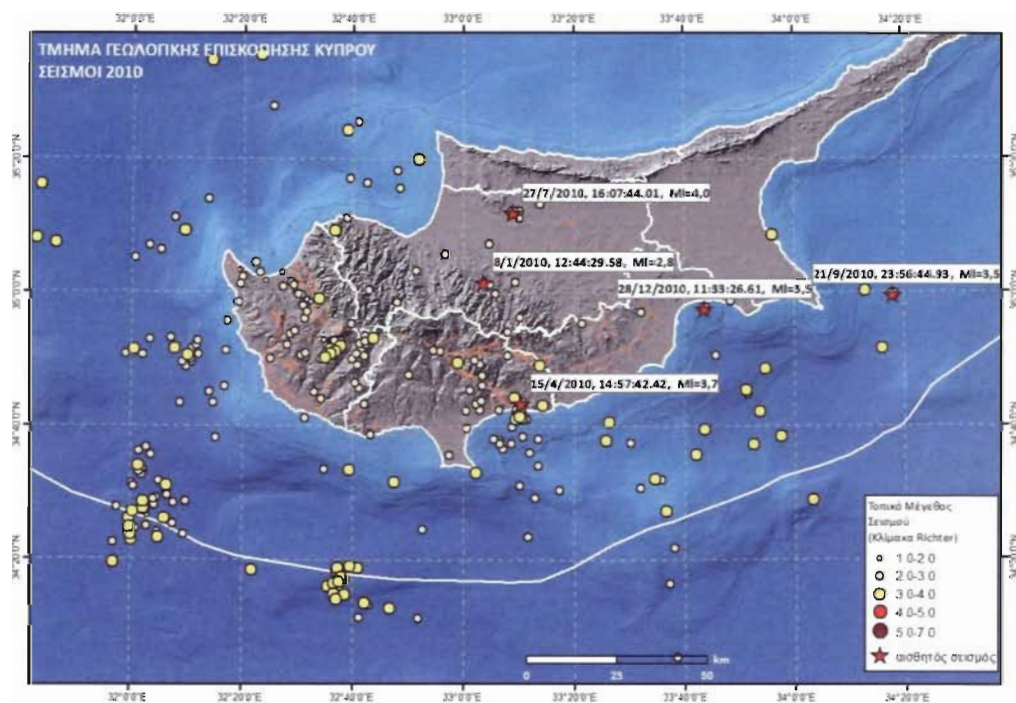
Πίνακας 1: Αισθητοί σεισμοί κατά το 2010.  
Table 1: Earthquakes felt in 2010.

A/A	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ DATE	ΩΡΑ (UTC) TIME (UTC)	ΜΕΓΕΘΟΣ/ΕΝΤΑΣΗ (κλίμακα Ρίχτερ/Μερκάλλι) MAGNITUDE/INTENSITY (Richter/Mercalli scale)	ΒΑΘΟΣ (χλμ) DEPTH (km)	ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΙΚΕΝΤΡΟΥ EPICENTRAL AREA	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	COMMENTS
1	2010/04/15	17:58	3,7 / III	5	Παρεκκλησιά- Πύργος Λεμεσού. Parekklesia- Pyrgos (Lemesos).	Ο σεισμός έγινε ελαφρά αισθητός στην επαρχία Λεμεσού. Δεν έχουν αναφερθεί ζημιές.	Lightly felt in Lemesos district. No damage has been reported.
2	2010/07/27	19:08	4,0 / III	54	Δένεια- Σκυλλούρα Λευκωσίας. Denia- Skyloura (Lefkosia).	Ο σεισμός έγινε αισθητός στην επαρχία Λευκωσίας. Δεν έχουν αναφερθεί ζημιές.	Lightly felt in Lefkosia district. No damage has been reported.
3	2010/09/21	23:42	3,4 / II	5	Θαλάσσια περιοχή, 3 χλμ. νότια των ακτών της Μονής Λεμεσού. Off-shore, 3 km south of Moni (Lemesos).	Ο σεισμός έγινε ελαφρά αισθητός στην επικεντρική περιοχή. Δεν έχουν αναφερθεί ζημιές.	Lightly felt in epicentral area. No damage has been reported.
4	2010/09/22	02:57	3,5 / III	10	Θαλάσσια περιοχή, 15 χλμ. ανατολικά του Παραλιμνίου. Off-shore, 15 km east of Paralimni.	Ο σεισμός έγινε ελαφρά αισθητός στο Παραλίμνι, Αγία Νάπα και Λάρνακα. Δεν έχουν αναφερθεί ζημιές.	Lightly felt in Paralimni, Agia Napa and Larnaca. No damage has been reported.
5	2010/12/28	13:33	3,5 / III	10	Θαλάσσια περιοχή, 5 χλμ νότια των ακτών της Πύλας Λάρνακας. Off-shore, 5 km south of Pyla (Larnaca).	Ο σεισμός έγινε ελαφρά αισθητός στην επικεντρική περιοχή. Δεν έχουν αναφερθεί ζημιές.	Lightly felt in epicentral area. No damage has been reported.



Εικ. 19: Χωρική κατανομή των 448 τοπικών και ως προς το μέγεθος, των επικέντρων των σεισμικών γεγονότων που έχουν καταγραφεί από το σεισμολογικό κέντρο του Τμήματος κατά το 2010.

Fig. 19: Spatial distribution of the 448 local and regional earthquakes recorded by the Seismological Centre during 2010.



Εικ. 20: Χωρική κατανομή, ως προς το μέγεθος, των τοπικών σεισμών της Κύπρου που έχουν καταγραφεί από το Σεισμολογικό Κέντρο του Τμήματος κατά το έτος 2010.

Fig. 20: Spatial distribution of the local earthquakes recorded by the Seismological Centre during 2010.



### 8.1. ΧΗΜΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Το χημικό εργαστήριο διεξάγει αναλύσεις και δοκιμές, που σχετίζονται με τις διάφορες δραστηριότητες του Τμήματος όπως είναι η παρακολούθηση των υπόγειων υδάτων και ο έλεγχος των δομικών υλικών στα πλαίσια της επιτήρησης της Κυπριακής αγοράς, π.χ. αμμοχαλίκων, τσιμέντου, τούβλων, πρόσμικτων σκυροδέματος και σκυροδέματος. Ασχολείται επίσης με διάφορες πτυχές της περιβαλλοντικής γεωχημείας και συντονίζει και διεξάγει μελέτες, που έχουν σχέση με τη ρύπανση του εδάφους και τη ρύπανση των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων από γεωργική, οικιακή και βιομηχανική δραστηριότητα. Το Χημείο του Τμήματος αποτελείται από το εργαστήριο γενικών αναλύσεων νερού, το εργαστήριο ελέγχου δομικών υλικών και αναλύσεων εδαφών και το εργαστήριο προπαρασκευής δειγμάτων.

Το Χημείο διαθέτει σύγχρονο εξειδικευμένο εξοπλισμό όπως: Αέριους χρωματογράφους, ιοντικούς χρωματογράφους, φασματοσκόπιο φθορισμού με ακτίνες Χ, φασματοσκόπια επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος ατομικής εκπομπής, φασματοσκόπιο ακτίνων γ, μετρητή α σωματιδίων, αυτόματο αναλυτή άνθρακα – θείου και σύστημα διάσπασης εδαφικών δειγμάτων με χρήση μικροκυμάτων.

#### 8.1.1. Ποιότητα αναλυτικών υπηρεσιών-Διαπίστευση

Μέσα στο 2010 το Χημείο του Τμήματος έχει διεξέλθει με επιτυχία τη δεύτερη προγραμματισμένη επιτήρηση από τον Κυπριακό Οργανισμό Προώθησης της Ποιότητας (ΚΟΠΠ) για επανέκδοση του πιστοποιητικού διαπίστευσης κατά ISO 17025. Το πεδίο διαπίστευσης του Χημείου έχει διευρυνθεί για να συμπεριλαμβάνει δέκα συνοδικά μεθόδους ανάλυσης και καλύπτει τα πεδία των νερών, των δομικών υλικών και των εδαφών για ενόργανες και κλασσικές μεθόδους ανάλυσης.

### 8.1. CHEMICAL LABORATORY

The Chemical Laboratory specializes in carrying out environmental and geochemical investigations, which are related to ground water pollution, contamination of soils, cement, aggregate quality control and management of hazardous materials.

The chemical laboratory of the Geological Survey Department is accredited for a series of chemical parameters and operates according to the ISO 17025 standard. These parameters cover the main interests of the Department, namely water, soil and construction materials. Accreditation aims towards improving the standards and quality of services that the laboratory provides to its customers and ensuring that the laboratory's results are defensible under the Republic's legal framework.

The chemical laboratory is equipped with specialized analytical instruments such as gas chromatographs, ion chromatographs, energy dispersive x-ray fluorescence spectrometer (XRF), two induced couple plasma spectrometers (ICP-AES), digital gamma-ray spectrometer with Germanium detector (HPGe), alpha-spectrometer, automatic carbon-sulphur analyzer and a microwave digestion apparatus.

#### 8.1.1. Quality of analytical services – Accreditation

During 2010 the chemical laboratory has successfully undergone its second audit by the Cyprus Organization for the Promotion of Quality (CYSAB) for reissuance of its accreditation certificate according to ISO 17025. The accreditation scope of the laboratory has been expanded and includes ten methods of analysis which cover all main fields of operation including water, construction material and soil analysis.



Πίνακας 2 :Πεδίο Διαπίστευσης Χημείου ΤΓΕ .  
Table 2 :Accreditation Scope of Chemical Laboratory .

A/A	ΜΕΘΟΔΟΣ METHOD	ΠΡΟΤΥΠΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ISO STANDARD	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ METHODOLOGY	ΠΕΔΙΟ FIELD OF ANALYSIS
1	Προσδιορισμός Ολικού Θείου Total sulfur measurement	Tests for Chemical Properties of Aggregates. Part I: Chemical Analysis Εσωτερική Μέθοδος	Σταθμική Gravimetric	Φυσικά ή Σπαστά Αμμοχάλικα Aggregates
2	Προσδιορισμός Θειικών ιόντων Sulfate ions measurement	Methods of testing cement-Part 2:Chemical analysis of cement. CYS EN 196-2:2005 § 8	Σταθμική Gravimetric	Τσιμέντο Cement
3	Προσδιορισμός Ενεργού οξύτητας pH measurement	Water quality-Determination of pH. ISO 10523:2008	Πεχάμετρο pH meter	Νερά Water
4	Προσδιορισμός Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Electrical Conductivity measurement	Water quality. Method for the determination of Electrical Conductivity. CYS EN 27888:1993	Αγωγιμόμετρο Conductivity meter	Νερά Water
5	Προσδιορισμός Χλωριούχων ιόντων Chloride ions determination	Water quality—Determination of Chloride-Silver Nitrate Titration with chromate indicator (Mohrs method) ISO 9297:1989	Τιτλοδότηση Titration	Νερά Water
6	Προσδιορισμός Χλωριούχων, Νιτρικών και Θειικών ιόντων Chloride, Nitrate, and Sulfate ions determination	Water quality-Determination of Dissolved anions by Liquid Chromatography of Ions- Part 1: Determination of Bromide, Chloride, Fluoride, Nitrate, Nitrite, Phosphate and Sulfate CYS EN ISO 10304-1:2009	Ιοντική χρωματογραφία Ion chromatography	Νερά Water
7	Προσδιορισμός διαλελυμένου Βορίου Determination of Boron	Water Quality- Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES). CYS EN ISO 11885:2009	Επαγωγικά Συζευγμένο Πλάσμα (ICP-OES) Induced Coupled Plasma Spectroscopy	Νερά Water
8	Προσδιορισμός Υδατοδιαλυτών Χλωριούχων Αλάτων με την μέθοδο Volhard Chloride ions determination	Tests for Chemical Properties of Aggregates. Part I: Chemical Analysis CYS EN 1744-1:2009 § 7	Τιτλοδότηση Titration	Φυσικά ή Σπαστά Αμμοχάλικα Aggregates
9	Προσδιορισμός Ολικού Άνθρακα μετά από ξηρή καύση Total Carbon by dry combustion	Soil Quality- Determination of organic and total carbon after dry combustion. ISO 10694:1995	Αυτόματος Αναλυτής Άνθρακα Automatic Carbon analyser	Έδαφος Soils
10	Προσδιορισμός Ολικής και Σύνθετης Αλκαλικότητας Alkalinity Determination	CYS EN ISO 9963-1: 1996, Water quality, Determination of alkalinity – Part 1. Determination of total and composite alkalinity	Τιτλοδότηση Titration	Νερά Water

Βασικό στοιχείο του συστήματος διαχείρισης της ποιότητας και του προτύπου ISO 17025 είναι ο ενδοεργαστηριακός (εσωτερικός) και ο διεργαστηριακός (εξωτερικός) έλεγχος. Στα πλαίσια του ελέγχου της ποιότητας των δοκιμών του το Χημείο έχει λάβει μέρος με επιτυχία σε τρεις συμμετοχές σε ευρωπαϊκά διεργαστηριακά προγράμματα ελέγχου δεξιοτήτων. Τα προγράμματα αυτά έγιναν με διεθνείς φορείς στα πεδία των νερών, των εδαφικών δειγμάτων και των σκύρων. Επίσης γίνονται συνεχείς εκπαιδεύσεις για την αναγκαία τεκμηρίωση της τεχνικής επάρκειας του προσωπικού, που χειρίζεται τις εν λόγω μεθόδους.

#### **8.1.2. Δοκιμές / Μετρήσεις**

Το Χημείο ανέλαβε αναλύσεις προγραμμάτων του Τμήματος, όπως της νιτρορύπανσης, για παρακολούθηση της ποιότητας των υπόγειων και επιφανειακών νερών, της επιτήρησης της κυπριακής αγοράς για τα δομικά υλικά που συντονίζει το Υπουργείο Εσωτερικών και των προγραμμάτων κατασκευής υδατικών έργων. Επίσης ανέλαβε πρόγραμμα για ανάληψη περιεκτικότητας μολύβδου σε δείγματα ούμπρας προς εξαγωγή και δειγματοληψίες και αναλύσεις κύριων στοιχείων ιχνοστοιχείων, ολικού άνθρακα, οργανικού άνθρακα και δυναμικού εξουδετέρωσης εδαφικών δειγμάτων για τη σύμβαση προετοιμασίας τεχνοοικονομικής μελέτης αποκατάστασης του μεταλλείου Κοκκινόπεζου. Παράλληλα, συνέχισε την παρακολούθηση της ποιότητας της βροχής μέσα στα πλαίσια του προγράμματος EMEP, που συντονίζεται από το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας. Κατά το 2010 έχουν αναλυθεί εδαφικά δείγματα για άνθρακα και θείο, για διαλυτά άλατα και κύρια στοιχεία με την μέθοδο Φθορισμού Ακτινών Χ (XRF), τα οποία εντάσσονται στις υποχρεώσεις του Τμήματος μέσα στα πλαίσια της σύμβασης για την εκπόνηση του Γεωχημικού Άτλαντα της Κύπρου.

#### **8.1.3. Ο Γεωχημικός Άτλαντας της Κύπρου**

Στα πλαίσια του πεδίου της Περιβαλλοντικής Γεωλογίας / Γεωχημείας το Χημείο ασχολήθηκε με την υλοποίηση της σύμβασης για την εκπόνηση του Γεωχημικού Άτλαντα της Κύπρου, η οποία προνοεί πενταετές πρόγραμμα, το οποίο περιλαμβάνει δειγματοληψίες εδάφους από 5.500 σημεία και αναλύσεις, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ανόργανων στοιχείων και άλλων παραμέτρων. Μέσα στο 2010 έχει υποβληθεί η Πέμπτη Έκθεση Προόδου σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα του συμβολαίου, που έχει υπογραφεί. Η εν λόγω έκθεση έχει κριθεί από το Τμήμα ως ικανοποιητική και αντιπροσωπευτική της δουλειάς που έχει διεκπεραιωθεί στο χρονικό διάστημα που πέρασε. Έχει ολοκληρωθεί το πρόγραμμα των αναλύσεων με 15.000 συνολικά αναλύσεις, που περιλαμβάνουν διάφορες τεχνικές (ICP INAA, XRF κ.ά.). Τα αποτελέσματα έχουν περάσει από ενδελεχή έλεγχο με βάση τα πρωτόκολλα ποιότητας, που έχουν καθοριστεί και η

An integral part of accreditation is the intra-laboratory (internal) and inter-laboratory (external) audit. Within the external audit effort the laboratory has participated successfully in three European rounds of proficiency testing (PT) through internationally recognised PT providers in the fields of water construction material and soil analysis.

#### **8.1.2. Analytical Measurements**

During 2010 the chemical laboratory has undertaken programs run by the Geological Survey Department and include the program for monitoring ground waters for nitrogen vulnerable zones, the program for construction material monitoring of the Cyprus market which is coordinated by the Ministry of the Interior and the programs for constructing new dams. Additionally, it has undertaken programs for measuring Lead in lumber destined for export and has undertaken sampling and analysis of soil samples for total and organic carbon and buffering capacity for the program of preparing the techno-economic study for regeneration of the Kokkinopezoula mine. The laboratory has continued the monitoring of rain water for various major and trace elements an effort coordinated by the Department of Labour Inspection. Finally, the laboratory has analysed soil samples for total and organic carbon, sulphur and major elements within the project of compilation of the Geochemical Atlas of Cyprus for defining soil background values.

