



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**« ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ »**

**ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ  
ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ**

**Καλλιόπη Γ. Φιλιππαίου**

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ»**

**Επιβλέπων: Ομότιμος Καθηγητής , Ι. Κουμαντάκης**

**Αθήνα , Σεπτέμβριος 2013**



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

« ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ »

## ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ

**Καλλιόπη Γ. Φιλιππαίου**

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ»

**Επιβλέπων : Ομότιμος Καθηγητής , Ι. Κουμαντάκης**  
**Τριμελής Επιτροπή:**

1. Ιωάννης Κουμαντάκης, Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ
2. Νυμφοδώρα Παπασιώπη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ
3. Δημήτρης Κουτσογιάννης, Καθηγητής ΕΜΠ

**Αθήνα , Σεπτέμβριος 2013**



## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους με βοήθησαν κατά τη διάρκεια εκπόνησής της, καθώς η ολοκλήρωσή της δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την επιστημονική βοήθεια ορισμένων αλλά και την ηθική συμπαράσταση άλλων.

Αρχικά, οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Ιωάννη Κουμαντάκη, Ομότιμο Καθηγητή ΕΜΠ ,για την ανάθεση της συγκεκριμένης εργασίας και την καθοδήγησή του καθόλη τη διάρκεια εκπόνησής της .

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω και την Ε. Βασιλείου, Διδάκτορα-Μηχανικό Μεταλλείων Μεταλλουργών και το Νίκο Σταθόπουλο, Υποψήφιο Διδάκτορα-Μηχανικό Μεταλλείων Μεταλλουργών οι οποίοι μου προσέφεραν τις γνώσεις και την εμπειρία τους σε ό,τι χρειάστηκα (λογισμικά, σταδιακούς ελέγχους,συμβουλές), ενώ ευχαριστίες οφείλω και στον κ. Κ. Μαρκαντώνη, για την πολύτιμη βοήθειά του κατά την εκτέλεση των εργαστηριακών χημικών αναλύσεων των δειγμάτων υπογείων νερών που συνέλλεξα στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας από την περιοχή έρευνας.

Τέλος, δε θα μπορούσαν να λείψουν από τη σελίδα αυτή, ευχαριστίες προς τους γονείς μου που όλα αυτά τα χρόνια υποστήριξαν με κάθε κόστος την προσπάθεια μου να αποκτήσω τα κατάλληλα εφόδια για ένα καλύτερο μέλλον.

*Καλλιόπη Φιλιππαίου*

*Σεπτέμβριος, 2013*

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	1
Περιεχόμενα.....	2
Περίληψη.....	5
Extended abstract.....	6
<b>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	14
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	15
1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ.....	18
1.2.1 Μεταφορά νερού.....	23
1.2.2 Υπόγεια Ύδατα.....	27
1.2.3 Συλλογή Βρόχινου Νερού.....	31
1.2.4 Φράγματα.....	34
1.2.5 Αφαλάτωση.....	36
<b>2.ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ</b> .....	46
2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	46
2.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	50
2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	55
2.4 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	59
2.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ.....	60
2.6 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	62
<b>3.ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ</b> .....	67
3.1 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	67
3.2 ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ-ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	71
3.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.....	72
<b>4.ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ</b> .....	82
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	82
4.2 ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ.....	82
<b>5.ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b> .....	96
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	96
5.2 ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	97
5.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ.....	99
5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ.....	102
5.4.1 Γενικά.....	102

5.4.2 Βροχόπτωση (P).....	104
5.4.3 Απορροή (R+I).....	104
5.4.4 Διήθηση – Κατείσδυση (I).....	106
5.4.5 Εξατμισοδιαπνοή (E).....	107
5.4.5.1 Δυνητική εξατμισοδιαπνοή (E <sub>p</sub> ).....	108
5.4.5.2 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (E <sub>r</sub> ).....	112
5.4.5.3 Υδρολογικό ισοζύγιο.....	118
<b>6. ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ</b> .....	123
6.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	123
6.1.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού.....	123
6.1.2 Επεξεργασία-Μελέτη υδροχημικών δεδομένων.....	133
6.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ - ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ.....	134
6.2.1 Μέθοδοι υδροχημικών αναλύσεων.....	135
6.2.2 Επεξεργασία και παρουσίαση των χημικών αποτελεσμάτων.....	135
6.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ.....	136
6.3.1 Χωρική κατανομή των στοιχείων.....	146
6.3.2 Προέλευση των στοιχείων - Ιοντικοί λόγοι.....	154
6.4 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	159
6.4.1 Ταξινόμηση κατά Piper.....	159
6.4.2 Ταξινόμηση κατά Durov.....	163
6.4.3 Ταξινόμηση κατά Ludwig Langelier (1942).....	167
6.4.4 Ταξινόμηση κατά Wilcox (1955).....	169
6.4.5 Ταξινόμηση κατά Schoeller (1963).....	172
<b>7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ</b> .....	176
7.1 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ-ΖΗΤΗΣΗΣ.....	176
7.1.1 Ζήτηση.....	177
7.1.2 Προσφορά.....	183
7.1.3 Συμπεράσματα ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης.....	184
7.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ.....	187
<b>8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	194
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	194
<b>Ευρετήριο Εικόνων</b> .....	204
<b>Ευρετήριο Πινάκων</b> .....	206
<b>Παράρτημα</b> .....	208



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αφορμή για την παρούσα διπλωματική εργασία αποτέλεσε το πρόβλημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων στα νησιά της Ελλάδας και συγκεκριμένα στην νήσο Κύθνο.

Αρχικά, γίνεται αναφορά στη σπουδαιότητα του νερού, στο σκοπό της εργασίας και στις ερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για την εξυπηρέτηση αυτού. Ακόμη, αναλύεται η κατάσταση των υδάτων στα νησιά της Ελλάδας και συγκεκριμένα στα νησιά του Αιγαίου.

Στη συνέχεια δίνονται πληροφοριακά στοιχεία για την περιοχή έρευνας, εξετάζεται η γεωλογική – τεκτονική δομή της περιοχής, αναλύονται οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής και εξετάζεται το υφιστάμενο καθεστώς εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών της περιοχής. Η περιοχή που μελετήθηκε, η νήσος Κύθνος, βρίσκεται στο βορειοδυτικό μέρος του νομού Κυκλάδων, έχει έκταση  $99,4 \text{ km}^2$  και 1.456 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Η χαμηλή υδροπερατότητα των εκτεταμένων επιφανειακά σχιστολιθικών πετρωμάτων που εμφανίζονται στο νησί έχει δημιουργήσει συνθήκες πυκνού υδρογραφικού δικτύου και μεγάλο σχετικά ποσοστό επιφανειακής απορροής, ενώ η υπόγεια υδροφορία αναπτύσσεται, κατά κύριο λόγο, σε ρωγματικά και ανθρακικά υδρογεωλογικά περιβάλλοντα. Το δίκτυο ύδρευσης του δήμου Κύθνου τροφοδοτείται αποκλειστικά από υπόγεια ύδατα (πηγές, γεωτρήσεις, φρέατα) ενώ για πόση χρησιμοποιούνται κατά βάση εμφιαλωμένα νερά.

Ακολούθως γίνεται αναφορά στις ιαματικές πηγές της νήσου Κύθνου και τα χαρακτηριστικά τους και πραγματοποιείται επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων για την περιοχή έρευνας. Η εφαρμογή του μοντέλου του Thornthwaite έδωσε πραγματική εξατμισοδιαπνοή ίση με  $318,54 \text{ mm}$  ενώ από το υδρολογικό ισοζύγιο προέκυψε ότι από τα  $43,207 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  νερού που πέφτουν στο νησί τα  $3,936 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  κατεισδύουν, τα  $7,587 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  απορρέουν επιφανειακά, ενώ τα  $31,683 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  χάνονται μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής.



Από την ταξινόμηση των υπόγειων νερών, με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, καθορίζεται ο υδροχημικός τους τύπος και εξετάζεται η καταλληλότητα των υπόγειων νερών για ύδρευση και άρδευση. Γενικά παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση χλωριόντων, αφού η υπεράντληση των υδροφορέων κατά τη θερινή περίοδο οδηγεί σε φαινόμενα υφαλμύρωσης. Ενίοτε παρατηρείται και αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων, εξαιτίας αγροκτηνοτροφικών δραστηριοτήτων και έλλειψης αποχετευτικού δικτύου.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται μια εκτίμηση του ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης της περιοχής, των προβλημάτων που αντιμετωπίζονται και γίνεται μια προσπάθεια να διατυπωθούν προτάσεις που αφορούν στη σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων της νήσου Κύθνου. Η εικόνα του ισοζυγίου - αν και πλεονασματικό- δεν είναι αντιπροσωπευτική λόγω της ανεπάρκειας των διαθέσιμων δεδομένων τόσο της προσφοράς όσο και της ζήτησης. Στην περιοχή δεν υπάρχει κάποιο έργο ταμίευσης, η υπεράντληση των εκμεταλλεύσιμων υδροφορέων δημιουργεί ήδη μεγάλα προβλήματα στο νησί, ενώ η καταγραφή του υδρευτικού δικτύου είναι ιδιαίτερα δύσκολη, κυρίως λόγω της παλαιότητας, αλλά και εξαιτίας της παρέμβασης των κατοίκων στην πάροδο των ετών, με την αυθαίρετη εγκατάσταση αγωγών και την γενικότερη αλλοίωση του δικτύου ύδρευσης

Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας.

## **EXTENDED ABSTRACT**

Water is the beginning of everything, as it is necessary for every form of life on our planet. Thus, ensuring potable and irrigation water, was one of the main concerns of the man from the dawn of civilization. The economic development in recent decades, however, formed new conditions on the use of water resources, as it creates increasing demand for water of suitable quality for each use, while the continuous quality degradation and the need to maintain ecological balance, pose complex problems in the development of each region.

## **Subject of study**

The reason for the project was the problem of water resources management on the islands of Greece and in particular on the island of Kythnos. The purpose of this research is to investigate the geological structure of the study area, the hydrolithological classification of geological formations according to the water permeability and their ability to accommodate underground aquifers, the surveying of the quantitative status of water resources, the surveying of the qualitative status of groundwater and the identification of key factors that affect this, the classification of the suitability of groundwater for various uses, the assessment and recording of the current situation and the water problems that the island faces and the finding of possible solutions to troubleshoot these problems and ensure the adequacy of water resources.

## **The elaboration process of the project**

To achieve the objectives of the project, a visit took place to the municipality of the island, gathering of bibliographic data and conversation with residents, in order to record the problems they face.

Afterwards, an inventory of intake projects (boreholes, wells, springs) was constituted to investigate the current exploitation status of groundwater aquifers of the study area and samplings on the spot took place, level measurements where it was possible and measurement of certain physicochemical parameters. The samplings were conducted in August 2012, and refer to twenty-eight water points of which two are hot springs. The chemical analysis of the samples was carried out in laboratory of Geology and Hydrogeology of School of Mining and Metallurgical Engineering of NTUA and the process of the results from chemical analyses was done with the help of specialized software. The hydrochemical diagrams were created with Aquachem and combining programs ArcGis and Surfer designed the hydrochemical distribution maps of the main chemical components measured. Through this process an attempt was made to give an overview of the quality of

groundwater in the study area. What followed, were the evaluation of the results and the research for possible origin sources of concentration and any charges in the area of human and non-human actions.

Then, a synthesis of the geological map of IGME (Institute of Geology and Mineral Exploration of Greece) was constituted with digitization of individual geological formations and hydrogeological, topographical, land use and other useful maps of the island for further study of the interest area.

Finally, for an approximative determination of the hydrological balance of the study area with the Thornthwaite method, the available hydrological data was collected and recorded electronically (rainfall and temperature data) from the nearby meteorological station of Kea, while for the assessment of supply-demand balance in the region real data was used, granted by the municipality Kythnos .

### **Essential Conclusion –Suggestions**

Greece is characterized by its specific complex of islands dominated by specific climatic conditions, of Mediterranean type. In most of the Aegean islands seasonal problem is reported (mainly due to tourism), while there are others that are in shortage of water supply all year round. Continuous and comprehensive coverage of demand is primary concern in these islands and the resources - methods that are able to solve are primarily the groundwater, the rainwater, the enrichment projects of groundwater aquifers, the gathering and storage of water projects, the desalinations and the water transport from other areas.

The area studied, Kythnos island, is located in the northwestern part of the district of the Cyclades between Kea and Serifos and has an area of 99,4 km<sup>2</sup> and 1,456 inhabitants according to the 2011 census.

Geomorphologically, is a mountainous island, elongated and flattened to the northwest, with relatively mild morphological gradients and small levels of erosion.

The formation of the island Kythnos involve two main sections of geological formations. The upper alluvial unit rests unconformably on the strata of the second section, consisting of metamorphic rocks, marbles and slates. The low water permeability of extensive surface of slate rocks shown on the island has created conditions of dense hydrographic network and relatively high rate of surface drainage, while underground water-bearing capacity is developing, mainly, in fracture and carbonate hydrogeological environments. The fracture water system, developed in slate rocks is relatively of low efficiency and the water-bearing capacity is formed in the detrited mantle of slate rocks. Within this slate system marble sheets are inserted with good, relatively, water-bearing capacity.

The water-supply system of the Kythnos municipality is filled exclusively by groundwater (springs, boreholes, wells) while for drinking, bottled water is basically used. Of the 17 wells and boreholes that have been recorded for this project, 11 exploit the weak water-bearing capacity of slate formations, 4 the sedimentary water-bearing capacity, one borehole uses the karstic water-bearing capacity of marbles, and one borehole the weak water-bearing capacity of metamorphic gabbro rocks. The nine springs inventoried discharge the weak aquifer of slates. The most common case of deterioration of the water quality of a coastal aquifer, is the penetration of the sea and in the case of the island of Kythnos in intake projects perfectly observed low altitude level, the phenomenon of brackishing is expected to occur.

For the compilation of the hydrological balance, representative considered the available data (daily values of rainfall and temperature) from the meteorological station of the island of Kea, as in the island there is no weather station. For the period November 2008-July 2012, the average annual rainfall amounts to 434,55 mm and the average annual temperature to 18.25°C. The application of the model of Thornthwaite gave actual evapotranspiration equal to 318,54 mm or equal to 73.3 % of the average annual amount of rainfall. Using infiltration rates from the literature, the hydrological balance was formed and resulted that from  $43,207 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  of water falling on the island,  $3,936 \cdot 10^6$

m<sup>3</sup> infiltrate, the 7,587\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> drain superficially, while 31,683\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> vanish through evaporation and transpiration.