#### **8.1.3. Geochemical Atlas of Cyprus**

Within the scope of environmental geochemistry the chemical laboratory has been involved in the project for the compilation of the Geochemical atlas of Cyprus – a five-year project which is aiming at defining geochemical background values for the soils of Cyprus by creating a multi-purpose geochemical atlas which will be used as the basis for land usage and administration and for the conception of further detailed studies in environmentally aggravated areas. The study has been conducted, since April 2006, in collaboration with the University of New North Wales in Australia. The project includes soil sampling from 5500 sites (top and bottom sample from each point) and analysis for some 60 chemical elements with state of the art analytical techniques (ICP, INAA) and other physicochemical parameters such as pH, conductivity and loss on ignition. Within 2010 the Fifth Progress Report has been submitted by the consultants of the project which has been approved by the Geological Survey Department. The analytical program of the project has been completed, the data has undergone stringent checks through



προκαταρκτική ψηφιακή βάση δεδομένων έχει παραδοθεί στο Τμήμα μαζί με όλο το φωτογραφικό υλικό. Έχουν επίσης παραδοθεί στο Τμήμα προκαταρκτικά αποτελέσματα χαρτών της διασποράς 15 περίπου χημικών στοιχείων. Παράλληλα έχει προχωρήσει η διαδικασία προετοιμασίας και ανάλυσης των δειγμάτων του Γεωχημικού Άτλαντα για τις παραμέτρους, που έχει δεσμευτεί να αναλύσει το Τμήμα μέσα από τη σύμβαση. Το πρόγραμμα αναμένεται να ολοκληρωθεί περί τα μέσα του 2011 και το Τμήμα προγραμματίζει τη διοργάνωση διεθνούς συμποσίου για παρουσίαση των αποτελεσμάτων του άτλαντα στις 5-7 Σεπτεμβρίου του 2011.

agreed quality protocols and the preliminary dataset has been submitted to the Department along with the photographic and other material. Preliminary maps of the distribution of some 15 chemical elements have also been constructed. At the same time the Department's chemical laboratory has progressed with the analyses of parameters it has undertaken, such as total and organic carbon soluble salts and major elements by X-ray Fluorescence.



**Εικ. 21: Ταυτόχρονη διάσπαση εδαφικών δειγμάτων με μείγματα πυκνών οξέων.**  
*Fig. 21: Simultaneous digestion of soil samples using strong acid leaching*

## **8.2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ**

Στο εργαστήριο Μηχανικής Γεωλογίας και Βιομηχανικών Ορυκτών διεξήχθησαν 460 δοκιμές σε 223 επιλεγμένα δείγματα εδάφους και βράχου, που αφορούσαν τις γεωλογικές /γεωτεχνικές έρευνες διαφόρων έργων, κυρίως για το πρόγραμμα των κατολισθήσεων Πάφου, την αναθεώρηση των χαρτών για ζώνες γεωλογικής καταληλιότητας, διάφορους δρόμους και για διάφορες περιοχές κατολισθήσεων.

## **8.2. ENGINEERING GEOLOGY AND INDUSTRIAL MINERAL LABORATORY**

In the Engineering Geology and Industrial Mineral Laboratory, 460 tests were carried out on 223 selected soil and rock samples, for the purposes of geological/geotechnical investigation of various projects. These projects include mainly the work dealing with the Programme "Study of landslides in areas of Pafos District", the revision /compilation of maps within the areas suffering from geological problems, various roads, roundabouts, and landslides in various areas.



Εικ. 22: Διεξαγωγή Τριαξονικής Δοκιμής.  
Fig. 22: Triaxial test.

## 9. ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Το Τμήμα λειτούργησε έξι γεωτρητικά εργοτάξια εξοπλισμένα με περιστροφικά, κρουστικά και δειγματοληπτικά γεωτρήματα και ένα συνεργείο δοκιμαστικών αντλήσεων για εξυπηρέτηση των διαφόρων εργασιών και ερευνητικών προγραμμάτων του.

Τα εργοτάξια του Τμήματος προέβησαν στην ανόρυξη και διεύρυνση είκοσι γεωτρήσεων για σκοπούς υδρογεωλογικής έρευνας συνολικού μήκους 3.711 μέτρων. Άλλες δεκαεπτά γεωτρήσεις συνολικού μήκους 4.911 μέτρων ανορύχθηκαν και διευρύνθηκαν από ιδιώτες διατηρητές μέσω σύμβασης.

Σε είκοσι επτά επιτυχείς υδρογεωτρήσεις έγιναν δοκιμαστικές αντλήσεις με στόχο τον καθορισμό της ασφαλούς απόδοσής τους. Έγιναν επίσης διάφορες εργασίες συντήρησης.

Πέραν των υδρογεωτρήσεων τα δύο εργοτάξια δειγματοληπτικών γεωτρήσεων διεξήγαγαν είκοσι επτά γεωτρήσεις για σκοπούς γεωλογικής, γεωτεχνικής και κοιτασματολογικής έρευνας.

## 9. DRILLING

The Department operated six drilling worksites equipped with rotary, percussion and core rigs, as well as a pumping test group for service of various work and its research programs.

The drilling crews of the Department drilled 20 wells for hydrogeological research purposes reaching an overall length of about 3.711 metres. Further 17 drill holes were drilled by private drillers on a contract basis reaching an overall length of about 4.911 metres.

During 2010, in successful hydrogeological boreholes 27 pumping tests were carried out aiming at the determination of their safe yield. Various maintenance work was conducted too.

Apart from the above, the two core rigs groups drilled 27 drill holes for broader geological, geotechnical and mineral exploration research purposes.



## 10. ΕΚΔΟΣΕΙΣ

Εκδόσεις του Τμήματος μέσα στο 2010:

- Η δίγλωσση Ετήσια Έκθεση του Τμήματος για το 2009 (στην Ελληνική και στην Αγγλική).
- Ενημερωτικό τρίπτυχο για το κοινό (στην Ελληνική) με θέμα «Προστασία των νερών από την νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης».
- Δίγλωσσο Ενημερωτικό τρίπτυχο για το κοινό (στην Ελληνική και στην Αγγλική) με θέμα «Αποκατάσταση περιβάλλοντος στο μεταλλείο Αμιάντου» (επανεκδοση).

Επίσης, Λειτουργοί του Τμήματος δημοσίευσαν διάφορα άρθρα στα έντυπα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης και στο περιοδικό «ΑΓΡΟΤΗΣ» του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος και επιπλέον, παρουσιάστηκαν αρκετές φορές σε ενημερωτικές εκπομπές των ραδιοτηλεοπτικών μέσων της Κύπρου.

## 10. PUBLICATIONS

The Department's publications in 2010 include:

- The bilingual Annual Report of the Department for 2009 (in Greek and English).
- A brochure in Greek intended for the public titled "Water protection against nitropollution of agricultural origin".
- A bilingual brochure (in Greek and English) aimed for the public titled "Environmental Rehabilitation of the Asbestos Mine" (reprint).

Furthermore, members of the staff of the Department published various articles in the media and the "AGROTIS" journal of the Ministry of Agriculture, Natural Resources and the Environment and also participated in radio and television discussion programmes.

## 11. ΜΕΛΕΤΕΣ - STUDIES

### 11.1. Study of landslides in areas of Pafos District - Synopsis of results - Next objectives

Maria Efthymiou and Kleopas Hadjicharalambous

#### Abstract

The long time persisted slope instability and landslide phenomena cause serious problems on many mountainous and hilly areas of Pafos District. For these reasons the Geological Survey Department (G.S.D.) decided to promote implementation of the Program "Study of Landslides in Areas of Paphos District".

The most landslide-prone terrain in Cyprus occurs in the Paphos District. The landslide activity is mainly

caused by high relief- steep slopes, intense rainfalls, and periodic earthquakes coinciding with exceptionally weak rocks. In the long history of landslide activity in Pafos, many buildings, rural roads, water supply and irrigation systems and large rural area have been impacted, hence some villages being re-located. Since 1970's Pafos region has witnessed very rapid development related to tourism, property investment and associated infrastructure. Much of this development has encroached onto unstable or potentially unstable slopes, thereby increasing the risk posed to life and infrastructure in the region.

This Program lasted for two years and was carried out in collaboration with consultants from the U.K. The whole work, a contract of €222.000, was completed in November of the year 2010. The basic objective of the contract was the systematic and detailed mapping of the landslide phenomena in areas of Pafos, within the framework of the effort made by the government for a more proper and safe Urban Planning Development in the Island.



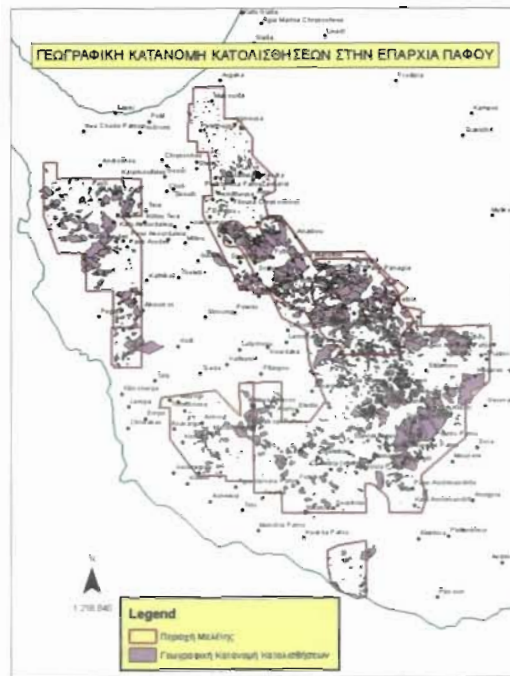


Fig. 1: Landslide Distribution Map.

## Derived Work - Aim of the Contract

The main derived work, within the framework of the Study was as follows:

- ✓ Development of a GIS-based landslide inventory database

This development was based on the study and the interpretation of the aerial photos, as well as on the analyses and interpretation of digital satellite images by using appropriate software programs, and further

more on field mapping and ground investigation, including laboratory testing.

- ✓ Landslide Distribution Map
- ✓ Terrain Classification, Landslide Susceptibility and "Indicative Risk" Maps

The landslide inventory data, supported by field observation, helped the work dealing with the distribution of landslides and also the assessment of the levels of landslide susceptibility, hazard and risk across the Project Study Area, and, consequently, the preparation of the above mentioned maps.

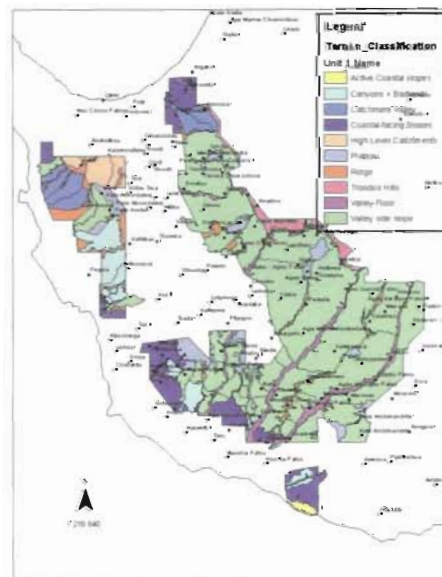


Fig. 2: Terrain Classification Map.

## Main Study Findings

### ✓ Extension of Landslide Area

In the Study Area about 1842 landslides have been identified, classified and mapped, as shown in the Landslide Distribution Map, which covers almost 25% of the combined study area.

### ✓ Landslide Factors

Analysis of the landslide inventory data, supported by field observation, has highlighted the relationships between the landslides, topography and geology of the Project Study Area, and confirmed that landslide activity poses a potential risk to both current and possible future infrastructure. It has also shown that the landslide distribution within the study areas primarily arises from the following factors:

- The presence of broad upland plateau comprising of highly permeable rocks,
- Commonly overlying extensive weak to very weak, highly plastic, highly sheared and fissured argillaceous rocks, which show marked shrink-

swell behaviour,

- The high levels of rainfall which often occur as intense rainstorm events,
- The occurrence of occasional strong earthquakes,
- High relief with steeply inclined slopes, relative to material strength,
- The development of perched water tables within slopes, including springs and seepages at the contact between chalk or limestone caps and underlying weak material, and the presence of fault and shear zones, causing locally weaker rocks favourable to water concentration,
- The presence of marl/mudstones within more competent geological Units,
- The undercutting of steep slopes by river and stream erosion, and
- Human activity, including cutting /filling, as well as the removal of vegetation cover leading to increased surface runoff and erosion rates on slopes, so the equilibrium regime of the terrain is changed.

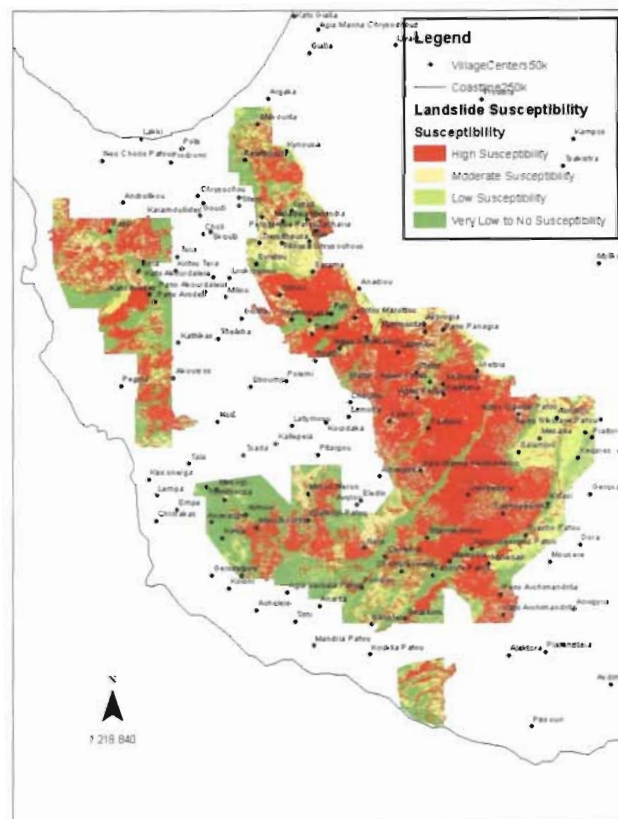


Fig. 3: Landslide Susceptibility and Indicative Risk Map.

## Suggested measures for limitation of landslide-prone areas

The following measures are recommended for limitation of landslide-prone areas, having in mind various affecting factors, e.g. the applicability of specific recommendations for landslide stability application, the development or even the infrastructure risk level, the sociable adjustment and finally the cost of the applicable works:

- Control of surface runoff and of groundwater,
- Slope remedial works,
- Erosion protection,
- Soil-water regime preservation,
- Strengthening of slopes

## Use of Study

### The immediate Future Targets of G.S.D.

- The study results utilization and the work that will follow by G.S.D for the preparation of geological suitability maps in the framework of its effort and furthermore the State effort for a more rationalist and safe urban development. This will contribute effectively to the socio-economic welfare of the affected regions and settlements and to the upgrading of life quality of its inhabitants. The geological suitability maps will help the Department of Town Planning and Housing and also the District Offices in the field of urban and building permissions and urban planning zones as well. Furthermore these maps will help the Departments, e.g. Water Development Department (W.D.D.) and Public Works Department (P.W.D.), dealing with the design and or the construction of infrastructure in the Island, as well as the Chamber of Engineers in Cyprus,

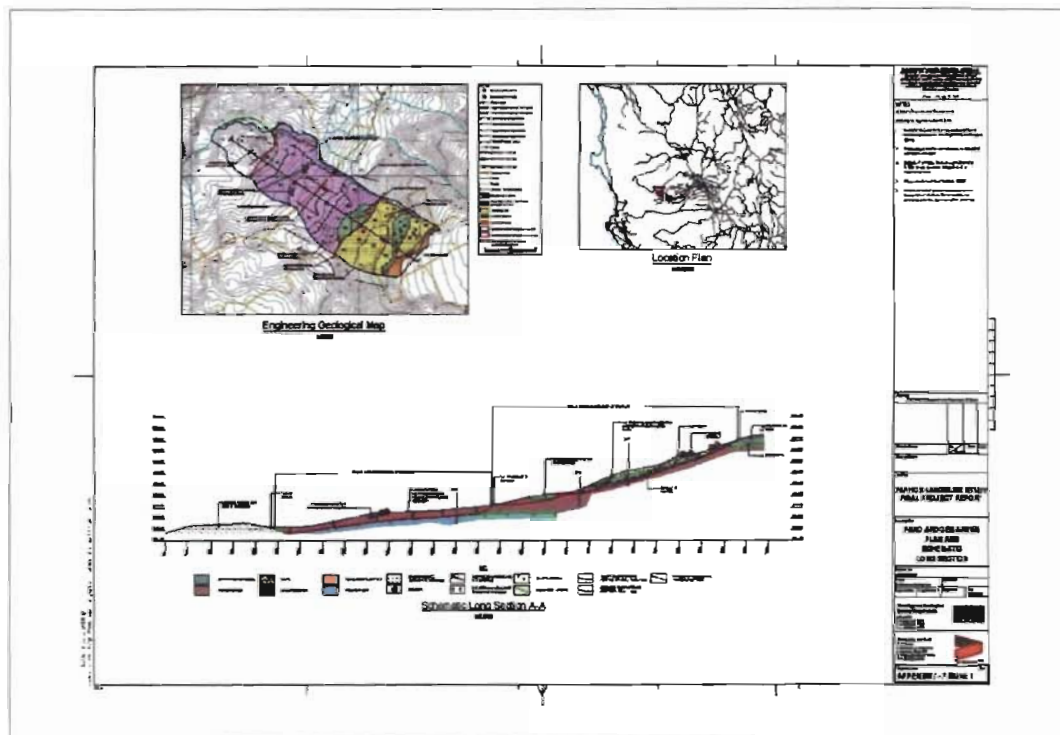


Fig. 4: Engineering Geology map and Geology Long Section.

- The continuous development of the Database landslide Inventory by adding new data from all the areas of Cyprus,
- Method application of "terrain classification" for all the areas, so that the monitoring of the landslide activity be easier, coinciding the topography and geology,
- The application of slope stability analysis as a continuation of underground investigation,
- Monitoring, mainly electronically, of the landslide-prone or even geologically unstable areas using Inclinoimeters.





*Fig. 5: Formal landslide at slope, where permeable rock mass is found above weak, plastic behaviour argillaceous ground.*



*Fig. 6: Landslide at Pentalia - Statos road.*



*Fig. 7: Landslide at Dhrousha village influences new residence.*

## 11.2. Μελέτη των πετρωμάτων που δυνατόν να περιέχουν ινώδη ορυκτά στην περιοχή του Τροόδους

Χριστόδουλος Χατζηγεωργίου

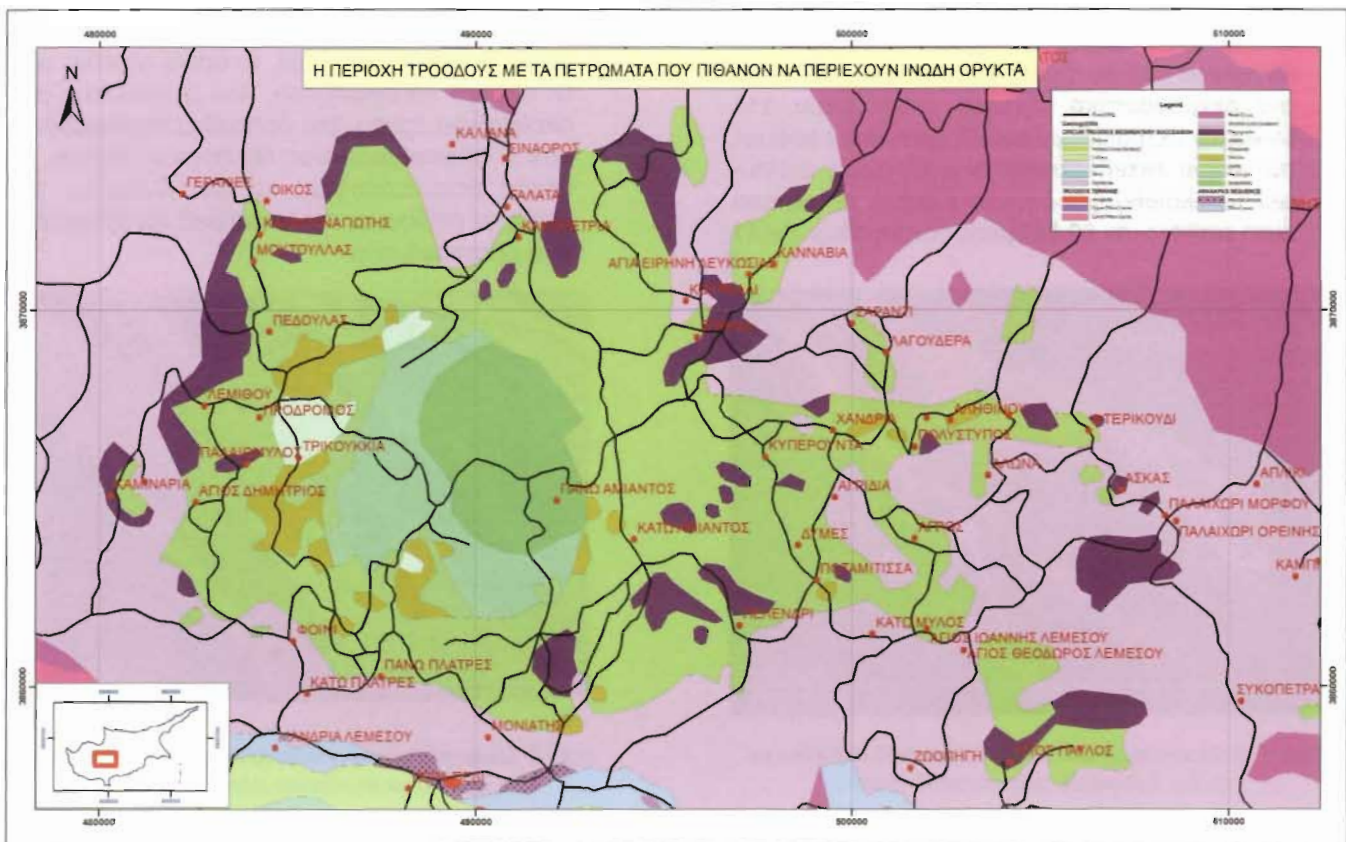
### Περίληψη

Μεταξύ του 2003 και του 2006 εκπονήθηκε η μελέτη «Εκτίμηση της επικινδυνότητας από την ύπαρξη του μεταλλείου Αμιάντου» κάτω από την εποπτεία της αρμόδιας Τεχνικής Επιτροπής για την αποκατάσταση του μεταλλείου Αμιάντου. Στις πλείστες δειγματοληψίες αέρα είχε καταμετρηθεί ποσότητα ινών αμιάντου στην ατμόσφαιρα, όχι μόνο στην περιοχή του μεταλλείου Αμιάντου, αλλά και στη ευρύτερη περιοχή Τροόδους. Ως εκ τούτου, ένα από τα κύρια συμπεράσματα της μελέτης ήταν η ανάγκη χαρτογράφησης των πετρωμάτων, που περιέχουν ινώδη ορυκτά στην περιοχή Τροόδους.

Το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, ενεργώντας στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων της Τεχνικής Επιτροπής για την αποκατάσταση του μεταλλείου Αμιάντου, προχώρησε στην εκπόνηση της μελέτης των πετρωμάτων που δυνατόν να περιέχουν ινώδη ορυκτά στην περιοχή Τροόδους.

Η μελέτη αυτή, που πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με κοινοπραξία συμβουλευτικών οίκων από την Κύπρο και το Βέλγιο, μετά από ανοικτό διαγωνισμό για αγορά υπηρεσιών, ήταν συμβατικής αξίας €126.400 και διάρκειας δύο χρόνων.

Ο βασικός στόχος της μελέτης ήταν μέσα από μια ολοκληρωμένη έρευνα, να εκτιμηθεί αν υπάρχει επικινδυνότητα από την ύπαρξη των πετρωμάτων που περιέχουν ινώδη ορυκτά στην ευρύτερη περιοχή Τροόδους.



Χάρτης 1: Περιοχή μελέτης.

### Στόχοι της μελέτης – Εκπονηθείσες εργασίες

Οι στόχοι της μελέτης υλοποιήθηκαν μέσα από τις ακόλουθες εκτελεσθείσες εργασίες:

1. Λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση των εμφανίσεων όλων των υπερβασικών και μερικών βασικών πετρωμάτων του Οφιόλιθου Τροόδους.

Η γεωλογική χαρτογράφηση περιελάμβανε τις ακόλουθες πετρολογικές ενότητες: Σερπεντινίτης, χαρζβουργίτης, περιδοτίτης, δουνίτης, βερλίτης, ολιβινικός γάββρος, κεροστιθικός-πυροξενικός γάββρος, πηλαιογρανίτης και διαβάσης. Ο εντοπισμός και η χαρτογράφηση γεωλογικών δομών όπως κύρια συστήματα διακλάσεων, ρηγμάτων, και άλλα γραμμικά στοιχεία υποστηρίχτηκε από την ερμηνεία και ανάλυση αεροφωτογραφιών.



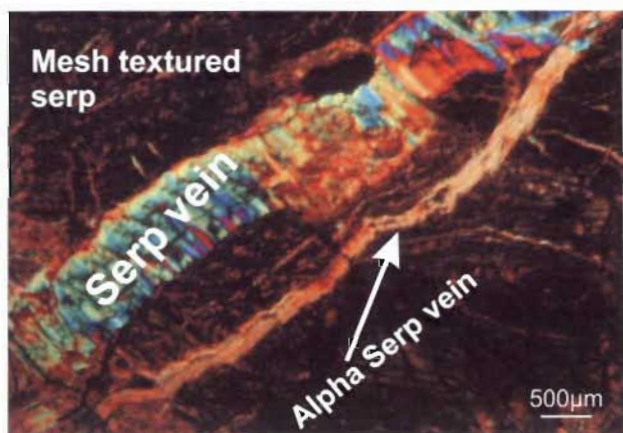
## 2. Δειγματοληψία πετρωμάτων από την περιοχή χαρτογράφησης.

Κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης συλλέχθηκαν 352 δείγματα από εμφανίσεις πετρωμάτων και εδαφών, τα οποία αντιπροσωπεύουν όλα τα πετρώματα της περιοχής μελέτης.

Μετά από μακροσκοπική εξέταση επιλέχθηκαν για πετρογραφική και ορυκτολογική ανάλυση 197 δείγματα πετρωμάτων, 49 δείγματα εδαφών από διαβρωμένα πετρώματα και 24 δείγματα χώματος από καλλιεργημένες εκτάσεις.

## 3. Πετρογραφική / ορυκτολογική περιγραφή και αναλύσεις των δειγμάτων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της χαρτογράφησης.

Από τα δείγματα που επιλέχθηκαν μετά την μακροσκοπική εξέταση ετοιμάστηκαν 200 λεπτές τομές, οι οποίες εξετάστηκαν με πολωτικό μικροσκόπιο (PLM, polarized light microscopy) και λήφθηκαν 333 συναφείς φωτογραφίες. Με βάση την πετρογραφική εξέταση, επιλέχθηκαν 111 δείγματα πετρωμάτων και 73 δείγματα εδάφους στα οποία εκτελέστηκαν οι αντίστοιχες αναλύσεις με περιθλασμία ακτίνων Χ (XRD). Τέλος, από αυτά επιλέχθηκαν 80 δείγματα πετρωμάτων και 47



Φωτ. 1: Μικροφωτογραφία φλεβιδίου με ίνες αμιάντου με χρήση πολωτικού μικροσκοπίου (PLM).

## 5. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και εκτίμηση της πιθανής επικινδυνότητας και ετοιμασία σχετικού χάρτη.

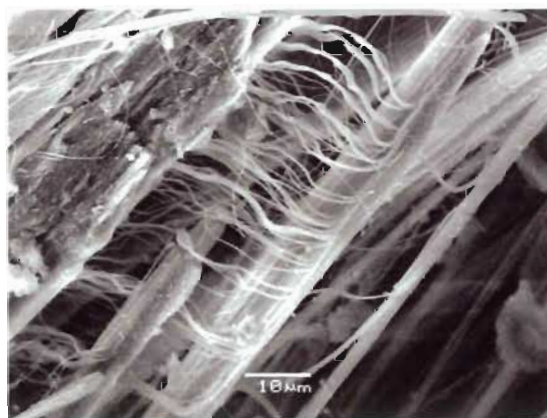
Χρησιμοποιώντας τα πιο πάνω αποτελέσματα έχει γίνει μελέτη εκτίμησης του κινδύνου που προκύπτει από την ενδεχόμενη απελευθέρωση ινωδών ουσιών στο περιβάλλον. Η εκτίμηση επικεντρώθηκε στην εκτίμηση κινδύνου εμφάνισης ινών αμιάντου στην ατμόσφαιρα, αφού η έκθεση σε αμίαντο στην ατμόσφαιρα συνιστά τον μεγαλύτερο κίνδυνο στην ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα έχουν δημιουργηθεί οι εξής χάρτες οι οποίοι σχετίζονται με το βαθμό επικινδυνότητας:

δείγματα εδάφους, στα οποία πραγματοποιήθηκαν 1119 ορυκτολογικές αναλύσεις συνοδευόμενες από 367 επεξηγηματικές φωτογραφίες και μικρογραφήματα με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM).

## 4. Ετοιμασία Γεωλογικού Χάρτη, κλίμακας 1:10.000, σε περιβάλλον GIS.

Ο Γεωλογικός Χάρτης, που έχει ετοιμαστεί και παραδοθεί στα πλαίσια της μελέτης, επιβεβαιώνει σε μεγάλο βαθμό τα λιθολογικά και δομικά γεωλογικά δεδομένα όπως παρουσιάζονται σε παλαιότερους χάρτες, που έχουν δημοσιευτεί από το Τμήμα. Εντούτοις, μέσα από τη λεπτομερή εργασία πεδίου και τις πετρολογικές/ορυκτολογικές μελέτες έχουν γίνει σημαντικές αναβαθμίσεις, που αφορούν την κατανομή και τη σχέση των λιθολογικών δεδομένων.

Η χαρτογραφική αποτύπωση και τα εργαστηριακά αποτελέσματα εισήχθησαν στο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), το οποίο περιέχει όλη τη σχετική πληροφόρηση, που συλλέχτηκε στα πλαίσια του έργου. Στα δεδομένα περιλαμβάνονται ο προσαρμοσμένος Γεωλογικός Χάρτης, οι θέσεις δειγματοληψίας, τα αποτελέσματα της εργασίας πεδίου, τα πετρογραφικά και ορυκτολογικά αποτελέσματα.



Φωτ. 2: Μικροφωτογραφία ινών αμιάντου με χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM).

κριμένα έχουν δημιουργηθεί οι εξής χάρτες οι οποίοι σχετίζονται με το βαθμό επικινδυνότητας:

- Τύπος πετρώματος και περιεκτικότητα ινών αμιάντου,
- Διαβρωσιμότητα του εδάφους,
- Χρήσεις γης κατά CORINE,
- Συντελεστής τριβής,
- Όριο ταχύτητας τριβής (threshold friction velocity factor).



κινδύνου από το μεταλλείο Αμιάντου και τις γειτονικές περιοχές έδειξε ότι οι περιοχές αυτές εμπεριέχουν μικρού ως μέτριου βαθμού επικινδυνότητα.



1. Ο Γεωλογικός Χάρτης επιβεβαιώνει σε μεγάλο βαθμό τα θιθολογικά και δομικά στοιχεία του δημοσιευμένου Γεωλογικού Χάρτη του Τμήματος.
2. Πέραν από την κύρια σερπεντινιτική μάζα (βασίτης, σερπεντινίτης), η οποία σχηματίζει τον πυρήνα του υπερβασικού συμπλέγματος, υπάρχουν πολύ μικρότερα σώματα σερπεντινίτη σε πολλής περιοχές μέσα σε στενές ζώνες υπερβασικών πετρωμάτων με διαφορετικό βαθμό σερπεντινίωσης.
3. Ρηγματώσεις τεμαχών χαρακτηρίζουν το γενικό μοτίβο της περιοχής μελέτης και μεγάλος αριθμός θιθολογικών επαφών χαρακτηρίζονται από απότομες διακλάσεις και πλατυποποιήσεις.
4. Το κύριο σερπεντινιτικό ορυκτό είναι ο θιζαρδίτης με τοπική ανάπτυξη αντιγορίτη. Ο χρυσοτίλης εμφανίζεται κυρίως σαν αμιάντος αθήα επίσης και σε μικροκρυσταλλική μορφή. Ο τρεμόθιθος και ακτινόθιθος που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης δεν παρουσιάζουν δομικά στοιχεία ινωδών ορυκτών.
5. Φλέβες αμιάντου βρίσκονται σε μόνο το 12% των δειγμάτων που εξετάστηκαν στο εργαστήριο, και όλα αυτά τα δείγματα ήταν πλήρως σερ-

6. Οι διεισδυτικές φλέβες και τα καλά αναπτυγμένα βλεβίδια τύπου stockwork χρυσοτιλήκου αμιάντου περιορίζονται στον βασιτικό σερπεντινίτη, ιδιαίτερα στο μέρος, που είναι πλατυποιημένο και κατακερματισμένο εντός του μεταλλείου Αμιάντου και γειτονικές του περιοχές.
7. Τριχοειδή ινίδια χρυσοτίτη σε μορφή ινώδους και κρυσταλλικού χρυσοτίτη βρίσκονται διάσπαρτα εντός της σερπεντινιτικής ζώνης που είναι ανεπτυγμένες στα υπερβασικά πετρώματα.
8. Ο δυνητικός κίνδυνος από αμιάντο προσδιορίστηκε με βάση τις περιοχές που έχουν επιφανειακά πετρώματα και εδάφη που περιέχουν ίνες αμιάντου. Με αυτό το κριτήριο ολόκληρη η σερπεντινιτική περιοχή εμπεριέχει δυνητικό κίνδυνο από αμιάντο.
9. Ο κίνδυνος από αμιάντο (ARR) προσδιορίζεται στη βάση του κινδύνου έκθεσης σε ίνες αμιάντου και εκτιμάται μέσα από τον υπολογισμό μέγιστων δυνατών μέσων ετήσιων ωριαίων συγκεντρώσεων ιών αμιάντου στην ατμόσφαιρα που μπορούν να προκύψουν από τη δημι-

ουργία σκόνης σε σερπεντινιτικές περιοχές.

10. Η περιοχή του σερπεντινίτη εμπεριέχει βασική επικινδυνότητα από αμιάντο.
11. Οι διαταραγμένες, μη αποκαταστημένες περιοχές του μεταλλείου Αμιάντου δημιουργούν μικρό ως μέτριο βαθμό κινδύνου από την παρουσία ινών αμιάντου τον αέρα. Όμως σημειώνεται ότι χρειάζεται πρόσθετη έρευνα, ιδιαίτερα όσο αφορά την εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής εκροής αμιάντου από τα εδάφη στον αέρα. Επιπρόσθετα σημειώνεται ότι η πιο πάνω ανάλυση αφορά τις συγκεντρώσεις αμιάντου στην ατμόσφαιρα που δημιουργούνται μόνο από φυσικά αίτια δημιουργίας σκόνης. Ανθρωπογενείς πηγές όπως είναι τα χωματουργικά έργα και η οδήγηση σε χωμάτινους δρόμους αποτελεί πρόσθετη πηγή κινδύνου.