As regards the quality of the water, fourteen of the twenty-six samples obtained for this project, chloride ion concentration observed is greater than the allowed value (250 mg/l) and two samples is marginally below the maximum permissible limit of chlorides (spring Lefkes 245 mg/l, borehole Elikodromio 248 mg/l). This indicates the strong presence of the phenomenon of brackishing into coastal aquifers of the island, while high values of chloride found in higher altitudes (eg borehole Elikodromio), due to airborne droplets from the sea and pollution from the use of fertilizers in the surrounding area and from uncontrolled waste disposal, as in the island there is not established biological cleaning. Generally they are characterized by their suitability for irrigation, as water of high risk of salinity and low risk of alkalinity. Sometimes observed increased concentration of nitrate ions, because of agropastoral activities and lack of sewerage network and hence the water becomes inappropriate for human consumption without proper treatment, which is not happening in the island.

The balance of supply - demand is the consideration of available water resources and demand for water use in a particular place and time, as to plan the development of water resources and the direction of purpose. As regards the island of Kythnos, the surface and underground water reserves available annually, it is estimated that they do not exceed the 523 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year on average. Yet an important part of the water reaches unexploited the sea, due to the impossibility of its draw-off. The total usable quantity offered is estimated at 1,7427 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year, while the total annual requirement of water for human consumption, irrigation, farming and industry, approximately is estimated at 375.560 m<sup>3</sup> per year . The image of balance – although it is surplus – is not representative due to the lack of available data both supply and demand. Consequently, the management of water resource systems of Kythnos and studies, related to new water projects in the region mentioned, being realized

using obsolete or at least simplistic methodologies, which are based on incomplete data and arbitrary assumptions.

In the area there is no water reservoir project, the overpumping of exploitable aquifers creates already major problems on the island that are being increased many times during summer due to increased needs, while the recording of the water supply network is particularly difficult, mainly due to old age, but also because of the intervention of the residents over the years, with the arbitrary pipeline installation and the general deterioration of the water supply network.

For sustainable development and service the water needs of the island, are proposed:

- ✓ Reduction of pumping boreholes and wells that show increased chloride ions content, mainly by reducing the supply of pumping, so the drop of level is less.
- ✓ Development of systematic monitoring network of the relevant parameters of groundwater.
- ✓ Extensive hydrogeological and geophysical survey using modern methods for the proper alignment of new boreholes.
- ✓ Recording and exploitation of all springs of the island.
- ✓ Installation of modern meteorological station in the area.
- ✓ Detailed recording and mapping of water supply network.
- ✓ Installation of water meters on all boreholes and central water tanks.
- ✓ Systematic counting of household water consumption by installing water meters.
- ✓ Collection of rainwater from the roof of houses and public buildings and storage in tanks.
- ✓ Construction of rural livestock reservoirs.
- ✓ Extension of the existing sewerage network and construction of drainage treatment plant.
- ✓ Direct utilization of surface water resources through construction of small reservoirs.

- ✓ Construction of halting dams for enrichment of groundwater aquifers.
- ✓ Protection of coastal aquifers from further penetration of the sea, with reduction of pumping and applying artificial enrichment.
- ✓ Construction of desalination plant to ensure drinking water.
- ✓ Avoiding the transfer of water from neighboring water districts.
- ✓ Informing involved services and citizens for the rational use of water, the protection of quality degradation and the waste elimination.

***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>***  
***ΕΙΣΑΓΩΓΗ***



## **1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το νερό είναι η αρχή των πάντων, έλεγε ο Θαλής ο Μιλήσιος και ένα από τα τέσσερα «βασικά στοιχεία» ο Αριστοτέλης, ενώ είναι γνωστό, ότι ως αγαθό είναι απαραίτητο για κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη μας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι αποτελεί το 50-90% του βάρους όλων των ζωντανών οργανισμών και είναι μία από τις πιο σημαντικές ενώσεις, που υπάρχουν στη Γη, αφού συντηρεί τα φυτά και τα ζώα.

Η εξασφάλιση του πόσιμου και του αρδευτικού νερού, σε συνδυασμό με την προστασία από τις πλημμύρες, ήταν από τα κυρίαρχα μελήματα του ανθρώπου από την αυγή του πολιτισμού, ενώ και οι εξίσου σημαντικές φροντίδες, της κατοχύρωσης σίγουρης στέγης και εξασφάλισης τροφής, πάντα συνδυάζονταν με τη διαθεσιμότητα του νερού. (Κουτσογιάννης, Ξανθόπουλος, 1999)

Η οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών, διαμόρφωσε νέες συνθήκες στη χρήση των υδατικών πόρων, μια και αποτελούν μέσο για την επίτευξη των διαφόρων επιμέρους οικονομικών στόχων, ενώ εξακολουθούν να είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιβίωση του ανθρώπου και για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Η ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, η ανάγκη αύξησης της παραγωγικότητας των υφιστάμενων, οι ανάγκες που προκύπτουν από την ανύψωση του βιοτικού επιπέδου, δημιουργούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού κατάλληλης ποιότητας για κάθε χρήση, ενώ η συνεχής ποιοτική υποβάθμιση και η ανάγκη διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας δημιουργούν σύνθετα προβλήματα στην ανάπτυξη της κάθε περιοχής. (ΥΠΑΝ, ΙΓΜΕ, ΕΜΠ, ΚΕΠΕ, 2008)

Όσον αφορά στην Ελλάδα, σε μια γενική θεώρηση, υδρολογικά κατατάσσεται στις χώρες, που είναι πλούσιες σε υδατικά αποθέματα. Αυτό οφείλεται τόσο στο κλίμα που επικρατεί, όσο και στο γεωγραφικό της ανάγλυφο, που ευνοεί τη συσσώρευση νερού και επιτρέπει την εκμετάλλευσή του. Ωστόσο η εικόνα αυτή δεν είναι πλήρης, για δύο κυρίως λόγους. Σε όλη την έκταση της χώρας παρατηρούνται εντονότερες διακυμάνσεις και ανομοιομορφίες στα αποθέματα και στη ζήτηση του νερού, τόσο σε χωρικό

όσο και χρονικό επίπεδο. Δεν είναι τυχαίο ότι στη δυτική χώρα υπάρχουν άφθονες βροχοπτώσεις και αποθέματα νερού, ενώ στα ανατολικά υπάρχει ανεπάρκεια. Λόγω του τουριστικού προφίλ της χώρας μας, παρατηρείται υψηλή ζήτηση νερού ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές και στα νησιά.

Στόχος της διαχείρισης των υδατικών πόρων, είναι η ορθολογική αξιοποίηση του νερού και η εφαρμογή δράσεων για την εναρμόνιση των αντιθέσεων, που υπάρχουν ανάμεσα στην προσφορά του νερού και τη ζήτηση του (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία, περιβαλλοντική προστασία) με κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια. (Σιώρας Π. ,2005)

### 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αφορμή για την παρούσα εργασία αποτέλεσε το πρόβλημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων στα νησιά της Ελλάδας και συγκεκριμένα στην νήσο Κύθνο.

Το μικρό σχετικά ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με τις δυσμενείς γεωλογικές συνθήκες της περιοχής συμβάλλουν αρνητικά στην υδροοικονομία της ,ενώ οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (υπερεκμετάλλευση υπόγειων υδάτων, γεωργία, τρόπος διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων), συμβάλλουν στην ποιοτική υποβάθμιση των υδατικών της πόρων.

Οι υδατικές ανάγκες αναμένεται να παρουσιάσουν αυξητική τάση, καθώς ο τουρισμός και οι απαιτήσεις σε νερό κατά τη διάρκεια κυρίως των θερινών μηνών ολοένα και αυξάνονται.

Για το νησί δεν έχουν εκπονηθεί πολυάριθμες υδρογεωλογικές, υδρολογικές και άλλες σχετικές με τους υδατικούς πόρους μελέτες .Μελέτες έχουν εκπονηθεί από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) και το Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) στα πλαίσια των διαχειριστικών προγραμμάτων που πραγματοποιούν.

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση της ποσοτικής κατάστασης των υδάτων ,της ποιοτικής σύστασης των υπόγειων νερών των υδροφόρων της Κύθνου, η εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου σε επίπεδο

νησιού ,η εξέταση της καταλληλότητας των νερών για διάφορες χρήσεις, η καταγραφή των υδατικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει το νησί και η εύρεση πιθανών λύσεων για την αντιμετώπιση των εν λόγω προβλημάτων.

Οι στόχοι της εργασίας αφορούν τα παρακάτω:

- Διερεύνηση της γεωλογικής δομής της περιοχής έρευνας.
- Υδρολιθολογική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών, ανάλογα με την υδροπερατότητα και τη ικανότητά τους να φιλοξενούν υπόγειους υδροφόρους.
- Αποτύπωση της ποσοτικής κατάστασης των υδατικών πόρων και εκτίμηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων, μέσα από τον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής έρευνας.
- Αποτύπωση της ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων νερών και ανάδειξη των κύριων παραγόντων που επιδρούν σε αυτή.
- Ταξινόμηση της καταλληλότητας των υπόγειων νερών για διάφορες χρήσεις.
- Εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης και των προβλημάτων της περιοχής.
- Αντιμετώπιση των υδατικών προβλημάτων και εξασφάλιση της επάρκειας των υδατικών πόρων.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη των στόχων της εργασίας, περιελάμβανε τα παρακάτω στάδια:

- ✓ Επίσκεψη στο δήμο του νησιού και συγκέντρωση βιβλιογραφικών δεδομένων .
- ✓ Συνομιλία με κατοίκους της περιοχής με σκοπό την καταγραφή των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν.
- ✓ Συγκέντρωση και ηλεκτρονική καταχώριση υδρολογικών δεδομένων (στοιχεία βροχοπτώσεων και θερμοκρασίας) τα οποία αποτέλεσαν τη βάση για τον προσδιορισμό του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής έρευνας.
- ✓ Σύνθεση γεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 του ΙΓΜΕ με ψηφιοποίηση των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών.

- ✓ Σύνθεση υδρολιθολογικού, τοπογραφικού, χρήσεων γης κι άλλων χρήσιμων χαρτών της περιοχής.
- ✓ Απογραφή υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις, φρέατα, πηγές), για την διερεύνηση του υφιστάμενου καθεστώτος εκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφόρων της περιοχής έρευνας.
- ✓ Δειγματοληψίες από τα παραπάνω έργα ,μετρήσεις στάθμης όπου ήταν εφικτό και αντίστοιχες χημικές αναλύσεις για την αποτύπωση της ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων νερών. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν τον Αύγουστο του 2012 και αφορούν είκοσι οχτώ υδροσημεία εκ των οποίων τα δύο είναι ιαματικές πηγές.
- ✓ Ανάδειξη επιπτώσεων των πάσης φύσεως ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στην ποσοτική και ποιοτική κατάσταση των υπόγειων νερών.

Τα δεδομένα των ερευνητικών εργασιών και η αξιολόγηση αυτών παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη σπουδαιότητα του νερού, στο σκοπό της εργασίας και στις ερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για την εξυπηρέτηση αυτού. Ακόμη, αναλύεται η κατάσταση των υδάτων στα νησιά της Ελλάδας και συγκεκριμένα στα νησιά του Αιγαίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται πληροφοριακά στοιχεία για την περιοχή έρευνας και εξετάζεται η γεωλογική – τεκτονική δομή της περιοχής. Αναλύεται η στρωματογραφία των σχηματισμών, καθώς και οι τεκτονικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής, δεδομένου ότι τα δύο αυτά χαρακτηριστικά καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις υδρογεωλογικές συνθήκες. Επίσης αναλύεται το μορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής, τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου και εξετάζονται οι χρήσεις γης της περιοχής και οι πιέσεις που ασκούνται στο περιβάλλον.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής και εξετάζεται το υφιστάμενο καθεστώς εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών της περιοχής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις ιαματικές πηγές της νήσου Κύθνου και δίνονται τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων για την περιοχή έρευνας. Από τα στοιχεία αυτά καταρτίστηκε προσεγγιστικά το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής της περιοχής έρευνας.

Στο έκτο κεφάλαιο εξετάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της περιοχής έρευνας. Από την ταξινόμηση των υπόγειων νερών, με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, καθορίζεται ο υδροχημικός τους τύπος και εξετάζεται η καταλληλότητα των υπόγειων νερών για ύδρευση και άρδευση.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται μια εκτίμηση του ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης της περιοχής, των προβλημάτων που αντιμετωπίζονται και γίνεται μια προσπάθεια να διατυπωθούν προτάσεις που αφορούν στη σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων της νήσου Κύθνου.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας.

## **1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ**

Την Ελλάδα χαρακτηρίζουν τα ιδιαίτερα νησιωτικά της συμπλέγματα, όπως είναι τα νησιά του Ιονίου, τα νησιά του Αιγαίου και η Κρήτη. Σε αυτές τις περιοχές κυριαρχούν ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες, Μεσογειακού τύπου. Βασικά χαρακτηριστικά του Μεσογειακού τοπίου, είναι το ευαίσθητο οικοσύστημα, το μικρό υδατικό δυναμικό και η ύπαρξη σημαντικών μνημείων πολιτισμού.