Σύμφωνα με τη μελέτη, ο κίνδυνος έκθεσης κατά τη διάρκεια χωματουργικών εργασιών είναι αρκετά μεγάλος οπότεν και ενδείκνυται η λήψη προστατευτικών μέτρων.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα επικινδυνότητας έγιναν οι πιο κάτω εισηγήσεις:

1. Ενημέρωση των κατοίκων και των τακτικών επισκεπτών της περιοχής Τροόδους ως προς το βαθμό επικινδυνότητας που προκύπτει από διάφορες δραστηριότητες.
2. Ετοιμασία οδηγού διαχείρισης του κινδύνου από την έκθεση σε αμιάντο, ο οποίος θα διατίθεται σε όσους εμπλέκονται σε εργασίες που δημιουργούν σκόνη όπως κατασκευαστικά και χωματουργικά έργα και καθημερινές.
3. Να εκπονείται ειδική μελέτη εκτίμησης επιπτώσεων από την έκθεση σε αμιάντο και να σχεδιάζονται κατάλληλα μέτρα προτού εκδοθεί άδεια εργασιών που περιλαμβάνει δραστηριότητες που δημιουργούν σκόνη.
4. Επικάλυψη των χωματόδρομων, είτε με ασφαλτό είτε με εισαγόμενο κατάλληλο υλικό που δεν περιλαμβάνει ινώδη ορυκτά.
5. Εκπόνηση των πιο κάτω επιπρόσθετων μελετών οι οποίες θα εμπλουτίσουν τη γνώση και πληροφόρηση για την περιοχή μελέτης και θα συμβάλουν στην περαιτέρω βελτίωση του χάρτη επικινδυνότητας:
  - Εκτίμηση περιεκτικότητας αμιάντου στη σκόνη.
  - Παρακολούθηση / μετρήσεις συγκέντρωσης της σκόνης (PM10).

- Έρευνα για τη βελτίωση των εκτιμήσεων μεταφοράς σκόνης από το έδαφος στον αέρα.

6. Λεπτομερής χαρτογράφηση της γεωλογίας σε άλλες περιοχές όπου πιθανό να υπάρχουν πετρώματα με ινώδη ορυκτά, ούτως ώστε να εμπλουτιστεί περαιτέρω ο γεωλογικός χάρτης.

### 11.3. Τεχνοοικονομική μελέτη για εφαρμογή πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης του εγκαταλειμμένου μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό

Χριστόδουλος Χατζηγεωργίου και Γεώργιος Χατζηγεωργίου

#### Εισαγωγή

Το Τμήμα προέβη στην ετοιμασία τεχνοοικονομικής μελέτης για την εφαρμογή πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης του εγκαταλειμμένου μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό, την οποία ανέθεσε σε εξειδικευμένους συμβούλους. Η μελέτη, που πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με Ελληνικό συμβουλευτικό οίκο, μετά από ανοικτό διαγωνισμό για αγορά υπηρεσιών, ήταν συμβατικής αξίας €24.000 και διάρκειας έξι μηνών.

Η μελέτη αποτέλεσε τη φυσική συνέχεια του έργου «Ετοιμασία στρατηγικής για την αποκατάσταση εγκαταλειμμένων μεταλλείων μεικτών θειούχων» που ολοκληρώθηκε το Νοέμβριο του 2008, η οποία προσδιόρισε όλες τις παραμέτρους και τα κριτήρια που επηρεάζουν την περιβαλλοντική αποκατάσταση 25 εγκαταλειμμένων μεταλλείων μεικτών θειούχων συμπεριλαμβανομένων και των εγκαταστάσεών τους. Ως πρώτο στάδιο για την πραγματοποίηση του αντικειμενικού στόχου της αποκατάστασης εγκαταλειμμένων μεταλλείων μεικτών θειούχων, η μελέτη αυτή πρότεινε με βάση τα αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης, την πραγματοποίηση πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης στην περιοχή του εγκαταλειμμένου μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, στο Μιτσερό.

#### Το μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας

Το μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας, που βρίσκεται στην κοινότητα Μιτσερού της επαρχίας Λευκωσίας, παρουσιάζει ένα εύρος προβλημάτων, που συνδέονται με την αποκατάσταση ανοικτών εκσκαφών και αποθέσεων μη εκμεταλλεύσιμων σωρών εξορυκτικών αποβλήτων (μπάζων), που συχνά περιέχουν θειούχα ορυκτά. Στο συγκεκριμένο μεταλλείο παρουσιάζονται εμφανή σημάδια αστάθειας των πρανών της εκσκαφής και των σωρών εξορυκτικών αποβλήτων, καθώς επίσης και αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σχετιζόμενες με την παρουσία όξινων απορροών σε παρακείμενα ρυάκια.





Εικόνα 1: Εγκαταλειμμένο μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό.

#### Εκτίμηση του κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης

Για την εκτίμηση του κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης των σωρών μεταλλευτικών στείρων του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, επιλέχθηκε, με βάση τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια, η περιοχή του σωρού στα βορειοανατολικά της εκσκαφής, ως ευρύτερη περιοχή εντός της οποίας προτείνεται η οριοθέτηση του χώρου εφαρμογής του πιλοτικού προγράμματος.

Οι εργασίες αποκατάστασης που εξετάστηκαν περιελάμβαναν:

1. Διαμόρφωση των σωρών των στείρων και τον έλεγχο της γεωτεχνικής ευστάθειας των σωρών.
2. Γεωχημικές εργασίες που αποσκοπούν στην πρόληψη και αντιμετώπιση του σχηματισμού όξινης απορροής από τον σωρό των θειούχων στείρων.
3. Φύτευση του σωρού στείρων, συμπεριλαμβανομένης και της άρδευσης.
4. Παρακολούθηση της ποιότητας περιβάλλοντος.

Για την περιβαλλοντική αποκατάσταση της περιοχής εξετάστηκαν αρχικά τα παρακάτω σενάρια, όσο αφορά τις εργασίες διαμόρφωσης των πρανών του σωρού στείρων:

- Ύψος βαθμίδων 15m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 27°,

- Ύψος βαθμίδων 15m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 30°,

έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ήπια κλίση πρανών και η επιτυχία των φυτεύσεων.

Ο έλεγχος γεωτεχνικής ευστάθειας πρανών σε χαρακτηριστικές τομές έδειξε ότι στην υφιστάμενη κατάσταση, οι υφιστάμενες κλίσεις είναι ασφαλείς, υπό συνθήκες στατικής και δυναμικής καταπόνησης. Ο έλεγχος γεωτεχνικής ευστάθειας πρανών έδειξε ότι και για τις δύο προτεινόμενες κλίσεις τα πρανή είναι ασφαλή, υπό συνθήκες στατικής και δυναμικής καταπόνησης.

Όπως προέκυψε από σχετικές αναλύσεις δειγμάτων στείρων, αυτά τα υλικά χαρακτηρίζονται ως από αρκετά υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (S: 4,9%-9,2%), χαμηλό pH (3-4), και σημαντικές συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα, με αποτέλεσμα το υψηλό δυναμικό σχηματισμού φαινομένων όξινης απορροής μεταλλείων (OAM).

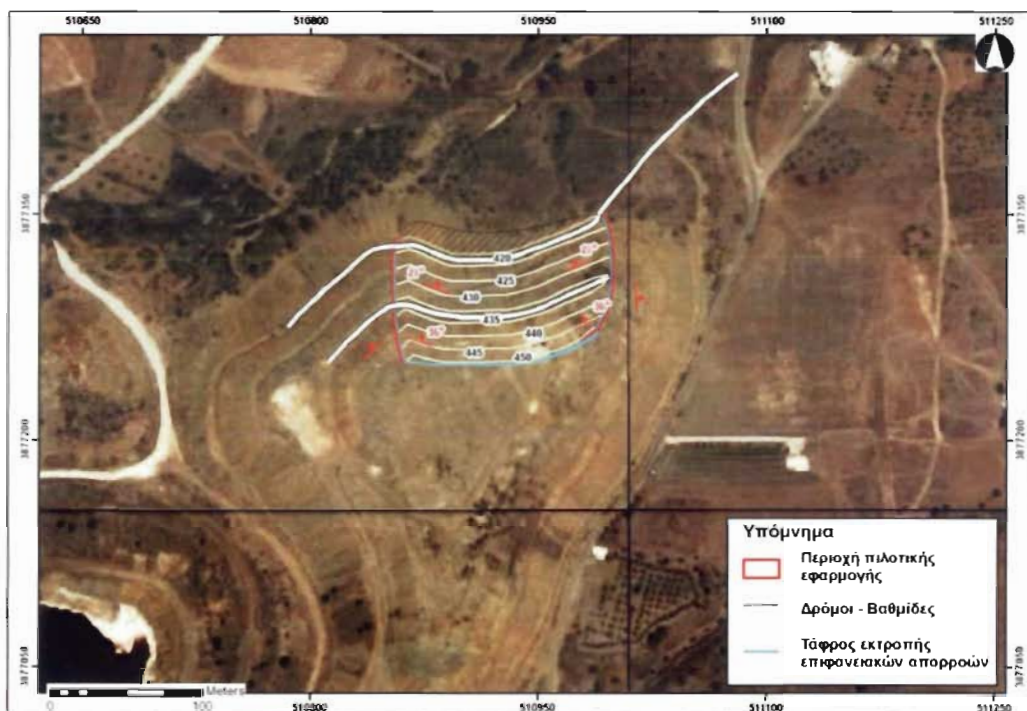
Στο ίδιο συμπέρασμα οδήγησε τόσο η εξέταση του καθαρού δυναμικού εξουδετέρωσης (NPR), όσο και των στείρων της Κοκκινοπεζούλας, όπου υπολογίζεται ότι για την εξουδετέρωση της περιεχόμενης στα στείρα οξύτητας απαιτείται η προσθήκη 69-290kg  $\text{CaCO}_3$ /t στείρων. Παράλληλα ο λόγος δυναμικού εξουδετέρωσης (NPR) είναι μικρότερος της μονάδας, για τον οποίο ισχύει  $\text{NPR} < 1$ , τεκμηριώνοντας το αυξημένο δυναμικό των στείρων για γένεση OAM. Επίσης, η ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων έδειξε ότι τα εξεταζόμενα θειούχα στείρα εξόρυξης συνιστούν ενεργές πηγές σχηματισμού όξινης απορροής.



Η δυνατότητα του ίδιου του υλικού για εξουδετέρωση του δυναμικού οξύτητας εκτιμάται ότι είναι εξαιρετικά μικρή λόγω του είδους των ορυκτών που τα απαρτίζουν.

Κατά συνέπεια, πριν τις εργασίες διαμόρφωσης των

πρανών για φυτεύσεις, είναι αναγκαία η γεωχημική αποκατάσταση της επιφάνειας των σωρών μεταλλευτικών στείρων, με τη δημιουργία προστατευτικού επικαλύμματος/φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους 40-50cm, με ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία 200kg/t στείρου.



Σχήμα 1: Προτεινόμενη χωροθέτηση περιοχής πιλοτικής εφαρμογής.

### Εξέταση εναλλακτικών σεναρίων περιβαλλοντικής αποκατάστασης

Με βάση τα παραπάνω, στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης εξετάστηκαν συνοδικά έξι (6) εναλλακτικά σενάρια αποκατάστασης που περιλαμβάνουν:

- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με γωνία πρανούς 27° με επικάλυμμα που περιλαμβάνει δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους 40cm, με ανάμειξη στείρων εξόρυξης με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία 200kg/t στείρου. Στην επιφάνεια του φραγμού μεταφέρεται και επιστρώνεται εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα), πάχους 50cm στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και 30cm στα πρανή, για βελτίωση των εδαφικών συνθηκών, τόσο από άποψης θρεπτικών συστατικών όσο και από άποψης υγρασίας εδάφους. (Σενάριο A1)
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με γωνία πρανούς 27° με επικάλυμμα που περιλαμβάνει τη δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους 50cm,

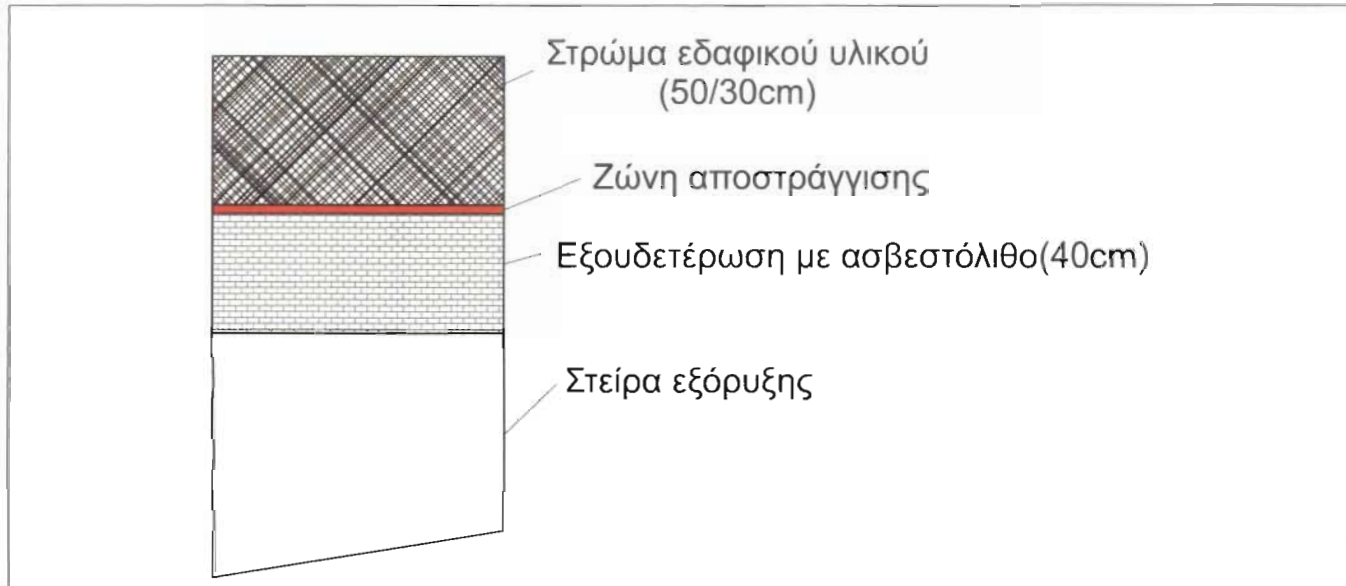
με ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία 200kg/t στείρου. Στην επιφάνεια του φραγμού μεταφέρεται και επιστρώνεται στρώση ασβεστολιθικού υλικού διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους 50cm στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και 20cm στα πρανή. Στην επιφάνεια του πιο πάνω σύνθετου καλύμματος μεταφέρεται και διαστρώνεται μίγμα πάχους 10cm, που προκύπτει από την ανάμειξη θυματοθήσσης ή ορνιθοθυμάτων, χοιροθυμάτων, ιλθός, κ.λπ. με εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα). (Σενάριο A2)

- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με γωνία πρανούς 27° με επικάλυμμα που περιλαμβάνει δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους 50cm, με αναμόχλευση και ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία 200kg/t στείρου. Στην επιφάνεια του φραγμού μεταφέρεται και διαστρώνεται ασβεστολιθικό υλικό διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους 30cm, και στην συνέχεια μεταφέρεται στρώση εδαφικού υλικού (γόνιμο χώμα) πάχους 30cm στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και 20cm στα πρανή. (Σενάριο A3)

- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με γωνία πρηνούς 30° με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου Α1. (Σενάριο Β1)
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με γωνία πρηνούς 30° με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου Α2. (Σενάριο Β2)
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με γωνία πρηνούς 30° με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου Α3. (Σενάριο Β3)

#### Επιλογή βέλτιστου σεναρίου περιβαλλοντικής αποκατάστασης

Έχει επιλεγεί το σενάριο Α1, σημειώνοντας ότι κατά την κατασκευή της πιλοτικής μονάδας θα ληφθούν όλα τα απαιτούμενα μέτρα, όπως μεταξύ άλλων η κατασκευή καναλιών εκτροπής των επιφανειακών απορροών και η συμπύκνωση πλευρικών σωρών, ώστε να επιτευχθεί η υδραυλική απομόνωση της πιλοτικής μονάδας από τυχόν επιφανειακές απορροές, και πλευρικές διηθήσεις από τους γειτονικούς σωρούς στείρων, και να είναι δυνατή η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων μεθόδων αποκατάστασης.



Σχήμα 2: Προετοιμασία προστατευτικού επικαλύμματος επιφάνειας σωρών στείρων.

#### Προϋπολογισμός πιλοτικού προγράμματος

Από τον προϋπολογισμό κόστους εργασιών αποκατάστασης του σωρού στα ΒΑ της εκσκαφής προέκυψαν εκτιμήσεις για τις σταθερές δαπάνες αποκατάστασης, και υπολογίσθηκε το κόστος αποκατάστασης/στρέμμα για κάθε περίπτωση.

Για την εφαρμογή ενός διετούς πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης του μεταλλείου Κοκκινόπεζου με προγραμματιζόμενες δαπάνες της τάξης των €100.000 για το 2011 και €60.000 για το 2012, εκτιμάται ότι η συνολική έκταση της περιοχής, στην οποία θα μπορεί να εφαρμοσθεί, κυμαίνεται από 7,12 έως 11,70 στρέμματα.

#### Συμπεράσματα – εισηγήσεις

Όσο αφορά στη διαχείριση των γεωτεχνικών προβλημάτων που εντοπίζονται στην εκσκαφή, η πλέον ενδεδειγμένη λύση είναι η περιοχή να παραμείνει υπό τη σημερινή της μορφή, αφού διατηρεί τη μορφή του τοπίου που παρουσιάζει γεωλογικό και τουριστικό

κό ενδιαφέρον ως μνημείο της μεταλλευτικής ιστορίας του τόπου.

Όσο αφορά στη διαχείριση των υδρογεωλογικών προβλημάτων που εντοπίστηκαν στην εκσκαφή, στην περιοχή του Μεταλλείου Κοκκινόπεζου, στο πλαίσιο της κείμενης περιβαλλοντικής νομοθεσίας για την εφαρμογή μέτρων προστασίας των υδάτινων πόρων και του εδάφους σε εγκαταλειμμένα μεταλλεία, που συνιστούν ενεργές πηγές ρύπανσης, ΟΔΗγία 2006/21/ΕΕ, προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των υδάτινων πόρων στα κατάντη του μεταλλείου της Κοκκινόπεζου. Προτάθηκε η εκπόνηση υδρολογικής και υδρογεωλογικής μελέτης για την ευρύτερη περιοχή του εξεταζόμενου μεταλλείου, η δε σχετική μεθοδολογία και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης δυνητικών αρνητικών επιπτώσεων στην ποιότητα των κατάντη υδάτινων πόρων θα μπορούσε να αποτελέσουν πρότυπο διαχείρισης των εγκαταλειμμένων μεταλλείων, η μεθοδολογία δε αυτή να εφαρμοσθεί σε άλλες ιστορικές μεταλλευτικές περιοχές της Κύπρου, που έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές υψηλού περιβαλλοντικού κινδύνου.



#### 11.4. Late Pleistocene and Holocene deformation along the Larnaka fault zone, Cyprus

Richard Harrison and Efthymios Tsiolakis

**Introduction:** Late Pleistocene through Holocene strike-slip faulting occurs at many locations throughout Cyprus (Harrison and Panayides, 2004; Harrison et al., 2002, 2004; Soulas, 1999). This deformation is consistent with an approximate north-northwest-oriented horizontal maximum

principal stress direction (sigma 1) and an approximate east-northeast-oriented horizontal least principal stress direction (sigma 3) (Harrison et al., 2004). Conjugate left-lateral northeast-trending and right-lateral northwest-trending strike-slip faults are recognized, in addition to east-west-trending left-lateral strike-slip faults. All of these onshore structures are interpreted as subsidiary features to a transform plate boundary, Cyprus transform system, which occurs off of the southern coast of Cyprus (Fig. 1).

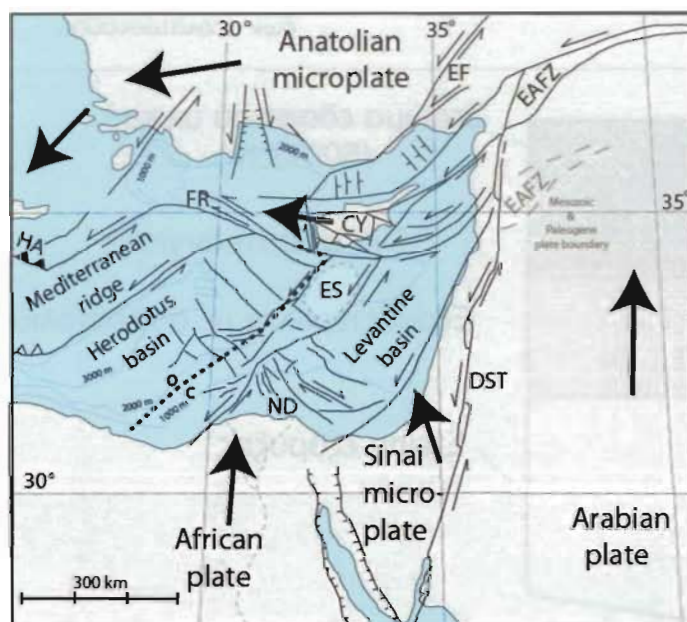


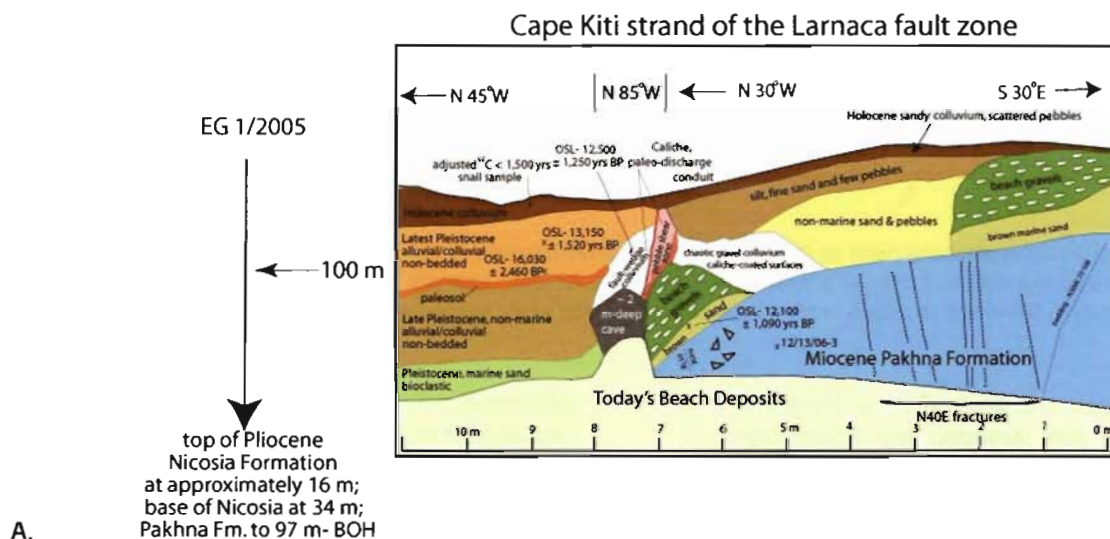
Fig. 1: Plate tectonic model for the Eastern Mediterranean- Middle East, after Vidal et al. (2000); Mascle et al. (2000); Robertson et al. (1995a), Robertson and Grasso (1995); Garfunkel (1998), Aal et al.(2001) and Harrison et al.(2002). ES-Eratosthenes seamount, O-oceanic crust, C-continental crust.



Fig. 2: Geologic map of the Larnaka area, Cyprus.

**Larnaka Fault zone:** Geologic mapping (Fig. 2) along the Larnaka fault zone (LFZ) has found structural evidence of left-lateral strike-slip faulting during the Late Pleistocene and Holocene. Trending NNE, the LFZ has >30 km of onshore strike length and consists of several braided, steeply dipping fault strands. Bathymetric data suggests that the LFZ extends many more km to the SSW, where it intersects the Cypriot transform system, which is a plate boundary between the Anatolian microplate and continental crust of the Sinai microplate, which are fragments of the Eurasian and African plates, respectively. LFZ is interpreted as a sympathetic Riedel shear to the Cypriot transform system; both are seismically active. Exposures of the LFZ at Cape Kiti show that it has experienced several episodes of faulting, which extend back at least into the Pliocene, that the latest 2 events occurred just prior to ~16,000 yrs BP and post ~6,000 yrs BP, and that it probably has not

moved there in the past ~2,000 yrs, based on  $^{14}\text{C}$  ages of terrestrial snails, which yield ages generally from 2,300 to 3,000 years old (Harrison et al., 2004). On the west side of the fault, drilling shows that the top of the Pliocene Nicosia Formation occurs at 16 m below the surface and the top of the Miocene Pakhna Formation at 34 m below the surface, thus there is a minimum of 34 m of stratigraphic throw across the structure in the Quaternary (top of Pliocene Nicosia); the amount of horizontal movement is undeterminable, but is considered to be significantly greater than the vertical offset. Optical spin luminescence (OSL) ages (see Fig.3) indicate that the respective Quaternary stratigraphic sections on either side of the fault are totally different; Holocene beach deposits are juxtaposed against Late Pleistocene inboard fluvial sediments. Thus, there is no Quaternary horizon upon which to base any cross fault correlations.



A.



B.

**Fig. 3: A. Log and B. Photo of a strand of the Larnaka fault zone at Cape Kiti; note that the photo and log are at different scales. Deposits on the left are Late Pleistocene terrestrial silts and muds, those on the right are Holocene beach deposits, which rest with angular unconformity upon Miocene Pakhna Formation (lower right corner of photo). View is towards the north; base of sea cliff is in the tidal zone.**



At Pergamos ~25 km N of Cape Kiti, a right step along the LFZ has produced an E-W-striking restraining-bend thrust fault (Fig. 4). Dating of colluvial-wedge deposits at Pergamos indicates

minor fault movements within the past ~1,300 yrs; offset strata indicates multiple episodes of major faulting (>1 m of thrusting) in the Late Pleistocene.

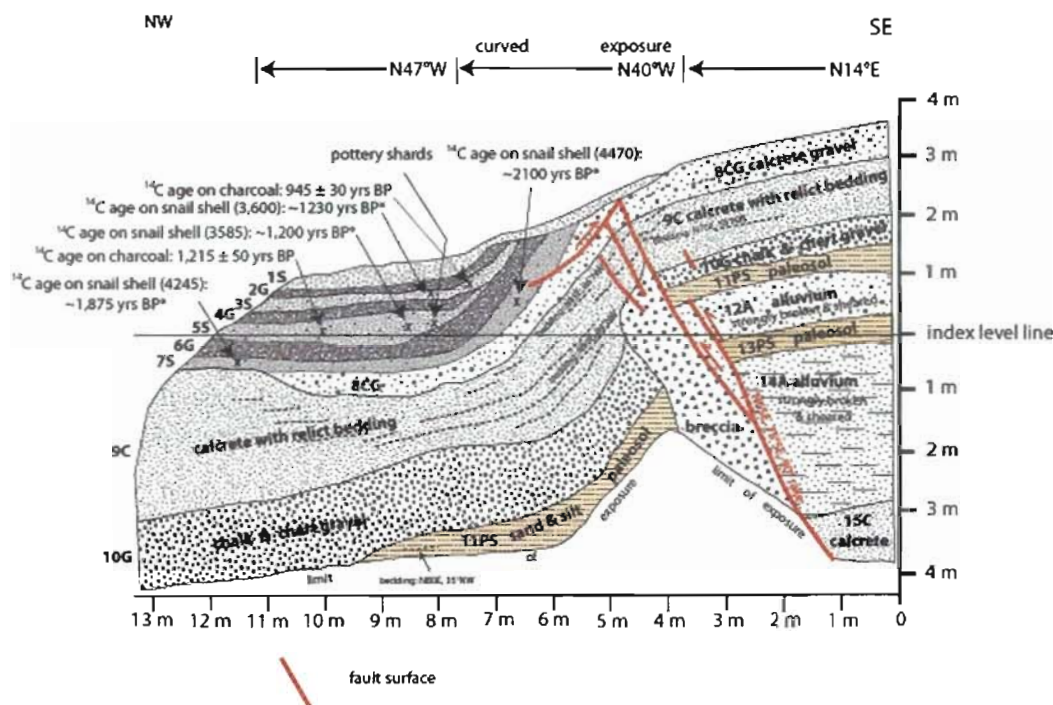


Fig. 4: Geologic log across restraining bend at Pergamos, Cyprus (after Harrison et al., 2002). Zero level line is arbitrary; comparison of the  $^{14}\text{C}$  charcoal age of  $1.215 \pm 50$  yrs calibrated BP on the 5S layer with the  $^{14}\text{C}$  snail for the 5S is consistent with similar age difference for snails in the range of 2.300-3.000 years too old (Harrison et al., 2004).

Deformation along the LFZ accounts for Holocene coastal uplift, which has stranded the Phoenician city-port of Kition-Bamboula ~400 m inland and has placed ~4,000-yr-old marine sediments ~2 m above the sea level expected for their age. From the work of others near Cape Kiti, ~4,800-yr-old fossil sea levels have been identified at altitudes of + 2 to +3 m. Microseismicity is known to exist along a segment of the LFZ. The LFZ poses a great seismic hazard to the southeastern portion of Cyprus.

## References

Harrison R.W. and Panayides I. (2004) A restraining-bend model for the neotectonic setting and uplift of Cyprus, in Chatzipetros A.A. and Pavlides S.B., (eds.) 5<sup>th</sup> International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 2, 843-846.

Harrison R.W., Newell W.L. and Necdet M. (2002) Karstification along an active fault zone in Cyprus; in Kuniansky E., (ed.) U.S. Geological Survey Karst Interest Group Proceedings, Shepherdstown, West Virginia, August 20-22, 2002: USGS Water-Resource Investigations Report 02-4174, 45-48.

McGeehin J.P., Mahan S.A., Özhür A., Tsiolakis E. and Necdet M. (2004) Tectonic framework and late Cenozoic tectonic history of the northern part of Cyprus: implications for earthquake hazards and regional tectonics, *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 191-210.

Morhange C., Goiran J.P., Bourcier M., Carbonel P., Le Campion J., Rouchy J.M. and Yon M. (2000) Recent Holocene paleo-environmental evolution and coastline changes of Kition, Larnaca, Cyprus, Mediterranean Sea, *Marine Geology*, 170, 205-230.

Soulas J. (1999) Active tectonics studies in Cyprus for seismic risk mitigation: The greater Limassol Area, unpubl. report for Geological Survey Department of Cyprus, Nicosia, Cyprus, p. 24.

Yon M. (1994) Kition-Bamboula, in Chistou D. (ed.), *Chronique des fouilles et découvertes archéologiques \_ Chypre en 1993*, Bulletin de Correspondance Hellénique, 118, 2, 672-677.

## 11.5. Nitrogen sources and denitrification potential of Cyprus aquifers, through isotopic investigation on nitrates

Christos Christophi and Costas A. Constantinou

## Abstract

Nitrates is one of the most common groundwater pollutant. Being able to identify the source(s) as well as evaluating the denitrification capacity of aquifers can help shape appropriate remedial action. This work aims to investigate the isotopic composition of nitrates in groundwater samples in order to identify primary and secondary nitrate sources as well as to evaluate denitrification potential of aquifers in Cyprus. A total of 135 groundwater samples from 12 different Ground Water Bodies (GWB) were analyzed for  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  and  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ . It was concluded that the dominant primary source of nitrate in rural Cyprus is fertilizers. For many samples a secondary nitrate source with an isotopic signature of organic source is contributing. This organic source is, in most cases, assumed to be manure. In addition, a primary organic nitrate source was identified in 16% of the samples. Finally, the potential of denitrification is seen in 21% of the samples from 7 different GWBs.

## 1. Introduction

Elements that have different numbers of neutrons in their atomic nuclei are called isotopes. The number of neutrons in the nucleus of a specific element can vary to a limited degree as such variations cause instability that is brought about by having too many or too few neutrons in the atomic nuclei. The greatest stability is reached when the protons to neutrons ratio is close to 1 for the light elements and to 1,5 for the heavy elements. Radioactive nuclides are unstable isotopes that have an increased probability of decaying, whereas stable isotopes do not show any known mode of decay (Clark and Fritz 1997). Many elements have two or more stable, naturally occurring isotopes. For example, the ratio of natural abundance of  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  in ocean water is 0,204 and that of  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  in air is 0,366. Isotopes, as well as molecules that contain isotopes, have different masses and therefore different reaction rates that leads to the process of partitioning that is known as "fractionation". Fractionation is expressed in  $\delta\text{‰}$ , "Per mill", values. This unit essentially represents the deviation of the isotope ratio of a sample relative to that of a reference sample multiplied by a thousand (Clark and Fritz 1997). For example, a  $\delta^{18}\text{O}$  that is equal to  $\delta -5\text{‰}$  signifies that the specific sample has 5‰ or 0,5% less  $^{18}\text{O}$  than the standard, which in the case of oxygen is VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). Environmental isotopes, such as H, C, N, O and S, are of practical importance to hydrogeologist and among other applications, can be used as natural tracers of water, nutrient and solute cycling as well as chemical, geochemical and biochemical processes that take place in various phases of the hydrological cycle.

Nitrogen has two stable isotopes,  $^{15}\text{N}$  and  $^{14}\text{N}$ , they are both active in the nitrogen cycle and they participate in various nitrogen compounds. The ratio at which these two isotopes are incorporated in compounds depends on the processes and reactions that produce such compounds. Therefore,  $\delta^{15}\text{N}$  in nitrates can be used in isotope hydrogeology because of such fractionation between the various nitrogen compounds, enabling the tracing of nitrogen sources, sinks and fate. For example, nitrates derived from synthetic fertilizer can be distinguished from animal manure through  $\delta^{15}\text{N}$  values (Hoefs 1997, Clark and Fritz 1997).

The use of isotopes in hydrogeology to trace nitrogen fate gained reliability and further attention when it became possible, through advanced analytical processes, to analyze  $\delta^{18}\text{O}$  in nitrates. Nitrogen molecules of different origin have large oxygen isotopic difference between them. Therefore,  $\delta^{18}\text{O}$  can distinguish between nitrates that originate from the atmosphere, fertilizers or manure/effluent. The combination of the isotopic composition of  $\delta^{18}\text{O}$  ‰ VSMOW and  $\delta^{15}\text{N}$  ‰ AIR can be used not only in distinguishing nitrate sources more reliably but most importantly in, among other applications, recognizing denitrification processes (Amberger and Schmidt 1987, Bottcher et al. 1990, Durka et al. 1994). More specifically, ammonium and nitrate synthetic fertilizers have an isotopic signature of  $\delta^{15}\text{N}$  ranging from -1 to 5‰ and  $\delta^{18}\text{O}$  from 17 to 22‰. Nitrate originating from litter, soil and sewage/manure have similar with each other  $\delta^{18}\text{O}$  values that are very close to 0‰, but their  $\delta^{15}\text{N}$  vary significantly (Clark and Fritz 1997, Mook 2000, Lorence et al. 2010). Ammonia evaporation causes enrichment of  $\delta^{15}\text{N}$  whereas the process of denitrification causes a simultaneous increase of both  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values.

This work aimed to use nitrate isotopes in order to investigate nitrate sources in GWB as well as denitrification potential, in order to help shape the necessary action plans within the nitrate vulnerable zones, in accordance to the European Directive 91/676/EEC. Nitrate isotopic investigations in Cyprus have been carried out earlier by a number of researches, but on a smaller scale (Constantinou 2004 and Udluft et al. 2006).