Οι νησιωτικές περιοχές στον ελλαδικό χώρο σπανίως διαθέτουν μεγάλα ποτάμια ή λιμναία συστήματα, ενώ η επιφανειακή απορροή είναι πολύ μικρή λόγω της γεωλογικής δομής στα περισσότερα νησιά. (Κασάπη, 2009)

Οι Κυκλάδες, παρουσιάζουν έντονα προβλήματα διαχείρισης υδατικών πόρων, χαρακτηρίζονται από μικρό εύρος της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας (δροσερό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα), υψηλή υγρασία του

αέρα και ισχυρούς ανέμους. Οι βροχοπτώσεις σημειώνονται σχεδόν, αποκλειστικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Παρά το γεγονός ότι οι άνεμοι μεταφέρουν προς τα νησιά μεγάλες ποσότητες υδρατμών, οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά σπάνιες, καθώς απουσιάζουν οι μεγάλες οροσειρές, που ενεργούν ως εμπόδιο και προκαλούν την ανύψωση των αερίων μαζών και την συμπύκνωση των υδρατμών.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την επάρκεια των υδατικών πόρων στις Κυκλάδες είναι: (Τμήμα Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π, 2002)

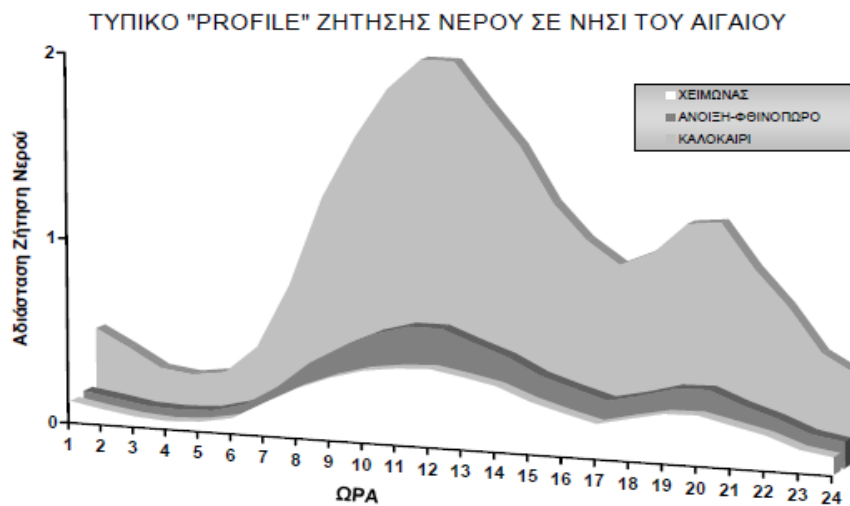
- Η μικρή έκταση των νησιών, που σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο δεν επιτρέπουν τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.
- Οι υδατοστεγείς γεωλογικοί σχηματισμοί, που καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση των νησιών, και δεν επιτρέπουν τη διαμόρφωση υπόγειων υδροφορέων ικανοποιητικής απόδοσης.
- Το χαμηλό ετήσιο ύψος βροχής που περιορίζει τόσο την επιφανειακή απορροή, όσο και την κατείσδυση ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων.
- Η σημαντική αύξηση του εποχιακού πληθυσμού των νησιών κατά τη θερινή περίοδο (ο μόνιμος πληθυσμός είναι περίπου 95.000 και το καλοκαίρι αυξάνεται 5-7 φορές) οπότε επικρατούν και οι χειρότερες υδρολογικές συνθήκες.
- Η μεγάλη τουριστική ανάπτυξη των ακτών που συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος των οικονομικών δραστηριοτήτων και συντελεί στην υπερεκμετάλλευση των παράκτιων υδροφορέων με αποτέλεσμα την υφαλμύρινσή τους.

Στα περισσότερα από τα νησιά του Αιγαίου παρουσιάζεται εποχιακό πρόβλημα (κυρίως λόγω τουρισμού), ενώ υπάρχουν κι άλλα που παρουσιάζουν έλλειμμα υδροδότησης, όλους τους μήνες του χρόνου. Τα τελευταία χρόνια, το πρόβλημα έλλειψης νερού στα περισσότερα επιδεινώθηκε εξαιτίας: (<http://www.egaio.gr/>)

- Του ιδιαίτερου χαμηλού ποσοστού βροχοπτώσεων.

- Της μετατροπής των τοπικών κοινωνιών από κτηνοτροφικές - αγροτικές σε κοινωνίες παροχής τουριστικών υπηρεσιών.
- Της αυξανόμενης τουριστικής κίνησης με αποτέλεσμα την υψηλή ζήτηση τους θερινούς μήνες. Τη δυσανάλογα αυξανόμενη ζήτηση νερού, σε σχέση με την αύξηση του πληθυσμού αλλά και του τουρισμού.

■

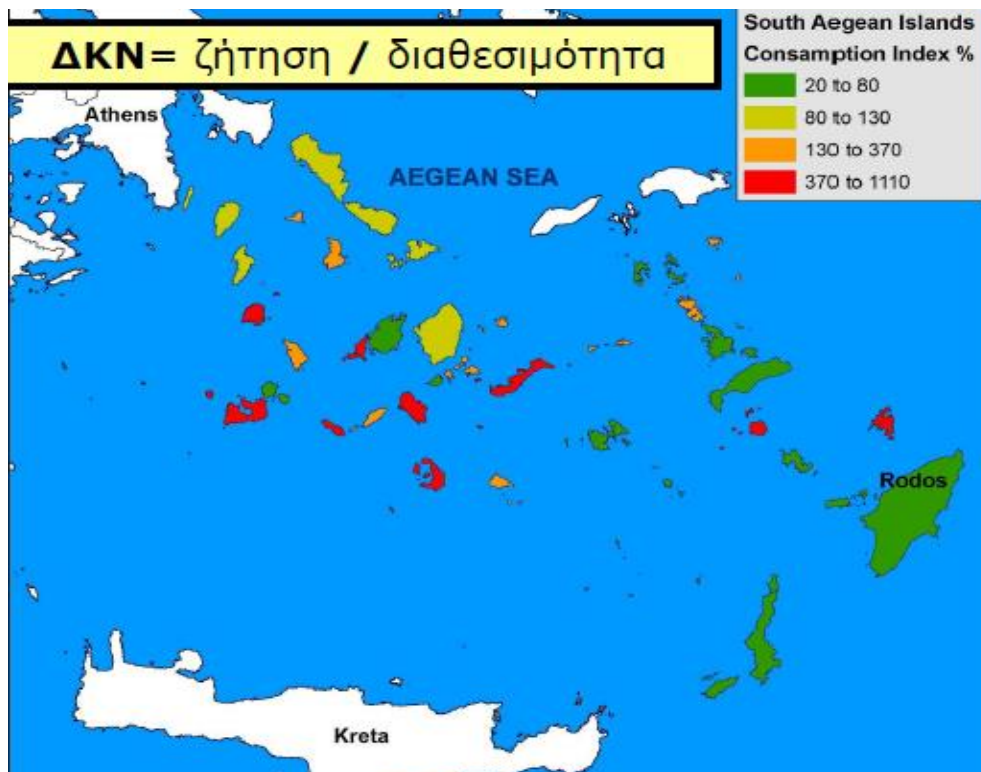


**Εικόνα 1.2.1:** Αντιπροσωπευτικές ημερήσιες διανομές ζήτησης νερού στις διάφορες εποχές του έτους για απομονωμένο νησί του Αιγαίου (Πηγή: Kaldellis, Kondili, Kormpakis, 2004)

- Των απωλειών μέσω των δικτύων ύδρευσης (πάνω από 30%).
- Της εγκατάλειψης παραδοσιακών τρόπων συλλογής βρόχινου ύδατος (ομβροδεξαμενές).
- Της κατασκευής μεγάλου αριθμού έργων υδροληψίας για τα δεδομένα των νησιών, που αύξησαν θεαματικά τη διαθεσιμότητα του πόρου σε χαμηλή τιμή για τους καταναλωτές.
- Της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων νερών (που καλύπτουν και το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος των απαιτήσεων) που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία υδραυλικών συνθηκών που ευνοούν τη υφαλμύρωση και την εισροή ρυπασμένων νερών στους υδροφορείς.
- Της απουσίας πολιτικής πρόβλεψης και πρόληψης των επιπτώσεων από την αυξανόμενη ζήτηση ύδατος.

- Της απουσίας ολοκληρωμένου σχεδιασμού ανά περιφέρεια που οφείλεται στην ελλιπή υλοποίηση του νομοθετικού πλαισίου.
- Του έντονου κατακερματισμού των προσπαθειών και τελικά του μεγάλου κόστους των απαιτούμενων συνολικά παρεμβάσεων.

Η κατανάλωση του νερού στα ελληνικά νησιά έχει αλλάξει δραματικά ως αποτέλεσμα των αλλαγών, που συντελέστηκαν στις καθημερινές συνήθειες των ανθρώπων, αλλά και λόγω του ραγδαία αυξανόμενου τουρισμού. Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ είκοσι νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων αναμένεται να αντιμετωπίσουν αύξηση των ελλειμμάτων νερού από 25 – 40% στα επόμενα χρόνια. Στα άνυδρα νησιά συγκαταλέγονται τα νησιά των Κυκλάδων Τήνος, Κίμωλος, Μήλος, Αμοργός, Φολέγανδρος, Σίκινος, Σχοινούσσα, Δονούσα, Κουφονήσι, Ηρακλειά, Θηρασία και τα νησιά των Δωδεκανήσων Λειψοί, Μεγίστη, Αγαθονήσι, Νίσυρος, Πάτμος, Σύμη, Χάλκη, Κάλυμνος και Ψέριμος. Στην Εικόνα 1.2.2 που ακολουθεί φαίνεται ο δείκτης κατανάλωσης νερού στο Αιγαίο.



**Εικόνα 1.2.2:** Δείκτης κατανάλωσης νερού στο Αιγαίο (Πηγή: Μανωλάκος, 2009)



Η έλλειψη επαρκούς ποσότητας νερού, εκτός από τα προφανή προβλήματα επιβίωσης, ζημιώνει ανεπανόρθωτα και τον τουρισμό, που είναι και το κυριότερο έσοδο των κατοίκων των νησιών, αλλά και ένα σημαντικό προϊόν για όλη τη χώρα. Έτσι, η συνεχής και πλήρη κάλυψη της ζήτησης είναι πρωταρχικό μέλημα στα νησιά αυτά και οι πόροι-μέθοδοι που έρχονται να δώσουν λύση κατά κύριο λόγο είναι:

- ✓ **Υπόγεια ύδατα** (πηγές και γεωτρήσεις) : Σε ορισμένα νησιά είναι εφικτή η αύξηση της προσφερόμενης ποσότητας νερού με επέκταση των αντλήσεων (Πάρος, Άνδρος). Αντίθετα, σε άλλα νησιά (Σύρος) ή περιοχές νησιών (Νάουσα της Πάρου) απαιτείται μείωση των αντλήσεων, καθώς οι γεωτρήσεις προχώρησαν τα τελευταία χρόνια σε μεγάλα βάθη ή παρατηρούνται έντονα φαινόμενα υφαλμύρισης του νερού.
- ✓ **Όμβρια ύδατα**: Η συγκέντρωση των ομβρίων υδάτων μπορεί μεν να είναι η πιο οικονομική λύση απ' όλες, αφού ο κάθε κάτοικος αρκεί να διαθέτει ειδικά διαμορφωμένη στέγη και μια δεξαμενή, αλλά δεν μπορεί να σταθεί ως αποκλειστική λύση, λόγω της στοχαστικότητας των βροχοπτώσεων, ενώ και πάλι καλύπτει μεν μέρος των αναγκών των κατοίκων το χειμώνα (που βρέχει), το καλοκαίρι (που δεν βρέχει) δεν επαρκεί για τις ανάγκες του τουρισμού. Οι παραδοσιακοί τρόποι αποθήκευσης νερού (ομβροδεξαμενές) έχουν περιθωριοποιηθεί μη-υπερβαίνοντας το 5% της κάλυψης της κατανάλωσης.
- ✓ **Έργα εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων**: Τα έργα αυτά είναι συνήθως χαμηλού κόστους, έντασης εργασίας, περιβαλλοντικά ωφέλιμα και μεγάλης αποτελεσματικότητας για την ανάσχεση της επιφανειακής απορροής προς τη θάλασσα και είναι πρώτης προτεραιότητας.
- ✓ **Έργα συγκέντρωσης και αποθήκευσης νερού** : Σε ορισμένα νησιά η επιφανειακή απορροή είναι σχετικά αξιόλογη και μπορεί να αξιοποιηθεί με έργα συγκέντρωσης και αποθήκευσης νερών μικρής κλίμακας. Οι λύσεις αυτές, ωστόσο θεωρούνται ακριβές, καθώς οι απαιτούμενες επενδύσεις κυμαίνονται σε προϋπολογισμούς της τάξης του 3 έως

9.000.000 € για φράγματα– λιμνοδεξαμενές μέσης χωρητικότητας 500.000 m<sup>3</sup>.

- ✓ **Αφαλάτωσης:** Η αφαλάτωση είναι μια σχετικά καινούργια μέθοδος που αποτελεί ανεξάντλητη πηγή ποσίμου νερού, είναι όμως δαπανηρή και ενεργοβόρα με υψηλά λειτουργικά κόστη, ανάλογα με τη μέθοδο. Παρόλα αυτά στα ελληνικά νησιά, θεωρείται η επικρατέστερη στο μέλλον για να λυθεί μόνιμα το πρόβλημα της ύδρευσης-ιδιαίτερα σε συνδυασμό με ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας).
- ✓ **Μεταφορά νερού** με δεξαμενόπλοια από την ηπειρωτική Ελλάδα ή από γειτονικά νησιά, όπου υπάρχουν υδάτινα αποθέματα.

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται λεπτομερέστερα οι μέθοδοι που προαναφέρθηκαν.

### 1.2.1 Μεταφορά νερού

Στο Αιγαίο, το πρόβλημα έλλειψης νερού αντιμετωπίζεται κυρίως με μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια από την ηπειρωτική Ελλάδα ή από γειτονικά νησιά όπου υπάρχουν υδάτινα αποθέματα (Ρόδος). Την τελευταία οκταετία μεταφέρθηκαν με πλοία – υδροφόρες  $6 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> νερού από τη Ρόδο, το Λαύριο και την Ελευσίνα. Η λύση αυτή δεν κρίνεται καθόλου συμφέρουσα, αφού το κόστος της μεταφοράς είναι αρκετά υψηλό. Συγκεκριμένα, το 2007, σύμφωνα με τη σύμβαση μεταξύ του υπουργείου Αιγαίου και των εταιρειών, το κόστος ήταν 7,9 €/m<sup>3</sup> για τις Κυκλάδες, ενώ για τα Δωδεκάνησα 5,08 €/m<sup>3</sup> (Σπύρου, 2009). Μόνο το 2004 δαπανήθηκαν  $13 \cdot 10^6$  € από το Υπουργείο Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής για τη μεταφορά νερού στα νησιά των Κυκλάδων και  $20 \cdot 10^6$  € για τη μεταφορά νερού στα νησιά των Δωδεκανήσων, που αντιμετωπίζουν πρόβλημα. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην προκειμένη περίπτωση, το υψηλό κόστος δεν συνοδεύεται από καλής ποιότητας υδάτων. Καθώς η ποιότητα είναι αμφίβολη, οι κάτοικοι στα νησιά του Αιγαίου στρέφονται στην αγορά εμφιαλωμένου νερού.

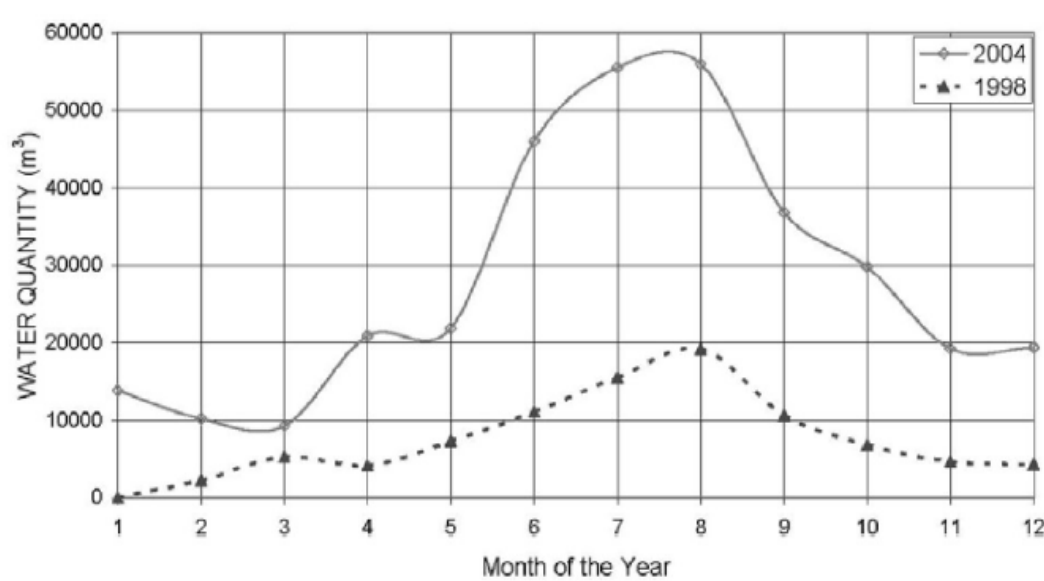
Το εμφιαλωμένο νερό κοστολογείται, τα τελευταία χρόνια (2002 – 2013) σε 0,50 Ευρώ τα 500 ml. Οι καθημερινές ανάγκες ενός μόνιμου κατοίκου υπολογίζονται στα 100 με 150 l/ημέρα και ενός τουρίστα το μήνα Αύγουστο τείνουν να είναι μέχρι και οχτώ φορές περισσότερες (Assimacopoulos, 2000). Δεδομένων των αναγκών και της τιμολόγησης του εμφιαλωμένου νερού, η λύση αυτή δεν συμφέρει.

Οι ποσότητες μεταφερόμενου νερού υποδεικνύουν την αναγκαιότητα μέτρων διαχείρισης. Σύμφωνα με μία ανασκόπηση των J.K. Kaldelis και E.M. Kondili, που πραγματοποιήθηκε το 2007 (Πίνακας 1.2.1.1) προέκυψε ότι η τιμή της μονάδας μεταφερόμενου νερού, αυξήθηκε αρκετά με τα χρόνια, κάνοντας συνειδητή την επιθυμία εύρεσης βιώσιμης λύσης.

**Πίνακας 1.2.1.1:** Μεταβολή κόστους μονάδας μεταφερόμενου νερού στις Κυκλάδες και στα Δωδεκάνησα (Πηγή: Kaldelis J.K., Kondili E.M., 2007)

Έτος	Κόστος μονάδας ύδατος στις Κυκλάδες (€/m <sup>3</sup> )	Κόστος μονάδας ύδατος στα Δωδεκάνησα (€/m <sup>3</sup> )
1997	5.43	2.7
2001	6.16 – 7.04	4.26
2005	6.3 – 7.15	5.33

Στην εικόνα 1.2.1.1 δίνονται προσεγγιστικά οι εισαγόμενες ποσότητες στις Κυκλάδες. Είναι αξιοσημείωτο, ότι οι ποσότητες μεταφερόμενου ύδατος εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες του έτους, που προηγήθηκε και από τον αριθμό των επισκεπτών ανά νησί, δηλαδή της τουριστικής κατανάλωσης.



**Εικόνα 1.2.1.1:** Εποχιακή διακύμανση στις εισαγόμενες ποσότητες νερού το 1998 και 2005 στις Κυκλάδες (Πηγή :Μανωλάκος, 2009)

Στα Δωδεκάνησα υδροδοτούνται τα νησιά με πλωτά μέσα, με προμήθεια νερού από τις Νομαρχιακές γεωτρήσεις της περιοχής Καλάθου Ρόδου ή σε περίπτωση αντίξοων συνθηκών από τη ΔΕΥΑ Ρόδου. Τα νησιά των Δωδεκανήσων, στα οποία μεταφέρεται νερό είναι τα παρακάτω (Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου & Νησιωτικής Πολιτικής, 2008):

- Μεγίστη
- Ρω
- Σύμη (Πέδη–Γυαλός & Μονή Πανορμίτου)
- Νήμος
- Χάλκη
- Μάκρη
- Νίσυρος (Μανδράκι & Πάλλοι)
- Γυαλί (Νισύρου)
- Ψέριμος
- Καλόλιμνος
- Παλαιόνησος
- Φαρμακονήσι
- Λέρος

- Πάτμος (Πάτμος & Γρίγος)
- Λειψοί
- Αρκιοί (Αρκιοί & Γλιμπάμπα)
- Μαράθι
- Αγαθονήσι
- Λέβιθα
- Κάλυμνο (Πλατύ)

και σε οποιοδήποτε άλλο νησί παρουσιασθεί έλλειψη πόσιμου νερού.

Στις Κυκλάδες υδροδοτούνται με πλωτά μέσα κατά κύριο λόγο τα νησιά Αμοργός, Κουφονήσια, Κίμωλος, Ηρακλειά, Σχοινούσα, Φολέγανδρος, Τήνος, Σίκινο, Θηρασιά και Δονούσα με προμήθεια νερού από το δίκτυο της Ε.Υ.Δ.Α.Π.

Η Γενική Γραμματεία Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής, έχει από το 1997 την ευθύνη της χρηματοδότησης του έργου της μεταφοράς νερού με υδροφόρα πλοία, για κάλυψη των αναγκών των άνυδρων νησιών του χώρου ευθύνης του.

Στον Πίνακα 1.2.1.2 παρουσιάζονται οι μεταφερόμενες ποσότητες και τα αντίστοιχα κόστη νερού στα νησιά του Αιγαίου. Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε ότι στα Δωδεκάνησα, οι ποσότητες των υδάτων που μεταφέρθηκαν είναι διπλάσιες από αυτές στις Κυκλάδες. Στην αειφορική διαχείριση δεν εξετάζεται μόνο η οικονομική πτυχή, αλλά και η περιβαλλοντική.

**Πίνακας 1.2.1.2:** Μεταφερόμενες ποσότητες και τα αντίστοιχα κόστη νερού στα νησιά του Αιγαίου.(Πηγή: <http://www.e-telescope.gr>)

ΕΤΟΣ	Ν.Α. ΚΥΚΛΑΔΩΝ			Ν.Α. ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ			ΣΥΝΟΛΑ	
	Ποσότητες κ.μ	Δαπάνες € (με ΦΠΑ)	Δαπάνη ανά κ.μ.	Ποσότητες κ.μ	Δαπάνες € (με ΦΠΑ)	Δαπάνη ανά κ.μ.	Ποσότητες κ.μ	Δαπάνες €
2002	329.343	2.561.278 36	7 78	617.745	3.109.358 65	5 03	947.088	5.670.637 01
2003	336.777	2.772.718 04	8 23	605.019	3.214.680 89	5 31	941.796	5.987.398 93
2004	338.812	2.787.235 66	8 23	759.737	4.034.203 29	5 31	1.098.549	6.821.438 95
2005	464.562	4.006.916 45	8 63	969.676	5.082.935 63	5 24	1.434.238	9.089.852 08
2006	567.719	4.677.686 54	8 24	1.005.338	4.905.044 06	4 88	1.573.057	9.582.730 60
2007	697.117	5.802.509 26	8 32	1.101.628	5.403.900 34	4 91	1.798.745	11.206.409 60
2008	687.731	5.721.921 92	8 32	1.141.724	5.765.706 20	5 05	1.829.455	11.487.628 12
2009	429.075	3.569.904 00	8 32	826.910	4.175.895 50	5 05	1.255.985	7.745.799 50
2010*	59.769	575.713 95	9 63	95.345	9053169 14	9 49	155.114	1.480.883 09
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>3.910.905</b>	<b>32.475.884</b>		<b>7.123.122</b>	<b>36.596.894</b>		<b>11.034.027</b>	<b>69.072.778</b>

### 1.2.2 Υπόγεια Ύδατα

Η απουσία εκτεταμένης ενδοχώρας και η υδραυλική γεινίαση των περισσότερων υδροφόρων με τη θάλασσα είναι οι σημαντικότεροι φυσικοί αρνητικοί παράγοντες στη δημιουργία υδροσυστημάτων μεγάλης υδροαποθεματικότητας και καλής ποιότητας νερού στα νησιά της Ελλάδος. Εάν στους προαναφερόμενους παράγοντες προστεθεί και το καθεστώς της άναρχης εκμετάλλευσης των υδροφόρων του νησιωτικού χώρου (και όχι μόνο), καθώς και οι ταχύτατα αυξανόμενες ανάγκες σε νερό, τότε μπορούμε να αντιληφθούμε, γιατί αρκετά νησιά έχουν περιέλθει σε τόσο δεινή κατάσταση λειψυδρίας σήμερα.

Μια πιο αναλυτική εικόνα των υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στο νησιωτικό χώρο του Αιγαίου δίνεται παρακάτω (Σαμπατακάκης, 2001):

- Η μικρή έκταση των υδροπερατών επιφανειών σε συνδυασμό με το χαμηλό μέσο ύψος βροχοπτώσεων δεν επιτρέπουν την ύπαρξη αξιόλογων υδροφόρων από πλευράς υδροαποθεματικότητας.

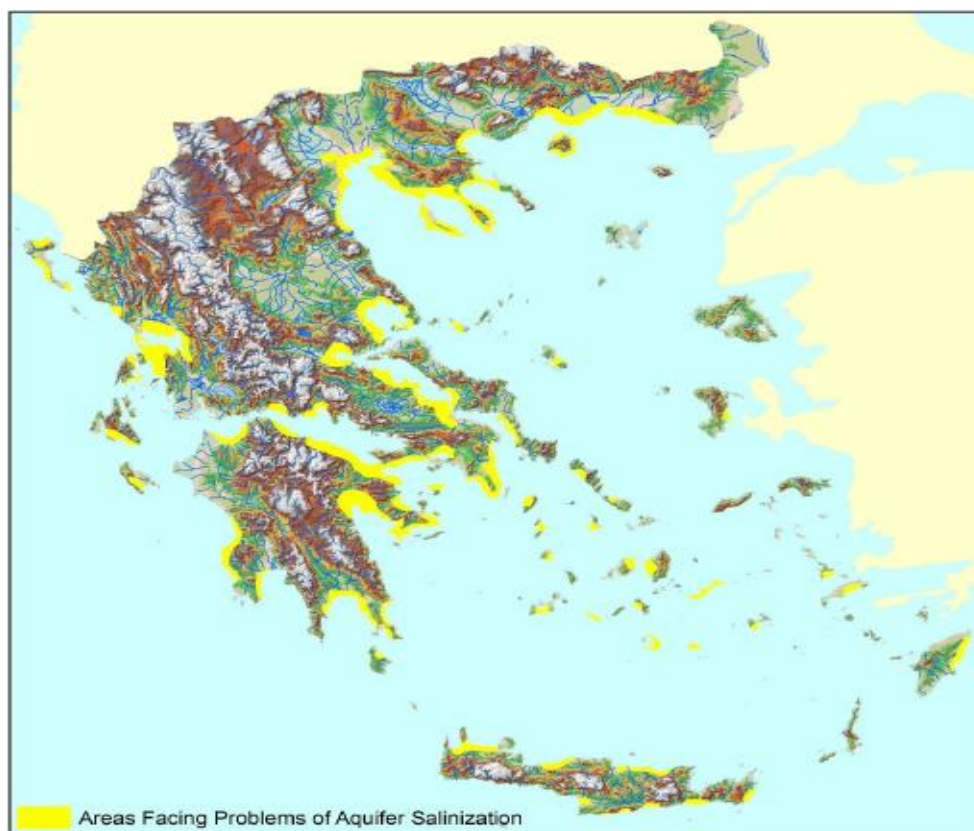
- Η άμεση γειννίαση με τη θάλασσα έχει σαν αποτέλεσμα την εξουδετέρωση ενός τμήματος των υπόγειων νερών καθιστώντας τα υφάλμυρα και μειώνοντας περαιτέρω την υδροδοτική ικανότητα των υδροφόρων ιδιαίτερα την καλοκαιρινή περίοδο.

- Οι βροχοπτώσεις οι οποίες κατανέμονται μεταξύ Νοεμβρίου και Μαρτίου προκύπτουν να είναι «ενεργές» για την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων και όχι πάντοτε. Ειδικά για το χώρο των Κυκλάδων η περίοδος τροφοδοσίας των υδροφόρων από τις βροχοπτώσεις, με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, προκύπτει ότι είναι οι μήνες Δεκεμβρης – Γενάρης – Φλεβάρης – Μάρτης.