## 2. Sampling

Sampling was carried out in two phases; groundwater samples were collected in September 2009 and September of 2010. In the 2009 campaign, 98 samples were collected from all 12 different GWBs whereas in 2010, 37 samples from the Western Mesaoria GWB; 16 of these samples were common with those of the 2009 campaign. Sampling was



restricted to the area that the Republic of Cyprus exercises effective control. Sample volume varied from one to five liters, depending on the nitrate concentration. Upon sampling, field pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and water level were measured and recorded. One liter of sample was collected in the cases of nitrate concentration equal or above 20 mg/l, whereas in lower concentrations, up to five liters were collected. Polyethylene bottles were used and ten drops of chloroform were added upon collecting the samples. Samples were stored in a cool place until they were shipped for analysis to the lab Hydroisotop, in Germany. In addition, a second, one liter sample was also collected and used in analyzing  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Cl}^-$  with ion chromatography. These analyses were performed by the chemical laboratory of the Geological Survey Department.

### 3. Nitrate Isotope Analysis and Methodology

The dissolved nitrate was separated using cation

exchange and neutralization with KOH. After elimination of sulfate and phosphate by precipitation with  $\text{BaCl}_2$  the water samples were evaporated to dryness. The samples were heated to  $570^\circ\text{C}$  together with graphite under vacuum and converted to  $\text{N}_2$  and  $\text{CO}_2$ . After cryogenic separation these two gases were analyzed in an isotope ratio mass spectrometer.

The isotope ratio analysis was done using mass spectrometer "MAT-251" with double Inlet system. The mass spectrometer was daily calibrated with international standards (N-3, SDGS 34, USGS 35) (Lorence et al. 2009, Lorence et al. 2010). The analyzed isotope ratios are reported in delta notations ( $\delta^{18}\text{ONO}_3$ ,  $\delta^{15}\text{NNO}_3$  in ‰) relative to standard mean ocean water or to air nitrogen as defined below:

$$\delta^{15}\text{NNO}_3 = (R_s/R_{st} - 1) \cdot 1000 \text{ and } \delta^{18}\text{ONO}_3 = (R_s/R_{st} - 1) \cdot 1000$$

Where  $R_s$  and  $R_{st}$  is the  $^{15}\text{NNO}_3/^{14}\text{NNO}_3$  and  $^{18}\text{ONO}_3/^{16}\text{ONO}_3$  ratio(s) of the sample and standard.

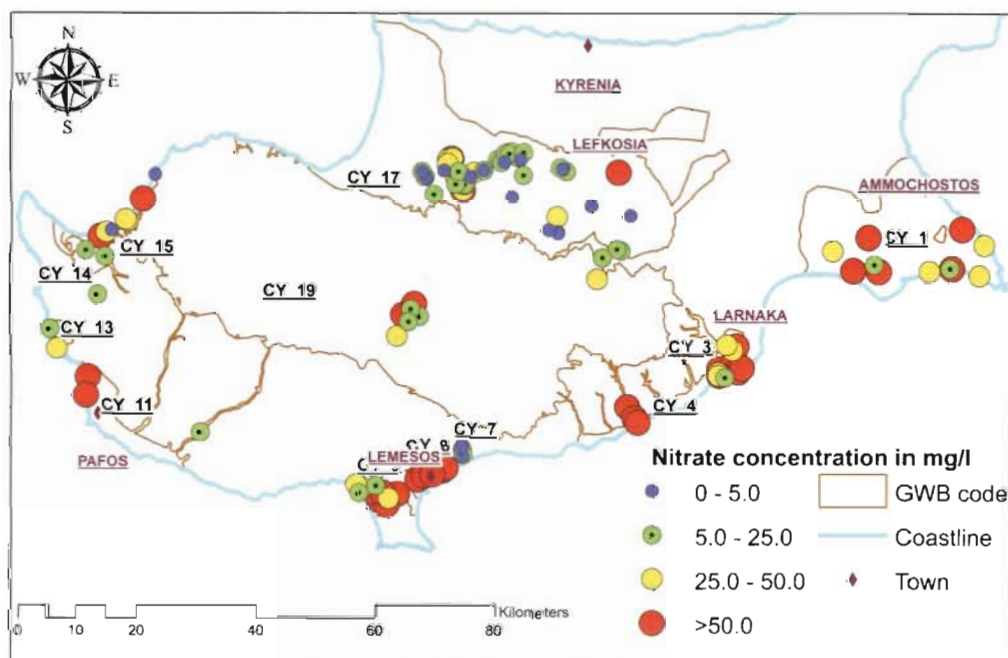


Fig. 1: Sample distribution and nitrate concentration in groundwater samples.

### 4. Results and Interpretation

A total of 135 samples from 12 Aquifers were analyzed for electrical conductivity, chlorides, sulfates, dissolved oxygen,  $\delta^{18}\text{ONO}_3$  and  $\delta^{15}\text{NNO}_3$ . Fig. 1 shows the samples' spatial distribution as well as nitrate concentration. Nitrate concentration ranges from 1,7 to 408 mg/l with mean and median values being 64 and 29 mg/l, respectively. Nitrate concentrations are rather inhomogeneous even within the same GWBs and are related to a number of factors such as the complexity of certain GWBs

and the variations of land use within a single aquifer area.

There is no strong correlation between electrical conductivity and nitrate concentration that would suggest evaporative nitrate enrichment. Nonetheless, in the cases of the clastic GWB of Southeastern Mesaoria (CY 1), the alluvial GWB of Kiti-Pervolia (CY 3), the alluvial GWBs of Lemesos (CY 8) and Akrotiri (CY 9), such a correlation seems to exist. The isotopic composition of nitrates in all of the samples is presented in Fig. 2.

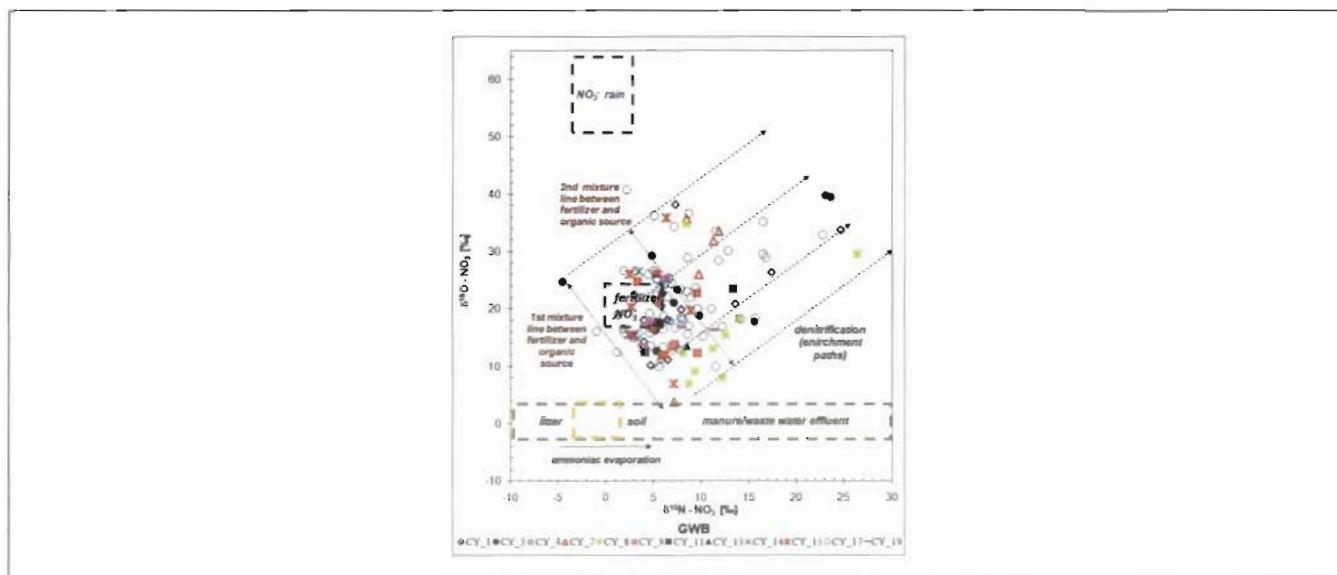


Fig. 2: Isotopic composition of  $\text{NO}_3$  in all groundwater samples.

Primary and secondary sources are attributed to all samples based on nitrate isotopic composition and consequently their position within the graph. Based on the primary isotope signature, denitrification paths can be calculated and the enrichment paths modeled. Such paths, using published fractionation ratios, are sketched in Fig. 3 (Lorenz 2010, Amberger and Schmidt 1987, Bottcher et al. 1990). Samples that have isotopic signatures to the right of the first mixing line are already going through some degree of denitrification. However, in this paper, a more conservative approach is adopted and only the samples positioned far to the right of the second mixing line were considered as having significant denitrification potential.

The majority of the samples, 112 samples (83%), from

all aquifers, show nitrate isotopic composition very similar to that of mineral fertilizers. This indicates that the dominant, primary contributing source of nitrates in groundwater, for these samples, is mineral fertilizers. Twenty-nine of these samples (21%) fall along the mixing lines of mineral fertilizers and manure/waste water effluent. This is interpreted as having an additional, less significant, secondary, organic source that is also contributing to the concentration of nitrates in these groundwater samples. The organic source of mixing can be either manure that is used as fertilizer in the fields or direct infiltrates from animal manure and/or animal waste water. The isotopic composition of animal waste water does not differ from that of the urban waste water, therefore, in theory the organic source could also be urban waste water.

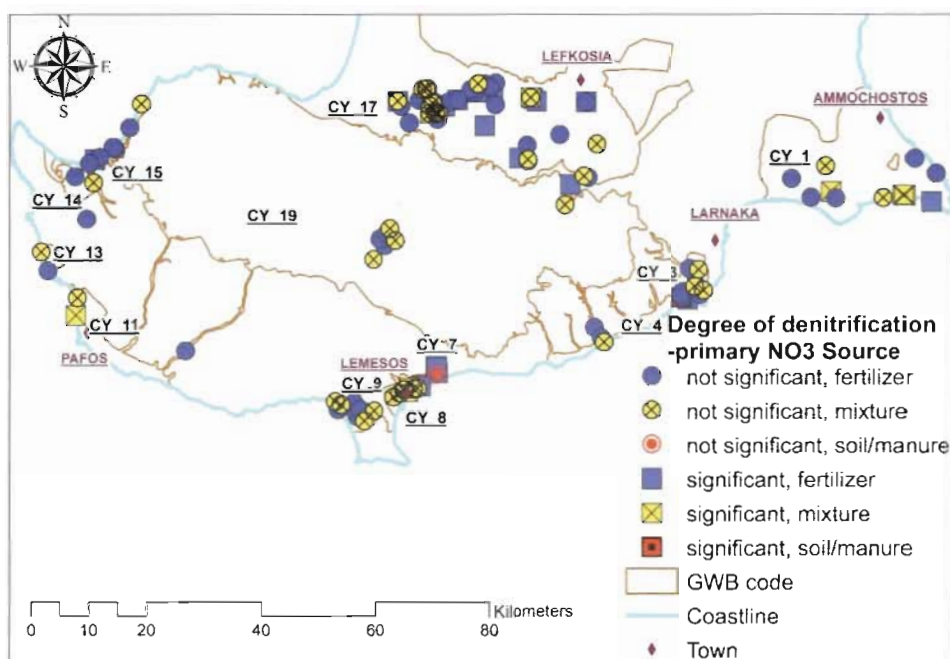


Fig. 3: Sample spatial distribution, denitrification potential and primary nitrate source.



A total of 22 samples from 7 different GWB (16%) show organic as the primary nitrate source. Most of these samples, however, come mainly from Central-Western Mesaoria (CY 17) and Lemesos (CY 8) GWBs. It is also clear that 29 samples from 7 different GWBs (21%) show significant denitrification potential. Most of these samples, however, come from Central-Western Mesaoria (CY 17) GWB suggesting a significant denitrification potential of this aquifer. It should also be noted that, the majority of the denitrifying samples tend to have lower nitrate concentrations than those with insignificant

denitrification thus supporting the scenario of denitrification. The spatial distribution of the samples, their denitrification potential and primary source are presented in Fig. 3 and tabulated in Table 1 below.

For presentation purposes, only the two end sources are presented as primary source and the rest of the samples are presented as mixing samples. No further classification is made for the mixing samples, in terms of which of the two sources is the prevailing one.

**Table 1: Primary nitrate source and denitrification potential as number of samples per GWB.**

GWB CODE	Ground Water Body (GWB) Name and Type	Samples per GWB	Significant denitrification	Primary source of nitrates			
				Mineral fertilizer	Organic	Industrial	Mixing
CY1	Kokkinochoria (Clastic, unconfined / confined)	11	4	11	-	-	5
CY3	Kiti-Perivolia & Tremithios Riverbed (Alluvial, unconfined)	13	3	12	1	-	3
CY4	Softades-Vasilikos coastal plain and riverbeds (Alluvial, unconfined)	3	-	3	-	-	1
CY7	Germasogeia Riverbed (Alluvial, unconfined)	5	4	4	1	-	-
CY8	Lemesos (Alluvial, unconfined)	9	3	1	8	-	8
CY9	Akrotiri (Alluvial, unconfined)	10	-	9	1	-	4
CY11	Pafos Coastal Plain and riverbeds (Alluvial, unconfined)	3	1	3	-	-	2
CY13	Pegeia limestones (Semiconfined)	2	-	2	-	-	1
CY14	Androlikou limestones (Semiconfined)	2	-	2	-	-	-
CY15	Chrysochou - Gialia coastal plain and riverbeds (Alluvial, unconfined)	8	1	7	1	-	2
CY17	Central and Western Mesaoria (Clastic, unconfined – confined)	62	13	53	8	1	19
CY19	Troodos area (Ophiolites –fractured)	7	-	5	2		4
Total		135	29	112	22	1	49

A more detailed presentation of the results pertaining to the GWBs of Germasogia river bed (CY 7), Lemesos (CY 8) and Akrotiri (CY 9) as well as to the Central -Western Mesaoria (CY 7) is undertaken below.

Germasogia, Lemesos and Akrotiri are alluvial GWBs that develop along the south central coast of the island. The Germasogia GWB (CY 7) is a river alluvial aquifer that develops along the channel of Germasogia River. In 1969, Germasogia dam was constructed and since then recharge is done by systematic, controlled water releases. A total of five samples were collected from this GWB and nitrate concentration was below 7 mg/l. Nitrate isotopic signatures from the collected samples are distinguished from the other two GWBs and suggest that dominant nitrate source in groundwater is

mineral fertilizers. Denitrification capacity of this aquifer appears to be high since four out of five samples show significant denitrification (Table 1 and Fig. 4 and 5).

Lemesos (CY 8) and Akrotiri (CY 9) are adjacent, coastal, alluvium GWBs. The Lemesos GWB develops within the city of Lemesos and it is recharged by the Garillis River. The area is heavily urbanized and up to 1995 sewage effluent absorption wells were used in all buildings. In 1965 the Polemidia dam in the Garillis River channel was constructed thus reducing recharge of this part of the aquifer which depends heavily on river flow. A total of 11 samples were collected and analyzed from the Lemesos GWB. Samples show nitrate and electrical conductivity values above 50mg/l and 1200 $\mu$ s/cm, respectively.

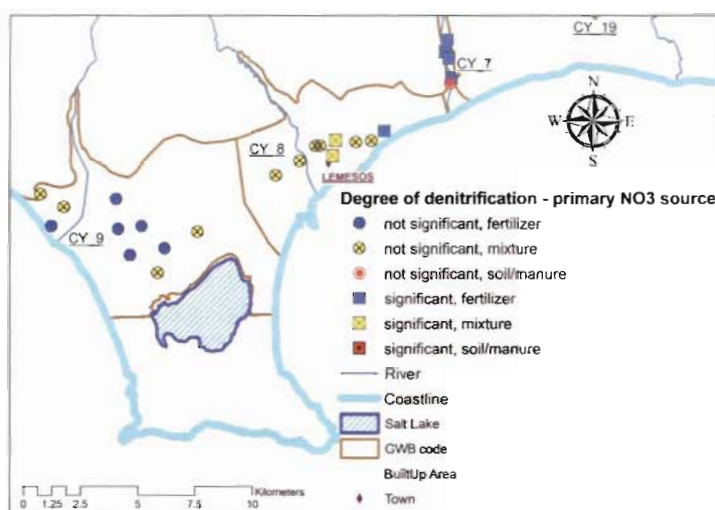


Fig. 4: Sample distribution, denitrification capacity and primary source in GWBs 7, 8 and 9.

Samples from Lemesos GWB exhibit the heaviest influence of an organic source on the isotopic signature of the nitrates to such an extent, that they are distinguishable from all other samples (fig. 5). Although mixing with a secondary chemical fertilizer source is discernible, such a mixing appears to be minor in the majority of the samples (Fig. 4 and 5). Urbanization and the use of sewage effluent absorption wells in the past, appears to be the dominant nitrate source in groundwater. In addition, a weak correlation between nitrate concentration and electrical conductivity exists. This may suggest partial nitrate enrichment through evaporation brought about by reduced recharge. The samples that show denitrification potential tend to have lower nitrate concentration than those with insignificant denitrification. Denitrification appears to reduce nitrate concentration from about 100 - 140mg/l to about 60mg/l.

The Akrotiri GWB is adjacent to the Lemesos GWB to the east. The major land use in this case is

predominantly agriculture with a number of smaller in extent built-up areas. The Kouris River that runs from north to south intersects and recharges this part of the aquifer. It discharges to the sea to the southwest part of the aquifer. In 1987, the biggest dam of Cyprus, the Kouris dam, was constructed on this river and changed the recharge regime of the GWB. Recharge is now limited to direct infiltration from rain, return irrigation and to the rare, controlled releases from the dam. The aquifer is pumped mostly for irrigation water and its water balance is negative. As a result, seawater intruded mostly from the west.