- Σύμφωνα με εκτιμήσεις λειτουργούν στη χώρα μας περίπου 300.000 γεωτρήσεις (35-40% των οποίων παράνομες), αριθμός υπερβολικός για τις δυνατότητες των υπεδαφικών υδροφορέων (>31% για το σύνολο της χώρας, +320% στη Θεσσαλία, +260% στην Αττική, +200% στην Πελοπόννησο και τα νησιά του Αιγαίου, +20% στην Κεντρική και +30% στη Δυτική Μακεδονία). (Δαγκαλίδης, 2009)

Είναι φυσικό ότι αν σε ένα υδροφόρο στρώμα δεν γίνεται ουδεμία εκμετάλλευση, ουδεμία άντληση νερού, τότε η στάθμη του θα ακολουθεί τη φυσική ετήσια και υπερετήσια πορεία και η στάθμη σε υπερετήσια βάση θα διακυμαίνεται γύρω από μία περίπου σταθερή τιμή. Είναι επίσης αυτονόητο, ότι μεταβολή της στάθμης σε ένα υδροφόρο στρώμα, σε μια περιοχή, σημαίνει μεταβολή των αποθεμάτων. Αν η ετήσια αντλούμενη ποσότητα είναι μικρότερη ή το πολύ ίση με τη φυσική ανανέωση (όση τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα, ή όση η ασφαλής απόδοση), η στάθμη το πρώτο χρονικό διάστημα υποχωρεί λίγο. Στη συνέχεια διακυμαίνεται πλέον γύρω από μία νέα μέση

υπερετήσια στάθμη, μακροχρόνια σταθερή πλέον, αλλά κατώτερη ως προς την αρχική. Αν η ετήσια αντλούμενη ποσότητα όμως είναι συνεχώς ανώτερη από τη συνολική ετήσια ανανέωση, τότε η ετήσια στάθμη υποχωρεί κάθε χρόνο πιο κάτω από αυτήν του προηγούμενου έτους. Στην περίπτωση αυτή έχουμε υπεράντληση και προκαλείται μόνιμη υποχώρηση της στάθμης που είναι τόσο πιο μεγάλη, όσο πιο έντονη και μακροχρόνια είναι η υπεράντληση. Γίνεται άντληση όχι μόνο των εκμεταλλεύσιμων αλλά και μέρους των μονίμων. Η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση έχει σαν συνέπεια την μείωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα , με πιθανές συνέπειες τη συνίζηση του υδροφόρου και την υποχώρηση επιφάνειας εδάφους (καθίζηση) , τη μείωση της παροχής ή ακόμα και τη στείρευση πηγών, την αποξήρανση λιμνών και κυρίως την υφαλμύρωση τεράστιων παραθαλάσσιων εκτάσεων σε επίπεδα επικίνδυνα, όχι μόνο για πόση, αλλά και για γεωργικές χρήσεις. (<http://www.geo.auth.gr>) Εκτιμάται ότι η υφαλμύρωση υπερβαίνει τα 2.000.000 στρέμματα γεωργικής γης, με οξυμμένα προβλήματα σε πολλές παράκτιες περιοχές του Αιγαίου.



**Εικόνα 1.2.2.1:** Χάρτης Υφαλμύρωσης Ελλάδας (Πηγή: Μανωλάκος, 2009)



Τα περισσότερα από τα νησιά στον Ελλαδικό χώρο υδρεύονται κυρίως από υπόγεια ύδατα. Αυτό φαίνεται και στον πίνακα 1.2.2.1, που παρουσιάζονται οι βασικοί υδατικοί πόροι, που διατίθενται σε διάφορα νησιά των Κυκλάδων και οι μέθοδοι κάλυψης των υδατικών τους αναγκών.

**Πίνακας 1.2.2.1:** Πόροι και μέθοδοι κάλυψης υδατικών αναγκών (Πήγη: Τμήμα Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, 2002 )

<b>ΝΗΣΙ</b>	<b>ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΛΥΨΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ</b>
Αμοργός	<b>Γεωτρήσεις, Μεταφορά νερού</b>
Ανάφη	<b>Γεωτρήσεις, Πηγές</b>
Άνδρος	<b>Πηγές, Γεωτρήσεις</b>
Αντίπαρος	<b>Γεωτρήσεις</b>
Δονούσα	<b>Φρέατα, Γεωτρήσεις</b>
Ηρακλεία	<b>Μεταφορά νερού</b>
Θήρα	<b>Γεωτρήσεις, Αφαλάτωση</b>
Θηρασία	<b>Μεταφορά νερού, Αφαλάτωση</b>
Ίος	<b>Γεωτρήσεις</b>
Κέα	<b>Πηγές, Γεωτρήσεις</b>
Κίμωλος	<b>Μεταφορά νερού</b>
Κουφονήσι	<b>Μεταφορά νερού</b>
Κύθνος	<b>Πηγές, Γεωτρήσεις</b>
Μήλος	<b>Γεωτρήσεις</b>
Μύκονος	<b>Φρέατα, Γεωτρήσεις, Αφαλάτωση</b>

Νάξος	<b>Πηγές, Πηγάδια, Γεωτρήσεις</b>
Πάρος	<b>Γεωτρήσεις</b>
Σέριφος	<b>Γεωτρήσεις, Πηγές</b>
Σίκινος	<b>Πηγές, Γεωτρήσεις</b>
Σίφνος	<b>Γεωτρήσεις</b>
Σύρος	<b>Γεωτρήσεις, Αφαλάτωση</b>
Σχοινούσα	<b>Γεωτρήσεις, Μεταφορά νερού</b>
Τήνος	<b>Πηγές, Γεωτρήσεις</b>
<b>Φολέγανδρος</b>	<b>Γεωτρήσεις, Μεταφορά νερού</b>

### 1.2.3 Συλλογή Βρόχινου Νερού

Με τον όρο αξιοποίηση του βρόχινου νερού περιγράφουμε τους τρόπους και τις μεθόδους συλλογής, αποθήκευσης και επεξεργασίας του νερού της βροχής με σκοπό την κάλυψη επιμέρους αναγκών. Μία υπόγεια ή υπέργεια δεξαμενή τοποθετείται κοντά στην έξοδο της υδρορροής (σωλήνας καθόδου) της στέγης του κτιρίου, στην οποία το βρόχινο νερό συλλέγεται αφού πρώτα επεξεργασθεί με τη χρήση κατάλληλου φίλτρου που βρίσκεται εγκατεστημένο εντός της δεξαμενής. Διάφορα στερεά, σκόνη, αιωρούμενα σωματίδια, αερόβια βακτήρια, ακαθαρσίες, καθώς και άλλοι ρύποι μπορούν να φτάνουν στη δεξαμενή αποθήκευσης όσο καλά σχεδιασμένο και αν είναι το σύστημα, γεγονός που καθιστά το αποτελεσματικό φιλτράρισμα του νερού απαραίτητο για την παραγωγή ασφαλούς και ευχάριστου για τον άνθρωπο νερό. Μεταξύ των υπόγειων και υπέργειων δεξαμενών προτιμούνται γενικά οι πρώτες καθώς έχουν το πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης της θερμοκρασίας και της σκίασης που προσφέρει το έδαφος. (<http://www.ergon-energia.gr>)

Το σκεπτικό της συλλογής βρόχινου νερού δεν είναι καινούριο, αλλά χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες στα ελληνικά νησιά, καθώς και στις αγροτικές

περιοχές της ενδοχώρας, έχοντας σημαντική παράδοση όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και σε πολλές άλλες χώρες του πλανήτη. Ουσιαστικά πρόκειται για συστήματα, που χρησιμοποιούσαν οι πρόγονοί μας και που οι συνθήκες λειψυδρίας επανέφεραν σε μια πιο σύγχρονη εκδοχή.

Οι νησιώτες πάντα αναγνώριζαν την αξία του νερού και είχαν αναπτύξει σοφές τεχνικές εξοικονόμησής του. Οι νησιώτικες κοινωνίες ήξεραν ότι το νερό έρχεται από «πάνω», και γι αυτό σε πολλά μέρη είχαν αναπτύξει σοφές πρακτικές συλλογής του βρόχινου νερού ενώ προστάτευαν τα πηγάδια και τις πηγές του πόσιμου νερού. Η σοφή διαχείριση του νερού και η προσεκτική επαναχρησιμοποίησή του ήταν μέρος της καθημερινής κουλτούρας.

Όμως, η «πρόοδος» και το άναρχο μοντέλο τουριστικής ανάπτυξης απομάκρυνε τη σύγχρονη κοινωνία σημαντικά από την υπεύθυνη και λογική χρήση νερού και οι υδατικοί πόροι υποβαθμίστηκαν συνολικά. (<http://ecoanemos.wordpress.com>)

Τα τελευταία χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στις Κυκλάδες πρόγραμμα συλλογής ομβρίων υδάτων. Πρόκειται για μια συνεργασία του Μεσογειακού Γραφείου Πληροφόρησης για το Περιβάλλον, τον Πολιτισμό και την Αειφόρο Ανάπτυξη, με τη Global Water Partnership Mediterranean, και χρηματοδότηση από το πρόγραμμα «Αποστολή Νερό» της CocaCola Τρία Εψιλον και CocaColaHellas. Ξεκίνησε αρχικά από τη Σύρο, την Τήνο και τη Νάξο το 2009, την επόμενη χρονιά επεκτάθηκε σε Ανάφη, Σαντορίνη, Νάξο, Ηρακλειά, Κουφονήσια, πέρυσι έφτασε σε Μήλο, Σίκινο, Φολέγανδρο, Σίφνο, Σέριφο. Υπολογίζεται να ξεκινήσουν έργα και στην Ανδρο, την Κέα, την Κύθνο, την Πάρο, την Αντίπαρο και την Αμοργό. Σκοπός του προγράμματος, είναι, πέραν της εξοικονόμησης νερού και εξασφάλισής του με συστήματα συλλογής, «να καλλιεργηθεί στους κατοίκους μια νέα κουλτούρα του νερού και να γίνουν ακόμη πιο υπεύθυνοι καταναλωτές». (<http://news.kathimerini.gr/>)

Μέχρι στιγμής έχουν κατασκευαστεί 31 έργα, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται τα εξής:

- Στο δημοτικό σχολείο Βάρης στη Σύρο, επισκευάστηκε δεξαμενή χωρητικότητας 500 m<sup>3</sup> και τοποθετήθηκε σύστημα παραγωγής

πόσιμο νερού και διάθεσης του νερού με τιμή 50 λεπτά/20 λίτρα. Το διαχειρίζεται και εισπράττει ο Δήμος, με σκοπό να συντηρεί και να καλύπτει τα έξοδα λειτουργίας του συστήματος (φίλτρα κ.λπ.).

- Στην Ηρακλειά επισκευάστηκε δεξαμενή της μοναδικής πηγής του νησιού. Αποκαταστάθηκαν οι ρωγμές και τοποθετήθηκε μόνωση με υλικά κατάλληλα για πόσιμο νερό. Το συλλεγόμενο νερό διατίθεται σε όλους τους κατοίκους.
- Παρόμοιο έργο έγινε στα Κουφονήσια, επισκευάστηκε μία από τις δύο κοινοτικές δεξαμενές του νησιού εσωτερικά και εξωτερικά. Το συλλεγόμενο νερό είναι διαθέσιμο προς όλους τους κατοίκους του νησιού.
- Στο νηπιαγωγείο Ημεροβιγλίου στη Σαντορίνη, επισκευάστηκε η επιφάνεια συλλογής βρόχινου νερού-ταράτσα και έγιναν συνοδά υδραυλικά έργα. Το νηπιαγωγείο «έβαζε» νερό, επειδή το κτίριο είναι παλαιό και ανεπαρκώς συντηρημένο. Μετά την επισκευή, αφενός συλλέγεται το βρόχινο νερό στην κεντρική δεξαμενή του σχολείου και είναι διαθέσιμο για μη πόσιμες χρήσεις, και αφετέρου αποφεύγεται η υγρασία μέσα στον χώρο του Νηπιαγωγείου.
- Στη Φολέγανδρο επισκευάστηκε μια αγροτική δεξαμενή στη θέση Μαραβάς – Άγιος Σώστης. Επίσης, αποκαταστάθηκαν οι ρωγμές και μεγάλης έκτασης ζημιές σε μια παλαιά χειροποίητη δεξαμενή, η οποία είναι προσβάσιμη μόνο με τα πόδια ή με μουλάρια, προκειμένου να διατίθεται το συλλεγόμενο βρόχινο νερό στους κτηνοτρόφους της περιοχής.
- Στον Αρτεμώνα της Σίφνου αποκαταστάθηκε ένας ανεμόμυλος, από την ενέργεια του οποίου τίθεται σε λειτουργία μια αντλία νερού από πηγάδι, που συλλέγει το βρόχινο νερό από τα όμορα κτίρια. Το νερό διατίθεται προς το παρόν για πότισμα, ενώ στο μέλλον υπάρχει η σκέψη να δημιουργηθεί παραδοσιακό

εργαστήρι αγγειοπλαστικής, κατεξοχήν σιφνείκη τέχνη, που θα χρησιμοποιεί το νερό αυτό.