A total of 8 samples have been collected from Akrotiri GWB. Nitrate concentration ranges from 19 to 279mg/l. The isotopic signature of the samples suggests that mineral fertilizers is the main source of nitrates in groundwater (fig. 5). Organic contribution is only seen near and downstream from Episkopi, Trahoni and Asomatos Villages (Fig. 4 and 5). None of the samples shows significant denitrification



capacity. This might be attributed to the relatively thin unsaturated zone, high hydraulic conductivity and, most importantly, to the much lower clay content in the Akrotiri GWB when compared with that of the Lemesos GWB (U.N.D.P. 1970). Nitrate

isotopic composition from the collected samples from the above three aquifers shows distinct differences between them that reflect the different status of each GWB.

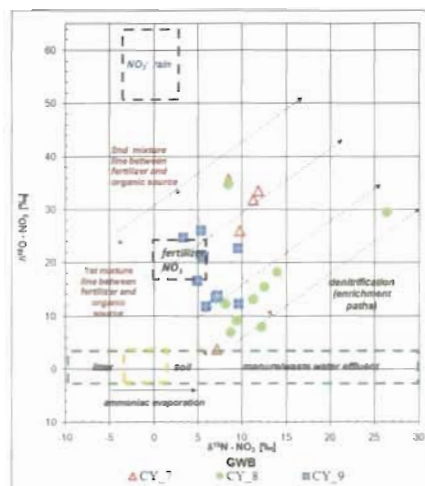


Fig. 5: Isotopic composition of nitrates in groundwater samples from GWBs 7, 8 and 9.

Central and Western Mesaoria GWB (CY 17) stretches from just west of Nicosia to the east, up to Morfou bay to the west. It is bounded by the Troodos ophiolite complex to the south and by the Keryneia range to the north. It is a complex but nonetheless very important GWB consisting of a number of water bearing formations / aquifers that are not always hydraulically connected to each other (U.N.D.P. 1970, Zomeni 1977). Peristerona and Akaki seasonal rivers are of vital importance to the system. They run from south to north recharging the central-western part of the GWB and eventually discharge into the Morfou bay to the west (Fig. 6). Recent and Pleistocene sandstones, sands and gravels form the most important water bearing formation of the GWB and it is known as the Upper Western Mesaoria aquifer (UWMA). This aquifer is unconfined in its

most part and its thickness increases towards the western half of the GWB (Kramvis 1987). The arenaceous part of the Pliocene marl is known as the Second Western Mesaoria Aquifer (SWMA). The horizontal extent, thickness and depth of these sand/sandy-marl layers vary across the GWB. These confined layers grade into marls to the north and occasionally are in the form of isolated lenses. Therefore in most cases, the capacity of the Second Western Mesaoria Aquifer is lower and its groundwater salinity higher than that of the UWMA. Upper Miocene gypsum-limestone formations form the third Western Mesaoria Aquifers (TWMA). The TWMA aquifer only develops along the south, south-western boundaries of the GWB and it is confined in its most part. It is an aquifer of local importance and limited capacity (U.N.D.P. 1970).

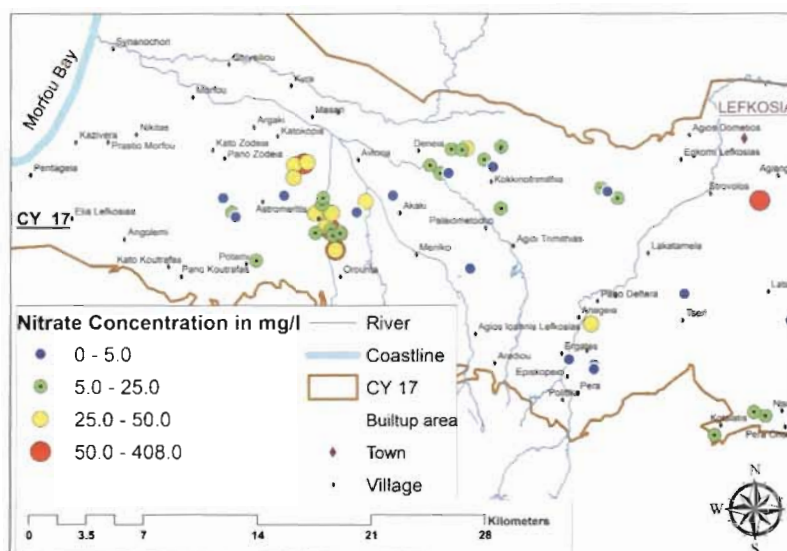


Fig. 6: Sample distribution and nitrate concentration in groundwater samples in CY 17.

A total of 62 samples were collected from the GWB, both in the 2009 (25 samples) and 2010 (37 samples) campaigns; 16 of these samples are common for both campaigns. Sampling was restricted to the area where the Republic of Cyprus exercises effective control. Samples show high inhomogeneity in terms of electrical conductivity and nitrate concentration. Conductivity values range from 514 to 4620  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and they decrease in the area of Peristerona-Orounda-Akaki due to the presence of the two main Rivers that recharge the GWB. On the contrary, conductivity increases to the east, away from the recharge zone. Nitrate concentrations range from 0,3 to 125 mg/l, with average and median values of 21,95 and 19 mg/l, respectively. From the collected samples, nitrates tend to show an increasing trend to the south-west, an area of intense agricultural activities and live-stock farming. (Fig. 6).

The nitrate isotopic signatures of the collected samples point to fertilizers as the primary source of

nitrates in groundwater (Fig. 7). In 19 samples, a second source of organic nitrate is also contributing either as a primary or as a secondary source.

Organic nitrate influence appears to be more intense to the south-west and more specifically in the vicinity of the villages Peristerona-Orounda-Akaki (Fig. 8). This area of the GWB, in addition to being highly cultivated, it hosts a great number of live-stock farms. The increased participation of organic nitrates in groundwater in this area is believed to be predominantly attributed to manure either as a field fertilizer or as direct infiltrate.

To the east-southeastern part of the GWB, only two of the collected samples show nitrate concentration above 25mg/l (Fig. 6). The lower nitrate concentrations in this area may be partially attributed to the fact that most of the boreholes are drilled in the semi/confined part of the GWB.

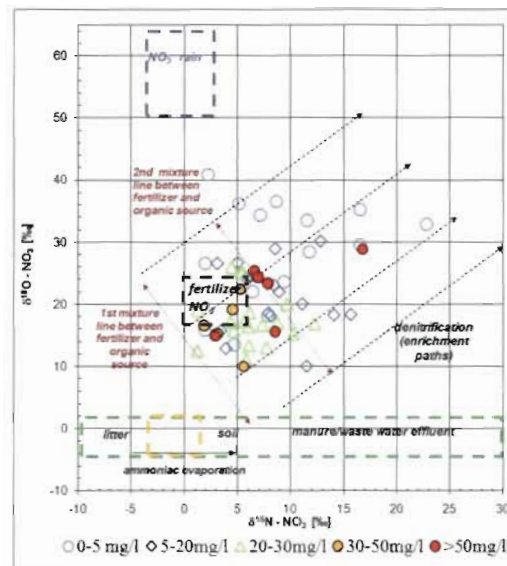


Fig. 7: Concentration and isotopic composition of nitrates in groundwater samples from GWB 17.

The isotopic signature of nitrates shows denitrifying potential almost across all of the GWB area. The denitrifying samples tend to have lower nitrate concentration than those that do not undergo denitrification (Fig. 7). Furthermore, the drilling logs of the sampled boreholes indicate that 12 out of the 13 denitrifying groundwater samples were collected from boreholes that tapped the semi-confined level of the GWB. Denitrification processes appear to be active also in the cases where a single borehole tapped both the unconfined and semi-confined part of the GWB. The above suggest that the Pliocene

marl that acts as a confining unit to the SWMA, is one of the controlling factors in promoting denitrification process. One of the samples in Astromeritis village near an industrial facility showed unusually enriched  $\delta^{18}\text{O}$  suggesting industrial nitrogen or special type of mineral fertilizers (Fig. 7).

All of the data are tabulated in Appendix A below. A compiled version of this work has been submitted and will be presented in the 9<sup>th</sup> Hydrogeological Congress of Greece that is to be held in October of 2011 in Kalavrita Greece.

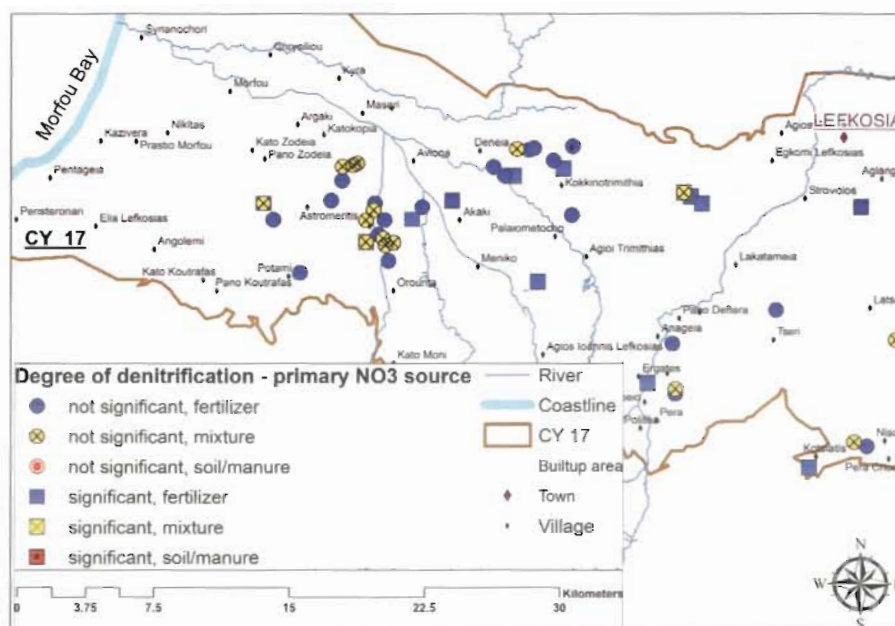


Fig. 8: Sample distribution, denitrification capacity and primary source in GWB 17.

## 5. Conclusions

From the nitrate isotopic investigation of the groundwater samples collected from 12 aquifers in Cyprus the following can be summarized:

- Nitrate sources in groundwater can be assigned through investigation of the isotopic signature of nitrates.
- The dominant primary source of nitrates in rural Cyprus is fertilizers.
- For 29 samples (21%), a secondary nitrate source with an isotopic signature of organic source is contributing. This organic source is in most cases assumed to be manure.
- 22 samples show organic as the dominant nitrate source. The majority of these samples are from GWBs. CY 17 and CY 8. The samples from CY 17 fall within close proximity to livestock farms the source of which is assumed to be manure. Samples from CY 8 exhibit the heaviest influence of an organic source. It is thought that urbanization of this area and the use of sewage effluent absorption wells in the past remains the dominant nitrate source.
- The potential of denitrification is seen in 29 samples from 7 different GWBs. Denitrification potential seems to be higher in GWBs CY 17 and CY 7. Pliocene marl that acts as a confining unit in CY 17 is one of the controlling factors in promoting denitrification process.
- The low denitrification potential that is seen in CY 9 might be due to the low clay content and high permeability of the GWB.

## References

- Böttcher J, Strebel O, Voerkelius S, Schmidt HL (1990) Using Isotope Fractionation of nitrate- nitrogen and nitrate- oxygen for evaluation of microbial denitrification in a sandy aquifer. *J. Hydrol.* 114, 413-424.
- Clark I, Fritz P (1997) *Environmental Isotopes in Hydrogeology* New York.
- Constantinou C A (2004) Hydrogeological conditions of the area Larnaca-Vasilikos, Cyprus Unpublished PhD thesis, Patra University, Greece (In Greek).
- Durka W, Schulze E-D., Gebauer G., Voerkelius S (1994) Effects of forest decline on uptake and leaching of deposited nitrate determined from  $^{15}\text{N}$  and  $^{18}\text{O}$  measurements. *Nature* 372: 765-767.
- Hoefs J (1997) *Stable isotope geochemistry*. Berlin and New York.
- LÉTOLLE R (1980) Nitrogen-15 in the natural environment. In: *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry* Vol.1. FRITZ P, FONTES J C (eds.) Elsevier, Amsterdam
- Kramvis S, (1987) *Application of Electrical Resistivity in Groundwater Exploration in Cyprus* (PhD Thesis), Lefkosia.
- Lorenz G, Voropaev A, Voerkelius S (2009) Isotope investigation in groundwater samples from Cyprus, Geological Survey Department (Unpublished report), Lefkosia.
- Lorenz G, Voropaev A, Voerkelius S (2010) Isotope investigation in groundwater samples from Cyprus, Geological Survey Department (Unpublished report), Lefkosia.
- Zomeni S, (1977) *Hydrogeology of Central Mesaoria Aquifer (Cyprus)* (PhD Thesis), Lefkosia.
- U.N.D.P. (1970) *Survey of groundwater and mineral resources-Cyprus*. United Nations Development Program. United Nations. New York.
- Udluft P, Dunkeloh A, Mederer J, Külls C, Schaller J (2006) *Re-evaluation of the groundwater resources of Cyprus*, Lefkosia.
- Water Development Department (2002) *Re- assessment of water resources and demand of the island of Cyprus* (Unpublished report), Lefkosia.



## Appendix A: Analytical data

Site Id / Sample Id	Village	East/ North	GWB Code	Cond ( $\mu$ S/cm)	NO3 (ppm)	$\delta$ 15N (‰)	$\delta$ 18O (‰)	Source of NO <sub>3</sub>		Denitrificat. capacity
								Primary	Secondary	
1982/043 GSD2009/0444	Akaki	514092 3890651	CY 17	842	24	4.39	26.02	Fertilizer	NA	Not significant
H1360-0020 GSD2009/0445	Akaki	511795 3888800	CY 17	977	14	3.09	26.59	Fertilizer	NA	Significant
H1362-0032 GSD2009/0455	Astromeritis	501333 3888650	CY 17	2510	8.4	3.90	12.87	Fertilizer	Manure	Not significant
1998/106 GSD2009/0461	Aglantzia	534382 3888466	CY 17	2020	54	16.74	28.87	Fertilizer	uncertain manure	Significant
1947/042 GSD2009/0475	Katokopia*	505673 3889906	CY 17	924	26	6.10	18.70	Fertilizer	NA	Not significant
1962/006 GSD2009/0490	Orounta	508245 3885450	CY 17	753	43	6.60	25.45	Fertilizer	NA	Not significant
1998/046 GSD2009/0493	Palaiometochos	524642 3889241	CY 17	4380	7.6	3.40	15.70	Manure	Fertilizer	Significant
1939/014 GSD2009/0494	Palaiometochos	518433 3887996	CY 17	1423	20	4.99	26.70	Fertilizer	NA	Not significant
1978/100 GSD2009/0498	Peristerona	507952 3886696	CY 17	578	25	8.71	16.99	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1979/031 GSD2009/0499	Peristerona	507432 3888271	CY 17	550	21	7.30	16.65	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1980/070 GSD2009/0500	Peristerona	507492 3888651	CY 17	514	17	7.91	18.59	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1994/028 GSD2009/0501	Peristerona	508522 3886471	CY 17	649	22	6.00	16.42	Fertilizer	NA	Not significant
1997/023 GSD2009/0502	Peristerona	507012 3887711	CY 17	808	39	5.60	10.02	Manure	Fertilizer	Not significant
2001/013 GSD2009/0503	Peristerona	506517 3890856	CY 17	563	29	1.18	12.53	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1961/178 GSD2009/0504	Peristerona	507012 3886501	CY 17	668	25	12.22	16.87	Manure	Fertilizer	Significant
H3110-0461 GSD2009/0515	Avgorou	576312 3877261	CY 1	1523	147	4.69	10.13	Fertilizer	Manure	Not significant
H3100-0453 GSD2009/0517	Agia Napa	586372 3871681	CY 1	15870	49	6.50	11.10	Fertilizer	Manure	Not significant
H3100-294 GSD2009/0518	Agia Napa	590120 3872155	CY 1	2200	64	17.44	26.25	Fertilizer	Manure	Significant
H3100-0609 GSD2009/0519	Agia Napa	594702 3871000	CY 1	3390	31	7.30	38.13	Fertilizer	NA	Significant
H3101-0318 GSD2009/0520	Paralimni	595507 3876006	CY 1	2330	47	7.91	19.85	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
H3101-0607 GSD2009/0522	Paralimni	591787 3878626	CY 1	4000	355	5.40	16.99	Fertilizer	NA	Not significant
H4307-030 GSD2009/0525	Agios Theodoros	535810 3848900	CY 4	2290	99	6.70	17.90	Fertilizer	NA	Not significant
1974/023 GSD2009/0526	Agios Theodoros	537532 3846281	CY 4	19510	61	4.10	13.30	Fertilizer	Manure	Not significant
H4307-0054 GSD2009/0527	Agios Theodoros	537002 3847071	CY 4	3490	80	5.80	20.53	Fertilizer	NA	Not significant
1979/101 GSD2009/0533	Kalavassos	527392 3847036	CY 5	2120	43	8.21	24.99	Fertilizer	NA	Not significant
H4110-0331 GSD2009/0538	Kiti	553377 3856211	CY 3	1980	90	7.30	13.67	Fertilizer	Manure	Not significant
H4110-777 GSD2009/0539	Kiti	551225 3854255	CY 3	4180	65	4.79	29.22	Fertilizer	NA	Not significant
H4105-0006 GSD2009/0547	Xylotymvou	570341 3875050	CY 1	1405	50	3.99	18.02	Fertilizer	NA	Not significant
H4107-1128 GSD2009/0549	Xylofagou	577285 3872770	CY 1	5990	10	13.60	20.78	Fertilizer	Manure	Significant
H4107-0338 GSD2009/0550	Xylofagou	578027 3871651	CY 1	2690	315	6.40	18.02	Fertilizer	NA	Not significant
1949/008 GSD2009/0554	Ormideia	573755 3871794	CY 1	1740	173	3.99	14.25	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant

Site Id / Sample Id	Village	East/ North	GWB Code	Cond ( $\mu$ S/cm)	NO <sub>3</sub> (ppm)	$\delta$ 15N (‰)	$\delta$ 18O (‰)	Source of NO <sub>3</sub>		Denitrificat. capacity
								Primary	Secondary	
H4111-275 GSD2009/0555	Perivolia	554172 3855751	CY 3	3170	18	23.06	39.73	Fertilizer	Uncertain manure	Significant
H4111-0215 GSD2009/0556	Perivolia	554212 3855898	CY 3	4240	342	5.20	16.30	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
H4113-0008 GSD2009/0561	Softades	551007 3854701	CY 3	1960	47	7.10	21.10	Fertilizer	NA	Not significant
1997/070 GSD2009/0566	Agridia	499382 3865391	CY 19	378	13	6.20	25.45	Fertilizer	NA	Not significant
1976/063 GSD2009/0567	Agros	500915 3864145	CY 19	443	22	7.91	16.87	Fertilizer	Manure	Not significant
1959/168 GSD2009/0572	Asomatos	495732 3833521	CY 9	1581	34	5.60	21.22	Fertilizer	NA	Not significant
1959/175 GSD2009/0573	Asomatos	495433 3832461	CY 9	1580	55	7.20	13.90	Fertilizer	Manure	Not significant
1985/049 GSD2009/0576	Germasogeia	508087 3842561	CY 7	896	4.1	11.80	33.56	Fertilizer	NA	Significant
1981/099 GSD2009/0577	Germasogeia	507997 3842056	CY 7	870	4	9.70	26.02	Fertilizer	NA	Significant
1972/025 GSD2009/0578	Germasogeia	508267 3840901	CY 7	822	6.3	11.22	31.85	Fertilizer	NA	Significant
1983/044 GSD2009/0579	Lemesos	501662 3837311	CY 8	1702	97	9.31	9.10	Manure	Fertilizer	Not significant
1992/077 GSD2009/0580	Lemesos	504102 3838121	CY 8	1672	143	8.71	6.93	Manure	Fertilizer	Not significant
1989/274 GSD2009/0582	Dymes	498127 3864421	CY 19	566	60	4.19	17.45	Fertilizer	NA	Not significant
EB071 GSD2009/0583	Episkopi	490312 3835861	CY 9	1313	47	7.00	13.56	Fertilizer	Manure	Not significant
1983/185 GSD2009/0584	Episkopi	491325 3835310	CY 9	1215	50	9.61	12.30	Manure	Fertilizer	Not significant
EB097 GSD2009/0596	Kolossi	494722 3834471	CY 9	1289	51	4.89	16.65	Fertilizer	NA	Not significant
1972/014 GSD2009/0597	Kolossi	493605 3835651	CY 9	1116	19	5.30	21.60	Fertilizer	NA	Not significant
1937/013 GSD2009/0598	Kolossi	493693 3834351	CY 9	1213	125	3.29	24.76	Fertilizer	NA	Not significant
1976/053 GSD2009/0605	Pelendri	497087 3860831	CY 19	950	47	11.32	16.42	Manure	Fertilizer	Not significant
1987/158 GSD2009/0608	Potamitissa	499037 3863261	CY 19	586	11	4.69	17.90	Fertilizer	NA	Not significant
1958/120 GSD2009/0615	Trachoni	497184 3834240	CY 9	1371	125	5.90	11.85	Fertilizer	Manure	Not significant
H5000.7-1526 GSD2009/0617	Tsiflikoudia	500610 3836690	CY 8	1758	102	8.11	12.19	Manure	Fertilizer	Not significant
1988/089 GSD2009/0619	Chandria	499977 3866226	CY 19	536	57	3.79	13.67	Fertilizer	Manure	Not significant
H6355-1223 GSD2009/0622	Androlikou	444980 3875370	CY 14	936	15	3.40	26.50	Fertilizer	NA	Not significant
1965/140 GSD2009/0624	Argaka	451932 3880221	CY 15	1159	36	2.49	26.02	Fertilizer	NA	Not significant
0180	Argaka	451600 3880540	CY 15	1185	34	2.39	15.50	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
H6364-0192 GSD2009/0628	Gialia	454442 3883976	CY 15	2670	75	2.69	20.30	Fertilizer	NA	Not significant
B043	Pegeia	439036 3862141	CY 13	1300	8.3	8.50	13.50	Fertilizer	Manure	Not significant
H6133-1803 GSD2009/0634	Pegeia	440202 3858861	CY 13	1823	38	5.70	17.79	Fertilizer	NA	Not significant
H6027-1558 GSD2009/0638	Kissonerga	445411 3854072	CY 11	1734	149	4.09	12.42	Fertilizer	Manure	Not significant
1985/115 GSD2009/0641	Kritou Tera	447002 3867911	CY 14	642	15	4.89	17.90	Fertilizer	NA	Not significant
1988/041 GSD2009/0646	Nea Dimmata	456480 3888130	CY 15	1480	3.8	6.30	12.00	Fertilizer	Manure	Not significant
H6343.1-0329 GSD2009/0648	Polis Chrysochous	448462 3878381	CY 15	3430	40	6.30	35.85	Fertilizer	NA	Significant
H6343.1-0322 GSD2009/0649	Polis Chrysochous	449317 3878736	CY 15	1890	2.2	3.00	15.33	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant



Site Id / Sample Id	Village	East/ North	GWB Code	Cond ( $\mu$ S/cm)	NO3 (ppm)	$\delta$ 15N (‰)	$\delta$ 18O (‰)	Source of NO <sub>3</sub>		Denitrificat. capacity
								Primary	Secondary	
H6343.1-0340 GSD2009/0650	Polis Chrysochous	447472 3877691	CY 15	2920	96	8.81	19.73	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1976/026 GSD2009/0652	Souskiou	464156 3844798	CY 11	868	21	5.30	17.56	Fertilizer	NA	Not significant
H6020-755 GSD2009/0656	Chlorakas	445110 3851000	CY 11	1805	127	13.33	23.50	Fertilizer	Manure	Significant
1975/059 GSD2009/0658	Chrysochou	448227 3874305	CY 15	2210	11	7.10	7.00	Manure	Fertilizer	Not significant
H3100-0125 GSD2009/0659	Agia Napa	589800 3872170	CY 1	2340	24	24.67	33.67	Fertilizer	Manure	Significant
H4113-0022 GSD2009/0660	Softades	551062 3854251	CY 3	10510	29	15.60	17.70	Soil/Manure	uncertain Fertilizer	Significant
H4110-0378 GSD2009/0661	Kiti	551462 3854351	CY 3	7100	408	23.60	39.40	Fertilizer	Uncertain manure	Significant
H4112-0065 GSD2009/0662	Tersefanou	550442 3856951	CY 18	2420	106	20.15	24.42	Soil/Manure	uncertain Fertilizer	Significant
1936/014 GSD2009/0663	Akrotiri	494213 3833216	CY 9	2300	279	9.51	22.70	Fertilizer	NA	Not significant
H4111-0147 GSD2009/0664	Perivolía	554987 3855496	CY 3	9810	64	5.30	12.70	Fertilizer	Manure	Not significant
H4111-0140 GSD2009/0665	Perivolía	554350 3854820	CY 3	9400	260	-4.54	24.65	Fertilizer	NA	Not significant
H4113-0002 GSD2009/0666	Softades	551232 3855341	CY 3	2250	98	2.99	22.36	Fertilizer	NA	Not significant
1975/017 GSD2009/0667	Germasogeia	508200 3840671	CY 7	960	4.2	7.10	3.80	Soil/Manure	NA	Not significant
1978/048 GSD2009/0668	Palaiometochó	525022 3889041	CY 17	2950	2.2	5.10	36.20	Fertilizer	NA	Significant
1991/020 GSD2009/0669	Lemesos	504782 3838186	CY 8	2200	141	12.22	7.96	Manure	Fertilizer	Not significant
1991/013 GSD2009/0670	Lemesos	503092 3837531	CY 8	1414	58	13.93	18.25	Manure	Fertilizer	Significant
1990/137 GSD2009/0671	Lemesos	503222 3838191	CY 8	2000	63	26.37	29.56	Manure	Fertilizer	Significant
1991/016 GSD2009/0672	Lemesos	505342 3838601	CY 8	1769	63	8.41	34.82	Fertilizer	NA	Significant
1978/151 GSD2009/0673	Peristerona	508087 3886331	CY 17	579	22	10.21	15.27	Manure	Fertilizer	Not significant
1999/021 GSD2009/0674	Katokopia*	506302 3890771	CY 17	921	108	2.89	14.93	Fertilizer	Manure	Not significant
1997/084 GSD2009/0675	Katokopia*	505697 3890691	CY 17	686	39	3.09	15.27	Fertilizer	Manure	Not significant
1957/020 GSD2009/0678	Peristerona	508028 3887716	CY 17	645	28	5.60	17.22	Fertilizer	NA	Not significant
2004/016 GSD2009/0680	Kokkinotrimithia	516060 3891605	CY 17	816	8.1	8.90	22.00	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1984/047 GSD2009/0682	Agia Fylaxis	502542 3837971	CY 8	1753	125	12.52	15.50	Manure	Fertilizer	Not significant
2006/037 GSD2009/0683	Lemesos	502340 3837955	CY 8	1746	120	11.22	13.10	Manure	Fertilizer	Not significant
1998/005 GSD2009/0684	Episkopi	490782 3834476	CY 9	969	22	5.30	25.13	Fertilizer	NA	Not significant
1999/081 GSD2009/0685	Germasogeia	508152 3841776	CY 7	923	6.6	8.40	35.70	Fertilizer	NA	Significant
H4012-0272 GSD2009/0688	Dromolaxia	552462 3859341	CY 3	1295	34	7.50	23.27	Fertilizer	NA	Not significant
2009/039 GSD2009/0689	Kokkinotrimithia	516335 3891705	CY 17	620	29	5.30	22.47	Fertilizer	NA	Not significant
2009/048 GSD2009/0690	Kokkinotrimithia	515395 3891660	CY 17	1596	12	11.50	10.00	Manure	Fertilizer	Not significant
1950/115 GSD2009/0691	Kokkinotrimithia	517972 3890569	CY 17	1587	3.4	11.50	33.50	Fertilizer	NA	Significant
1984/096 GSD2009/0692	Peristerona	507677 3886901	CY 17	677	29	9.61	20.07	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
H4012-0015 GSD2009/0693	Dromolaxia	553422 3858461	CY 3	1990	43	5.90	22.70	Fertilizer	NA	Not significant
H4012-0010 GSD2009/0694	Dromolaxia	554087 3859156	CY 3	3800	170	9.81	18.82	Fertilizer	Manure	Not significant



Site Id / Sample Id	Village	East/ North	GWB Code	Cond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	NO3 (ppm)	$\delta$ 15N (‰)	$\delta$ 18O (‰)	Source of NO <sub>3</sub>		Denitrificat. capacity
								Primary	Secondary	
1998/106 GSD2010/0453	Aglantzia	534382 3888466	CY 17	2030	59	7.84	23.38	Fertilizer	NA	Not significant
1982/043 GSD2010/0454	Akaki	514092 3890651	CY 17	873	22	5.29	25.19	Fertilizer	NA	Not significant
H1360-0020 GSD2010/0455	Akaki	511795 3888800	CY 17	963	2.6	11.75	28.41	Fertilizer	NA	Not significant
1998/055 GSD2010/0456	Akaki	509562 3887771	CY 17	4110	2.4	22.78	32.83	Fertilizer	Uncertain manure	Significant
1978/101 GSD2010/0457	Akaki	510127 3888436	CY 17	1809	35	4.54	19.19	Fertilizer	NA	Not significant
1982/023 GSD2010/0458	Akaki	514712 3890166	CY 17	974	15	6.08	24.22	Fertilizer	NA	Not significant
H1362-0032 GSD2010/0461	Astromeritis	501333 3888650	CY 17	2180	0.3	7.13	34.29	Fertilizer	NA	Significant
H1362-0042 GSD2010/0462	Astromeritis	501870 3887740	CY 17	1542	15	5.81	24.16	Fertilizer	NA	Not significant
1987/009 GSD2010/0463	Astromeritis	502097 3887486	CY 17	2690	2.8	2.21	40.83	Rain, Fertilizer,	NA	Not significant
1969/067 GSD2010/0464	Dali	536297 3881081	CY 17	3060	2.8	1.95	15.80	Fertilizer	Manure	Not significant
H1230-0143 GSD2010/0466	Ergates	522642 3878696	CY 17	601	0.52	16.49	29.56	Fertilizer	Uncertain manure	Significant
1947/042 GSD2010/0467	Katokopia*	505673 3889906	CY 17	834	26	1.24	19.01	Fertilizer	NA	Not significant
1999/021 GSD2010/0468	Katokopia*	506302 3890771	CY 17	994	125	-1.00	16.10	Fertilizer	Manure	Not significant
1982/024 GSD2010/0469	Kokkinotrimithia	515222 3890186	CY 17	1067	1.8	16.49	35.19	Fertilizer	NA	Significant
H1243-0322 GSD2010/0470	Kokkinotrimithia	517417 3891016	CY 17	1580	10	6.56	25.31	Fertilizer	NA	Not significant
2004/016 GSD2010/0472	Kokkinotrimithia	516060 3891605	CY 17	721	11	8.45	23.01	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1998/046 GSD2010/0473	Palaiometochos	524642 3889241	CY 17	4620	5.3	15.66	18.34	Fertilizer	Manure	Not significant
1961/055 GSD2010/0474	Astromeritis	505072 3888801	CY 17	681	0.96	1.91	26.59	Fertilizer	NA	Not significant
1979/078 GSD2010/0475	Kotsiatis	531585 3874010	CY 17	1087	9.8	8.54	28.95	Fertilizer	NA	Significant
1998/087 GSD2010/0476	Lakatameia	525642 3888621	CY 17	2120	11	12.80	30.16	Fertilizer	Uncertain manure	Significant
1995/V02 GSD2010/0477	Mammari	518482 3891801	CY 17	3370	5.2	6.43	22.04	Fertilizer	NA	Not significant
1965/145 GSD2010/0478	Nisou	534717 3875196	CY 17	1297	21	4.30	17.20	Fertilizer	NA	Not significant
1962/006 GSD2010/0479	Orounta	508245 3885450	CY 17	940	62	6.90	24.34	Fertilizer	NA	Not significant
1939/014 GSD2010/0480	Palaiometochos	518433 3887996	CY 17	1426	20	5.41	25.19	Fertilizer	NA	Not significant
1993/100 GSD2010/0481	Palaiometochos	516552 3884296	CY 17	1219	0.76	8.67	36.59	Fertilizer	NA	Significant
1999/020 GSD2010/0483	Pera	524177 3878091	CY 17	1874	1.2	7.87	18.22	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
2002/095 GSD2010/0484	Pera	524185 3878370	CY 17	1550	1.7	4.70	13.56	Fertilizer	Manure	Not significant
1977/115 GSD2010/0486	Pera Chorio	534020 3875435	CY 17	1518	13	11.08	20.04	Fertilizer	Manure	Not significant
1994/028 GSD2010/0488	Peristerona	508522 3886471	CY 17	667	29	6.04	13.38	Fertilizer	Manure	Not significant
1961/178 GSD2010/0489	Peristerona	507012 3886501	CY 17	919	18	14.07	18.25	Manure	Fertilizer	Not significant
1978/100 GSD2010/0490	Peristerona	507952 3886696	CY 17	547	53	8.53	15.62	Fertilizer	Manure	Not significant
1979/031 GSD2010/0491	Peristerona	507432 3888271	CY 17	553	24	5.76	11.13	Manure	Fertilizer	Not significant
1978/151 GSD2010/0492	Peristerona	508087 3886331	CY 17	577	24	7.69	13.01	Manure	Fertilizer	Not significant
2001/013 GSD2010/0493	Peristerona	506517 3890856	CY 17	569	28	4.60	15.80	Fertilizer	Manure	Not significant
Site Id / Sample Id	Village	East/ North	GWB Code	Cond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	NO3 (ppm)	$\delta$ 15N (‰)	$\delta$ 18O (‰)	Source of NO <sub>3</sub>		Denitrificat. capacity
								Primary	Secondary	
2000/V02 GSD2010/0494	Potami	503352 3884796	CY 17	2430	6.7	8.13	18.10	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1981/045 GSD2010/0495	Psimolofou	524007 3880876	CY 17	3030	38	1.86	16.59	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant
1984/120 GSD2010/0496	Tseri	529747 3882736	CY 17	1733	1.8	9.37	23.68	Fertilizer	Uncertain manure	Not significant





## Επικοινωνία

### Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης

Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Κυπριακή Δημοκρατία

Λεύκωνος 1, 2064 Στρόβολος, Λευκωσία, Κύπρος

Ταχυδρομική διεύθυνση:

Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης

1415 Λευκωσία, Κύπρος

Ιστοσελίδα: [www.moa.gov.cy/gsd](http://www.moa.gov.cy/gsd)

Τηλ: (+357) 22409213

Φαξ: (+357) 22316873

Ηλεκτρ. Ταχυδρομείο: [director@gsd.moa.gov.cy](mailto:director@gsd.moa.gov.cy)

### Geological Survey Department

Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment

Republic of Cyprus

1, Lefkonos str, 2064 Strovolos, Lefkosia, Cyprus

Mailing address:

Geological Survey Department

1415 Lefkosia, Cyprus

Webpage: [www.moa.gov.cy/gsd](http://www.moa.gov.cy/gsd)

Tel: (+357) 22409213

Fax: (+357) 22316873

E-Mail: [director@gsd.moa.gov.cy](mailto:director@gsd.moa.gov.cy)

## Contact



Geological  
Survey  
Department



Γ.Τ.Π./PIO/386/2011-1.500

ISSN 1986-0374

Εκδόθηκε από το Γραφείο Τύπου και Πληροφοριών  
Published by the Press and Information Office

Εκτύπωση/Printed by Zavallis Litho Ltd