#### 1.2.4 Φράγματα

Φράγμα είναι μια κατασκευή που εμποδίζει, ανακατευθύνει ή επιβραδύνει την φυσική ροή του νερού. Συνήθως με την κατασκευή ενός φράγματος δημιουργούνται συλλέκτες υδάτων, δεξαμενές ή ακόμα και τεχνητές λίμνες. (<http://el.wikipedia.org/>)

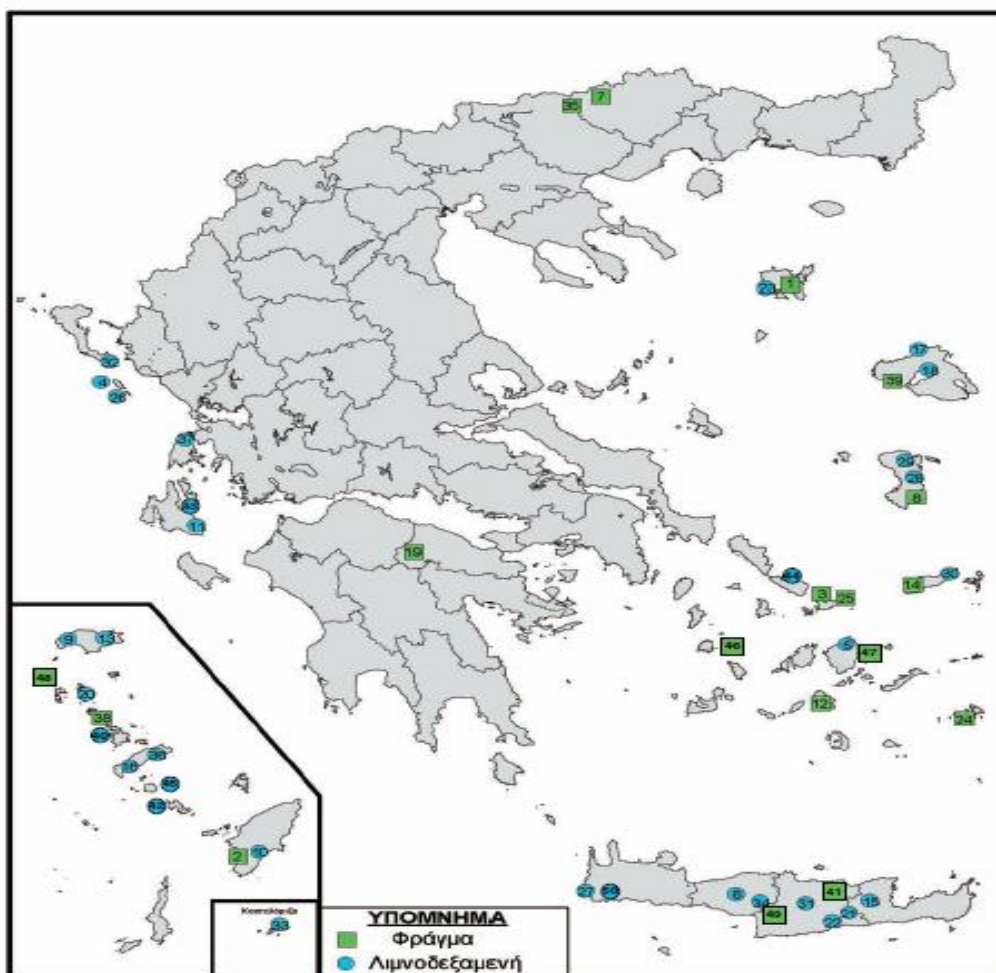
Ένας βασικός λόγος για την κατασκευή ενός φράγματος, είναι η συλλογή νερού για την κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών. Τα φράγματα είναι έργα ιδιαίτερης σημασίας με σημαντικό κόστος. Απαιτούν πολύ χρόνο για να κατασκευαστούν και ιδιαίτερα σοβαρές και πολυδάπανες γεωλογικές, περιβαλλοντικές και στατικές μελέτες, ενώ η κατασκευή ενός φράγματος, έστω και μικρού, προκαλεί και σημαντική αλλοίωση στο περιβάλλον, καθώς είναι μια μόνιμη κατασκευή η οποία ενδεχομένως να μην είναι και αισθητικά η καταλληλότερη (Σαμακίδης, 2009). Η λύση της κατασκευής των φραγμάτων ενδείκνυται σε περιοχές, όπου το ανάγλυφο του εδάφους έχει έντονες κλίσεις και υψομετρικές διαφορές οπότε επιτυγχάνεται η επιφανειακή απορροή σημαντικών ποσοτήτων νερού.

Η ιδανική λύση ειδικά για τα νησιά είναι η κατασκευή μικρών φραγμάτων ,αναχωμάτων που θα καθυστερούν τη γρήγορη και χειμαρρώδη ροή του νερού. Με αυτά τα έργα ενισχύεται ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα και μπορούμε να έχουμε νερό στις δύσκολες εποχές. Για παράδειγμα, τα νερά που καταλήγουν αναξιοποίητα στη θάλασσα, από τρεις μόνο χειμάρρους της Ικαρίας, υπολογίζονται σε 60.000.000 έως 80.000.000 m<sup>3</sup> ετησίως. Οι αντίστοιχες ποσότητες που χάνονται από τους κύριους χειμάρρους της Σάμου υπολογίζονται από 50.000.000 έως 60.000.000 m<sup>3</sup> τον χρόνο. Με δύο μικρά τεχνητά φράγματα στην Ικαρία θα μπορούσαν να συγκεντρώνονται κάθε χρόνο από 15.000.000 έως 20.000.000 m<sup>3</sup> νερό, ενώ δύο μικρά φράγματα

στη Σάμο θα μπορούσαν να συγκεντρώνουν πάνω από 10.000.000 m<sup>3</sup> νερό το καθένα.

Στην εικόνα 1.2.4.1 απεικονίζεται η χωρική κατανομή για τα 50 φράγματα και τις λιμνοδεξαμενές που έχουν κατασκευαστεί από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων με το «Πρόγραμμα των λιμνοδεξαμενών», αλλά και παλαιότερα. Η χρηματοδότηση τους προήλθε από τα τρία Κοινοτικά Πλαίσια Στήριξης της Ε.Ε. και Εθνικούς Πόρους.

Από το υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης έχουν κατασκευαστεί 39 ταμιευτήρες σε όλα τα νησιά, ωστόσο δεν έχουν όλα ολοκληρωθεί και αποδοθεί σε χρήση.



**Εικόνα 1.2.4.1:** Χάρτης με τα κατασκευασμένα Φράγματα και Λιμνοδεξαμενές του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2006)

Στις περιοχές που κατασκευάστηκαν φράγματα ή λιμνοδεξαμενές άρχισαν να αντιμετωπίζονται με αποτελεσματικό τρόπο οι επικρατούσες

συνθήκες απερίημωσης και έκτοτε επικρατεί ένα καθεστώς αναπτυξιακής πνοής. Παράλληλα αναπτύχθηκαν αξιόλογα οικοσυστήματα χλωρίδας και πανίδας στο νέο περιβάλλον, που δημιούργησε η παρουσία του νερού και αναβαθμίστηκε η οικολογική αξία αυτών των περιοχών. Οι «τεχνητές λίμνες» που δημιουργήθηκαν μπορούν να αποτελέσουν πόλο έλξης για αναψυχή του ανθρώπινου δυναμικού που διαβιώνει στην ευρύτερη ζώνη, αλλά και για επενδύσεις αγροτουριστικών μονάδων κλπ. Έτσι, στις περιοχές αυτές, παρατηρείται σήμερα μια αξιοσημείωτη αναζωογόνηση του κοινωνικού ιστού και αρχίζουν αναπτυξιακές προσπάθειες με νέες δυναμικές. Ήδη διαφαίνεται ότι τα έργα αυτά επιδρούν θετικά σε μια νέα «τουριστική κατάσταση» που τείνει να διαμορφωθεί όσον αφορά στη φυσιολατρία.

#### 1.2.5 Αφαλάτωση

Η αφαλάτωση είναι η διεργασία αφαίρεσης των αλάτων από αλατούχα ύδατα τα οποία μπορεί να είναι είτε το αλμυρό νερό της θάλασσας, είτε υφάλμυρο νερό από κάποια πηγή (υφαλμυρο νερό με αλατότητα <10000 ppm – θαλασσινό νερό με αλατότητα >10000 ppm). (<http://el.wikipedia.org/>) Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται πόσιμο νερό ή νερό για άρδευση. Η συγκέντρωση του παραγόμενου νερού σε άλατα έχει να κάνει με την πηγή προέλευσης του νερού και την μέθοδο αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται.

Η αφαλάτωση άρχισε να αναπτύσσεται κατά κόρον τον 20<sup>ο</sup> αιώνα με την εμφάνιση λειψυδρίας σε πολλές περιοχές της Γης και εφαρμόζεται κυρίως σε περιοχές με ξηρό κλίμα, φτωχές σε πόσιμο νερό και με πρόσβαση σε θαλασσινό νερό. Όπως είναι γνωστό το 97,3% περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στη θάλασσα αναμεμιγμένο σε μεγάλες αναλογίες με διάφορα διαλυμένα άλατα σε τέτοια μορφή που η χρήση του, είτε ως πόσιμο, είτε ακόμα και για βιομηχανικές διεργασίες καθίσταται αδύνατη.

Η διαδικασία της αφαλάτωσης μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους. Η επιλογή της μεθόδου έχει να κάνει με πολλές παραμέτρους όπως η τοποθεσία, οι ειδικές καταστάσεις κάθε περιοχής, η διαθεσιμότητα της ενέργειας, η προέλευση του νερού (αλμυρό ή υφάλμυρο) κτλ. Η “βέλτιστη” μέθοδος είναι

σε κάθε περίπτωση αυτή που παράγει αξιόπιστα την ζητούμενη ποσότητα νερού στην αναμενόμενη ποιότητα και με ένα αποδεκτό κόστος. Οι μέθοδοι αφαλάτωσης, που βρήκαν ευρεία εφαρμογή και έχουν πλήρως δοκιμαστεί και κυκλοφορούν στο εμπόριο τα τελευταία 30 έως 40 χρόνια, είναι η εξάτμιση (απόσταξη), οι ιοντικές μέθοδοι και η αντίστροφη ώσμωση.

Όλες οι τεχνολογίες αφαλάτωσης απαιτούν γενικά μεγάλα ποσά ενέργειας (πχ. θερμικές μέθοδοι, ειδική κατανάλωση 8-15 kWh/m<sup>3</sup>. παραγόμενου φρέσκου νερού, ενώ η αντίστροφη ώσμωση 2-5 kWh/m<sup>3</sup>. Για το λόγο αυτό, η κατανάλωση ενέργειας ενός συστήματος αφαλάτωσης προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό το κόστος παραγωγής του αφαλατωμένου νερού. Σε πολλά νησιά μας θα μπορούσε να αξιοποιηθεί η απορριπτόμενη θερμότητα από τις μηχανές ντίζελ (σώμα μηχανής και καυσαέρια) και τους αεριοστρόβιλους των αυτόνομων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και να παραχθεί φρέσκο νερό με θερμικές μεθόδους αφαλάτωσης. Η ηλεκτρική ενέργεια συνήθως συνδυάζεται με την τεχνολογία της αντίστροφης ώσμωσης.

Γενικά, το κόστος αφαλάτωσης περιλαμβάνει, το αρχικό κόστος επένδυσης, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας και το κόστος του παραγόμενου νερού. Το κόστος του παραγόμενου νερού περιλαμβάνει όλα τα προηγούμενα κόστη, δηλαδή το αρχικό κόστος επένδυσης και το συνολικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

Σημαντική παράμετρος που επηρεάζει το κόστος παραγωγής του αφαλατωμένου νερού είναι το μέγεθος της μονάδας αφαλάτωσης (οικονομία κλίμακας). Παραδείγματος χάριν για μια μονάδα αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης δυναμικότητας  $5 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/ημέρα, το κόστος του νερού μπορεί να είναι περίπου 1,5 ευρώ/ m<sup>3</sup>, ενώ σε αντίστοιχο σύστημα  $20 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/ημέρα μπορεί να είναι 0,75 ευρώ/ m<sup>3</sup>. Σήμερα σε μονάδες αντίστροφης ώσμωσης, εφόσον τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο, το κόστος παραγωγής αναμένεται να είναι μικρότερο των 2 ευρώ/ m<sup>3</sup>, ενώ εάν τροφοδοτούνται από αιολική ενέργεια, οι τιμές που έχουν καταγραφεί στην Ελλάδα είναι περίπου 2,5 ευρώ/ m<sup>3</sup> και εάν τροφοδοτούνται από



φωτοβολταϊκά, το κόστος αναμένεται να είναι μεγαλύτερο των 5 ευρώ/ m<sup>3</sup>. (<http://www.enthesis.net>)

Στην Ελλάδα οι πρώτες προσπάθειες στον τομέα της αφαλάτωσης έγιναν στα τέλη της 10ετίας του 60 και αφορούσαν μικρές πειραματικές μονάδες ηλιακής απόσταξης. Τα επόμενα χρόνια δημιουργήθηκαν εγκαταστάσεις ηλιακής απόσταξης για ύδρευση στα νησιά Νίσυρο, Κίμωλο, Κεφαλονιά, Ιθάκη, Πάτμο, Καστελόριζο Σύμη και Αίγινα, αλλά οι περισσότερες εγκαταλείφθηκαν, κυρίως λόγω προβλημάτων συντήρησης ή λειτουργίας. Η πιο αξιόλογη και καινοτόμος εφαρμογή ήταν αυτή της Πάτμου (έργο του καθηγητή Α. Δεληγιάννη και της συζύγου του) με επιφάνεια εξάτμισης 8,665 m<sup>2</sup> και μέση παραγωγική ικανότητα 25 m<sup>3</sup>/ημέρα.

Μετά το 1980 η ανάπτυξη εφαρμογών αφαλάτωσης για παραγωγή νερού ύδρευσης στηρίχθηκε σχεδόν αποκλειστικά στην τεχνολογία αντίστροφης όσμωσης, η οποία κατέστη αποδοτικότερη και πλέον συμφέρουσα για τις Ελληνικές συνθήκες. Αξιόλογη πρόοδος όμως, σημειώνεται μετά το 1990, λόγω κυρίως της αύξησης των αναγκών ύδρευσης στα άνυδρα νησιά που προκλήθηκε από την αυξημένη τουριστική δραστηριότητα.

Το 2008 η συνολική κατανάλωση των νησιών του Αιγαίου ήταν περίπου 166 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ετησίως που καλύπτονταν κατά 82,6% με υπόγεια ύδατα, κατά 4,4% με ταμιευτήρες, κατά 4,1% με αφαλάτωση και κατά 1,4% με μεταφορά νερού από άλλες περιοχές, ενώ το συνολικό ετήσιο έλλειμμα που δεν καλύπτονταν ήταν περίπου 20 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Το 2009 το υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής ανακοίνωσε πρόγραμμα για τη δημιουργία μονάδων αφαλάτωσης σε 13 νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκανήσων, (Αμοργός, Δονούσα, Κουφονήσια, Ηράκλεια, Θηρασιά, Σίκινος, Φολέγανδρος, Μεγίστη, Χάλκη, Λειψοί, Αγαθονήσι, Αρκιοί και Ψέριμος), ενώ άλλα πέντε μικρότερα νησιά θα τροφοδοτούνται με νερό από τα διπλανά τους μεγαλύτερα νησιά. (Δαγκαλίδης,2009)

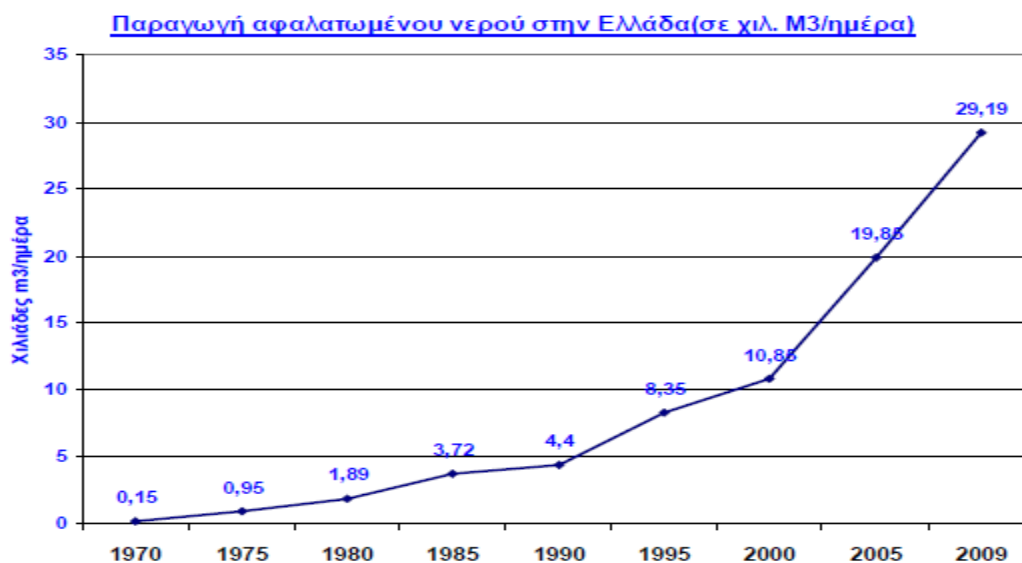
Σήμερα λειτουργούν στη χώρα μας 50 μονάδες αφαλάτωσης που εξυπηρετούν την ύδρευση δήμων και κοινοτήτων με συνολική εγκατεστημένη

δυναμικότητα αφαλάτωσης περίπου  $35 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ , ενώ υπάρχουν και αρκετές εκατοντάδες μικρότερες μονάδες ιδιωτικής χρήσης (ξενοδοχεία, βιομηχανίες, κατοικίες, κ.τ.λ.). Σύμφωνα με εκτιμήσεις εταιρίας, που δραστηριοποιείται στο χώρο, η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού υπερβαίνει τα  $50 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  και υφάλμυρου τα  $100 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ . Κάποιες από τις σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης είναι εκείνες που βρίσκονται στη Σύρο, τη Μύκονο .

**Πίνακας 1.2.5.1** :Σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα (Πηγή: Δαγκαλίδης, 2009)

**Σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα**

Μονάδα	Έτος Κατασκευής (αρχικό)	Τύπος	Δυναμικότητα (m <sup>3</sup> /ημ.)	Αρχικό κόστος (εκ.€)	Λειτουργικό κόστος (€)
Σύρος 1η (Ερμούπολη)	1992	RO(SW)	800	0,589	1,25
Σύρος 2η (Ερμούπολη)	1997	RO(SW)	800	1,482	1,25
Σύρος 3η (Ερμούπολη)	2001	RO(SW)	2x250	0,346	1
Σύρος 4η (Άνω Σύρος)	2000	RO(SW)	250	0,215	0,5
Σύρος 5η (Άνω Σύρος)	2002	RO(SW)	500	0,4	0,5
Σύρος 6η (Ερμούπολη)	2002	RO(SW)	4x500	0,313	1
Σύρος 7η (Άνω Σύρος)	2005	RO(SW)	2x500	1	0,4
Σχοινούσα	2004	RO(SW)	100	0,12	0,7
Μύκονος (Κόρφου) παλαιά	1989	RO(SW)	2x550		
Μύκονος (Κόρφου) νέα	2001	RO(SW)	3x650	1,276	0,5
Πάρος (Νάουσα)	2001	RO(SW)	1200	0,415	0,5
Τήνος (Παλαιά)	2001	RO(SW)	500	0,434	0,62
Τήνος (Νέα)	2005	RO(SW)	500	0,376	0,62
Οίας, Σαντορίνης 1η	1994	RO	220		
Οίας, Σαντορίνης 2η	2000	RO	320	0,211	2
Οίας, Σαντορίνης 3η	2002	RO	160		
Θήρας, Σαντορίνης	2009	RO	1000		
Θηρασιά	1997	RO	48		
Σίφνος	2002	RO(BW)	500	0,224	3,5
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2000	RO(BW)	600	0,205	0,3
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	3x1000	0,71	0,26
Ομηρούπολης (Δήμος), Χίου	2005	RO	500	0,2	0,26
Νίσυρος (Παλαιά)	1991	RO	300	0,572	
Νίσυρος (Νέα)	2002	RO	350	0,295	0,66
Ιθάκη, Κεφαλονιάς1η	1981	RO	620	0,264	2,88
Ιθάκη, Κεφαλονιάς2η	2003	RO	520	0,587	0,58
Λέρου (ΔΕΥΑ)	2001	RO	200	0,074	0,13
Μήλου(Δήμος)	2008	RO(με Α/Γ)	2000		
Κασσωπαίων (Δήμος)	2001	RO	500	0,117	0,13
Ποσειδωνίας (Δήμος) 1	2002	RO(SW)	2x250	0,464	0,56
Ποσειδωνίας (Δήμος) 2	2005	RO(SW)	2x500	0,574	0,45
Αγίου Γεωργίου (Δήμος)	2002	RO	500	0,102	0,3
Παξών (Δήμος) 1η	2005	RO	330	0,26	0,51
Παξών (Δήμος) 2η	2005	RO	150	0,162	0,59
Παξών (Δήμος) 3η	2007	RO(SW)	250	0,211	0,51
Δυστίων (Δήμος)	2006	RO(BW)	400	0,2	0,3
Σίφνος (Δήμος)	2007	RO(SW)	250		
Ιος (Δήμος)	2003	RO(SW)	1000		
Ιθάκη (Δήμος)	2005	RO(SW)	200	0,22	
Οινουσών (Δήμος)	2005	RO(SW)	500		
Πόρου (Δήμος)	2006	RO(BW)	1000	0,2	0,3
Γαξίου (Δήμος), Αλμυρός ποταμός, Ηρακλείου	2008	RO(BW)	1000		
Ηρακλεία(Πλωτή μονάδα Υδριάδα)	2008	RO(με Α/Γ)	70	2,8	0,2



**Εικόνα 1.2.5.1** :Παραγωγή αφαλατωμένου νερού στην Ελλάδα (Πηγή :Δαγκαλίδης, 2009)

Η περίπτωση των μονάδων αφαλάτωσης του Δήμου Ερμούπολης στη Σύρο αποτελεί πρότυπο λειτουργίας. Στο νησί της Σύρου έχουν καταφέρει να προσφέρουν την ‘ανακούφιση που χρειαζόντουσαν τα υπόγεια ύδατα’, έχουν δρομολογήσει σε απόλυτα ικανοποιητικό βαθμό τη λειτουργία των μονάδων και τέλος έχουν μία ακόμη επιτυχία, ως προς τον τρόπο τιμολόγησης του παραγόμενου ύδατος στους καταναλωτές. Στο δήμο Ερμούπολης η υδροδότηση καλύπτεται 100% από αφαλάτωση. Η πρώτη μονάδα αφαλάτωσης λειτούργησε το 1970 με τη μέθοδο της κλασματικής απόσταξης. Το διάστημα 1984-1987 η υδροδότηση καλυπτόταν και από γεωτρήσεις στην περιοχή. Στην περίοδο 1988-89, έγινε η δεύτερη μονάδα αφαλάτωσης, η οποία ξεκίνησε με δύο μονάδες και σήμερα λειτουργούν οκτώ μονάδες, με τη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης. Με τη λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης καλύπτεται η ζήτηση, της οποίας η αιχμή υπολογίζεται στα 3000 m<sup>3</sup>/ημέρα. Τη χειμερινή περίοδο παρατηρείται ζήτηση 250 m<sup>3</sup> και το καλοκαίρι 350 m<sup>3</sup> ημερησίως. Η μονάδα αφαλάτωσης εξυπηρετεί και το Δ.Δ. Μάννα και την Αζόλιμνο. Για τα δύο αυτά δημοτικά διαμερίσματα υπάρχει και μια κάλυψη της τάξης των 10% από γεωτρήσεις και πηγές. (ΕΜΠ, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2006)

Για την αντιμετώπιση της ζήτησης κατά την αιχμή της τουριστικής περιόδου, ο Δήμος Μυκόνου προχώρησε στην κατασκευή του εργοστασίου αφαλάτωσης στην περιοχή “Κόρφος” (δυναμικότητα  $1.200\text{m}^3$  και  $2.000\text{m}^3$  ημερησίως). Το εργοστάσιο αφαλάτωσης της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης του Δήμου Μυκόνου λειτουργεί από τον Ιούνιο του 1989. Οι παλιές εγκαταστάσεις (2 μονάδες) παρήγαγαν  $1.200\text{m}^3$  καθαρό νερό την ημέρα ενώ με τον καινούριο εξοπλισμό (3 μονάδες) παράγουν έως και  $2.300\text{m}^3/\text{ημέρα}$ . Το νερό που παράγεται από το εργοστάσιο χρησιμοποιείται για την υδροδότηση της Χώρας της Μυκόνου. Η τεχνική αφαλάτωσης που χρησιμοποιείται στο εργοστάσιο είναι η αντίστροφη όσμωση. Η αφαλάτωση χρησιμοποιεί τεράστιες ποσότητες ηλεκτρισμού και γι’ αυτό το λόγο, το νερό που παράγεται έχει τριπλάσιο κόστος απ’ ότι το νερό των συμβατικών λύσεων. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπ’ όψη και η ενέργεια για τη μεταφορά του νερού από τις παράκτιες εγκαταστάσεις αφαλάτωσης και την προώθηση του νερού ανηφορικά και προς την ενδοχώρα. Το κόστος αυτό αντισταθμίζεται από την ενέργεια που παράγει η ανεμογεννήτρια στην περιοχή Μαού και η οποία ανήκει στη ΔΕΥΑΜ. Η αφαλάτωση δεν μπορεί να καλύψει ανάγκες άρδευσης αλλά μόνο του νερού οικιακής χρήσης και κυρίως σε περιοχές που είναι τουριστικές και το νερό μπορεί να χρεωθεί σε υψηλές τιμές. (ΕΜΠ, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2007)

Μία αντιπροσωπευτική μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με τεχνολογία αντίστροφης όσμωσης εγκαταστάθηκε και στο νησί της Μήλου, το 2007. Η μονάδα είναι δυναμικότητας  $2400\text{m}^3/\text{ημέρα}$  και χρησιμοποιεί για τη λειτουργία της ανεμογεννήτρια ισχύος  $850\text{KW}$  που είναι εγκατεστημένη σε υφιστάμενο αιολικό πάρκο. Χρησιμοποιώντας υψηλής απόδοσης συστήματα ανάκτησης ενέργειας, κατάλληλες αντλίες και μετατροπέα συχνότητας, ελαχιστοποιήθηκε η καταναλισκόμενη ενέργεια παραγόμενου ύδατος. Επίσης για την ανάκτηση ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν εναλλάκτες πίεσης βαθμού απόδοσης 95-98 % επί της ανακτώμενης ενέργειας. Για την απαιτούμενη πίεση 60- 65bar για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού χρησιμοποιούνται υδρολιπαινόμενες αντλίες θετικής εκτόπισης. Άριστοι μετατροπέες συχνότητας

(Inverters) προσαρμόζουν όλες τις διακυμάνσεις φορτίου και έτσι οι απώλειες του συστήματος είναι ελάχιστες. Η ενεργειακή κατανάλωση συμπεριλαμβανομένης και της τροφοδοσίας με υποβρύχιες αντλίες κυμαίνεται μεταξύ 3,0-3,2 KWh/m<sup>3</sup> (Υφαντής Ν.Δ., Υφαντής Δ.Κ., 2008).

Πόσιμο νερό σε έξι μικρά, άνυδρα νησιά του Αιγαίου θα εξασφαλίσουν και οι νέες μονάδες αφαλάτωσης, που έχουν λάβει το «πράσινο φως» προκειμένου να ξεκινήσει η κατασκευή τους το προσεχές διάστημα (2012-2013). Μετά από χρόνια διαδικασιών, οι περίπου 6.000 κάτοικοι της Πάτμου, της Κύθνου, της Αντιπάρου, της Χάλκης, της Φολεγάνδρου και του Κουφονησίου θα αποκτήσουν πρόσβαση σε καθαρό νερό και το ελληνικό Δημόσιο θα απαλλαγεί από μερικά εκατομμύρια ευρώ που στοιχίζει η μεταφορά νερού με το καράβι. Το πρώτο έργο, δημοπρατήθηκε τον Ιούνιο του 2012 και ξεκίνησε στο Κουφονήσι και ακολούθησε η μονάδα της Αντιπάρου. Κάθε μονάδα σε κάθε νησί θα έχει δυναμικότητα παραγωγής 500-600 m<sup>3</sup> αφαλατωμένου νερού ημερησίως, ποσότητα που καλύπτει πλήρως τις ανάγκες υδροδότησης ακόμη και τη θερινή περίοδο, κατά την οποία υπάρχει αυξημένη τουριστική κίνηση. Σύμφωνα με εκτιμήσεις της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, το πρόβλημα της έλλειψης πόσιμου νερού στα συγκεκριμένα νησιά θα λυθεί τουλάχιστον για τα επόμενα δέκα χρόνια ή και περισσότερο, αν δεν αυξηθεί υπερβολικά ο τουρισμός και ο αριθμός των μόνιμων κατοίκων. Ο λόγος που τόσα χρόνια δεν έχει προχωρήσει περισσότερο η αφαλάτωση στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου είναι, σύμφωνα με την περιφέρεια, η χαοτική και βραδυκίνητη γραφειοκρατία. Για να πάρει έγκριση κατασκευής μια μονάδα αφαλάτωσης απαιτούνται 15 διαφορετικές αδειοδοτήσεις, οι οποίες μάλιστα κάποιες φορές αλληλεπικαλύπτονται.

Τέλος, δεν μπορεί να παραλειφθεί η αναφορά στην «Υδριάδα», την πρώτη πλωτή μονάδα αφαλάτωσης στον κόσμο που είναι εξ' ολοκλήρου ελληνικής μελέτης και κατασκευής. Η «Υδριάδα» βρίσκεται στην Ηρακλεία των Μικρών Ανατολικών Κυκλάδων και έχει παραγωγή περίπου 70 m<sup>3</sup>/ημέρα, είναι ενεργειακά αυτόνομη, λόγω της ανεμογεννήτριας και των επικουρικών φωτοβολταϊκών που διαθέτει, ενώ τα έξοδα συντήρησης ανέρχονται σε μόλις

0,2 ευρώ/m<sup>3</sup> και ο έλεγχός της γίνεται εξ' αποστάσεως με σύστημα GPRS κινητής τηλεφωνίας. Η ομάδα που την κατασκεύασε, ισχυρίζεται ότι θα ετοιμάσει άλλες τρεις πολύ μεγαλύτερες πλατφόρμες που θα παράγουν 200 m<sup>3</sup> την ημέρα η καθεμία και θα εγκατασταθούν σε νησιά του Αιγαίου. Η κατασκευή αυτή έχει το σοβαρό πλεονέκτημα ότι μπορεί να τοποθετηθεί σε μεγάλη απόσταση από την στεριά, όπου ο άνεμος είναι ισχυρότερος, ενώ αντέχει σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, οπότε η παραγωγή πόσιμου νερού είναι συνεχής. (Μουτάφης, 2008)



**Εικόνα 1.2.5.2:** Η «Υδριάδα», η πρώτη παγκοσμίως πλωτή μονάδα αφαλάτωσης (Πηγή : [www.ecofinder.gr](http://www.ecofinder.gr) )

Η «Υδριάδα» έχει ύψος μιας δεκαώροφης πολυκατοικίας, ζυγίζει 150 τόνους και κόστισε 2.800.000 ευρώ. Πάντως οι επόμενες «Υδριάδες» αναμένεται να κοστίζουν μέχρι 700.000 ευρώ.

***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>***  
***ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ***



## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

### 2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η νήσος Κύθνος ή αλλιώς με το τοπωνύμιο Θερμιά, βρίσκεται στο βορειοδυτικό μέρος του νομού Κυκλάδων, ανάμεσα στην Κέα (Τζιά) και τη Σέριφο. Απέχει από τον Πειραιά 56 ναυτικά μίλια, μια απόσταση που τα συμβατικά πλοία την διασχίζουν σε 3 ώρες περίπου, ενώ από το λιμάνι του Λαυρίου απέχει μόνο 2 ώρες. Έχει έκταση 99,4 km<sup>2</sup> και 1.456 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011.



Εικόνα 2.1.1 : Η θέση της νήσου Κύθνου στις Κυκλάδες (Πηγή: [el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org))

Από διοικητικής άποψης, η νήσος Κύθνος υπάγεται στην περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, στο Νομό Κυκλάδων και ολόκληρο το νησί αποτελεί τον ομώνυμο Δήμο Κύθνου, ο οποίος περιλαμβάνει τα Δημοτικά Διαμερίσματα

Κύθνου και Δρυοπίδας. Οι κυριότεροι οικισμοί είναι αυτοί της Δρυοπίδας, του Μέριχα, της Χώρας Κύθνου και των Λουτρών στο κεντρικό μέρος του νησιού .

**Πίνακας 2.1.1:** Οι οικισμοί και οι νησίδες που αποτελούν το δήμο Κύθνου (Πηγή: Δήμος Κύθνου)

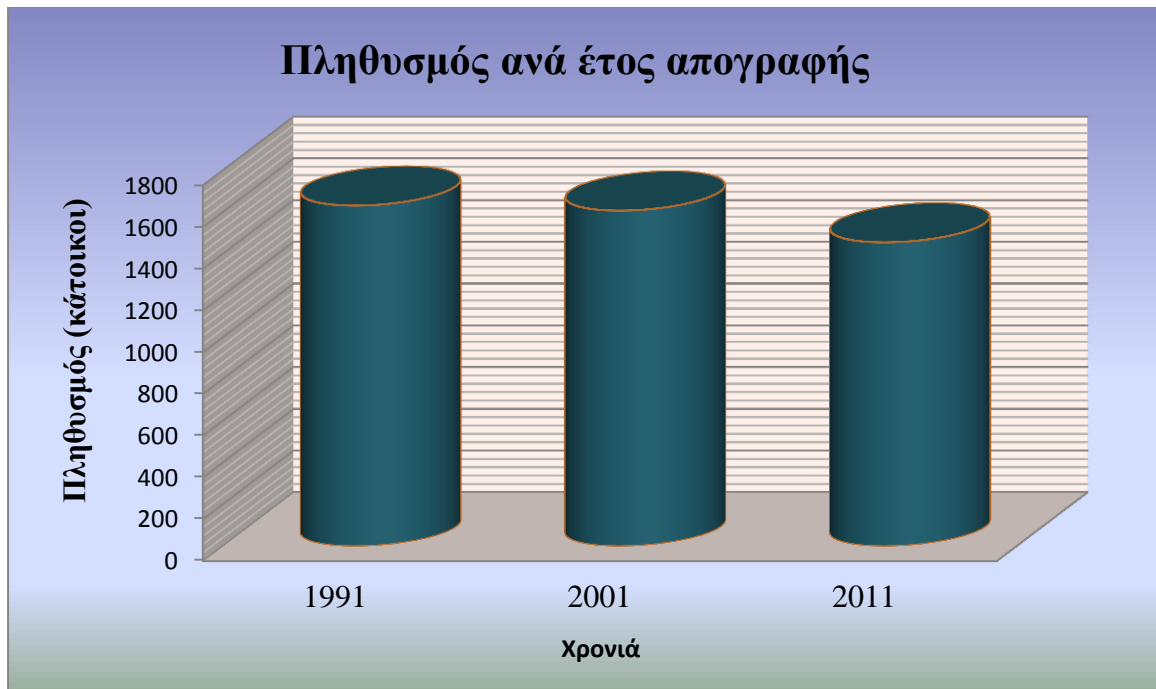
<b>Δ.Δ ΚΥΘΝΟΥ</b>	<b>Δ.Δ ΔΡΥΟΠΙΔΑΣ</b>
<b>Κύθνος (Χώρα)</b>	<b>Δρυοπίδα</b>
<b>Αγία Ειρήνη</b>	<b>Άγιος Δημήτριος</b>
<b>Άγιος Στέφανος</b>	<b>Νάουσα</b>
<b>Απόκριση</b>	<b>Γαϊουρόμαντρα</b>
<b>Λουτρά</b>	<b>Επισκοπή</b>
	<b>Καλό Λιβάδι</b>
	<b>Κανάλα</b>
	<b>Λεύκες</b>
	<b>Λιοτρίβι</b>
	<b>Μέριχας</b>
	<b>Πιπέρι</b>
	<b>Σκύλου</b>
	<b>Φλαμπούρια</b>

Στην Κύθνο οι κάτοικοι ασχολούνται κυρίως με την αλιεία, την κτηνοτροφία και τα τελευταία χρόνια με τον τουρισμό. Σε αντίθεση με άλλα νησιά των Κυκλάδων, η Κύθνος διατηρεί την αγροτική της οικονομία, με την εκτροφή βοοειδών και αμνοεριφίων, καθώς και την παραγωγή μελιού.

Ο πληθυσμός του Δήμου Κύθνου ,όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί ,ανέρχονταν σε 1.632 κατοίκους το 1991, σε 1.608 κατοίκους το 2001 και σε 1.456 κατοίκους το 2011 σύμφωνα με την επίσημη απογραφή της Ε.Σ.Υ.Ε (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος). Ο πληθυσμός δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένος στο νησί, αλλά εμφανίζεται συγκεντρωμένος σε μεγάλο ποσοστό στους κατοίκους των τριών μεγαλύτερων οικισμών, της Κύθνου, της Δρυοπίδος και του Μέριχα.

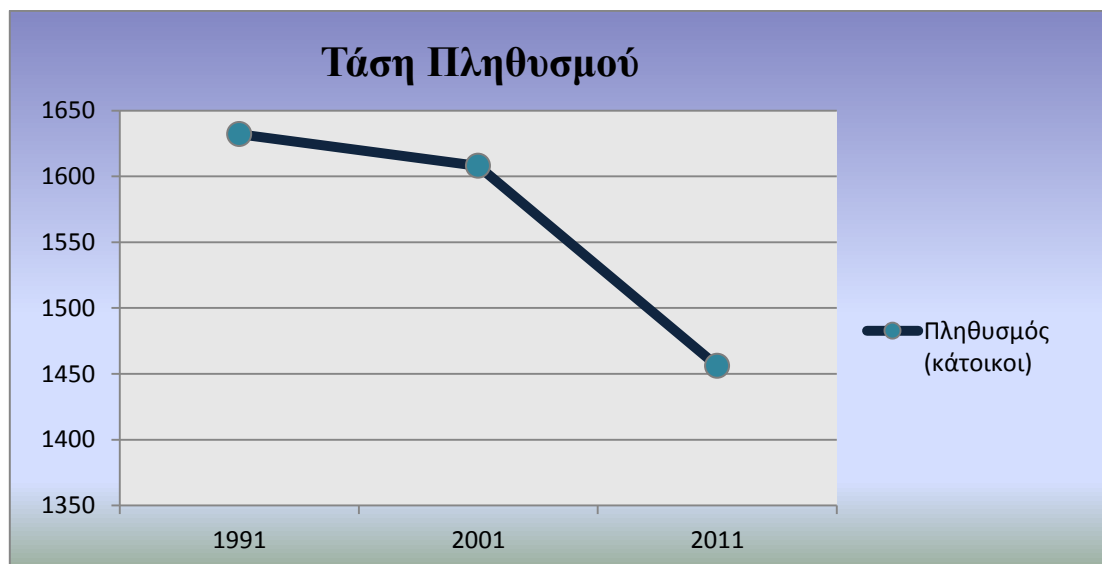
**Πίνακας 2.1.2:** Ο πληθυσμός των οικισμών που αποτελούν το δήμο Κύθνου (Πηγή: Δήμος Κύθνου)

<i>Οικισμός</i>	<i>Πραγματικός Πληθυσμός 1991</i>	<i>Πραγματικός πληθυσμός 2001</i>	<i>Πραγματικός πληθυσμός 2011</i>
Άγιος Δημήτριος	0	9	33
Άουσα	0	6	4
Γαϊδουρόμαντρα	4	2	0
Δρυοπίδα	591	517	325
Επισκοπή	3	8	8
Καλό Λιβάδι	0	10	0
Κανάλα	12	13	24
Λεύκες	1	0	2
Λιοτρίβι	0	0	0
Μέριχας	181	289	369
Πιπέρι (νησίδα)	0	0	0
Σκύλου	0	0	6
Φλαμπούρια	3	8	16
<b>Τοπική Κοινότητα Δρυοπίδος Κύθνου</b>	<b>795</b>	<b>862</b>	<b>787</b>
Αγία Ειρήνη	14	2	8
Άγιος Στέφανος	9	3	8
Απόκριση	0	2	11
Κύθνος	672	676	561
Λουτρά	142	63	81
<b>Τοπική Κοινότητα Κύθνου</b>	<b>837</b>	<b>746</b>	<b>669</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ Δ.ΚΥΘΝΟΥ</b>	<b>1632</b>	<b>1608</b>	<b>1456</b>



**Εικόνα 2.1.1:** Ραβδόγραμμα πυκνότητας πληθυσμού ανά έτος απογραφής

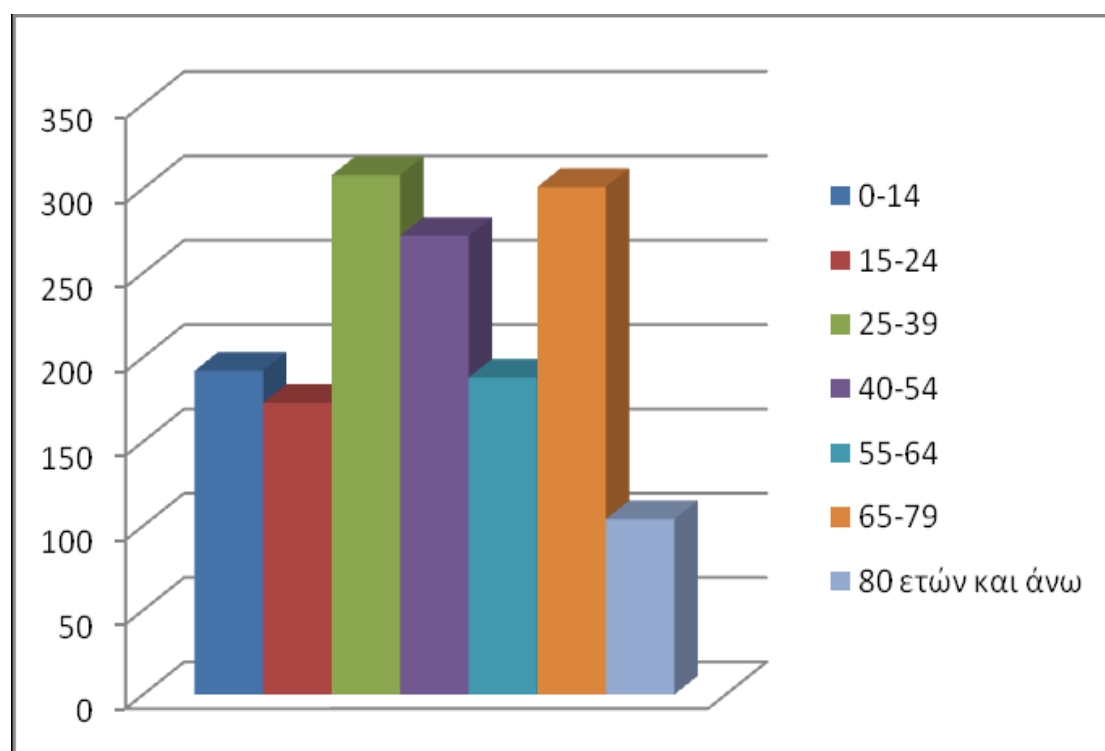
Από το ραβδόγραμμα και τον πίνακα, είναι εμφανές ότι παρουσιάζεται μια μείωση του πληθυσμού της τάξης του 1,5% περίπου κατά τη δεκαετία 1991 – 2001 και της τάξης του 10,44 % κατά τη δεκαετία 2001-2011. Η σταδιακή μείωση του πληθυσμού απεικονίζεται στην εικόνα 2.1.2 που ακολουθεί.



**Εικόνα 2.1.2:** Διάγραμμα τάσης πληθυσμού

Η τάση μείωσης στον μόνιμο πληθυσμό ενδεχομένως να οφείλεται στην ηλικιακή κατανομή των μόνιμων κατοίκων του νησιού, όπως φαίνεται και στον υψηλό δείκτη γήρανσης.

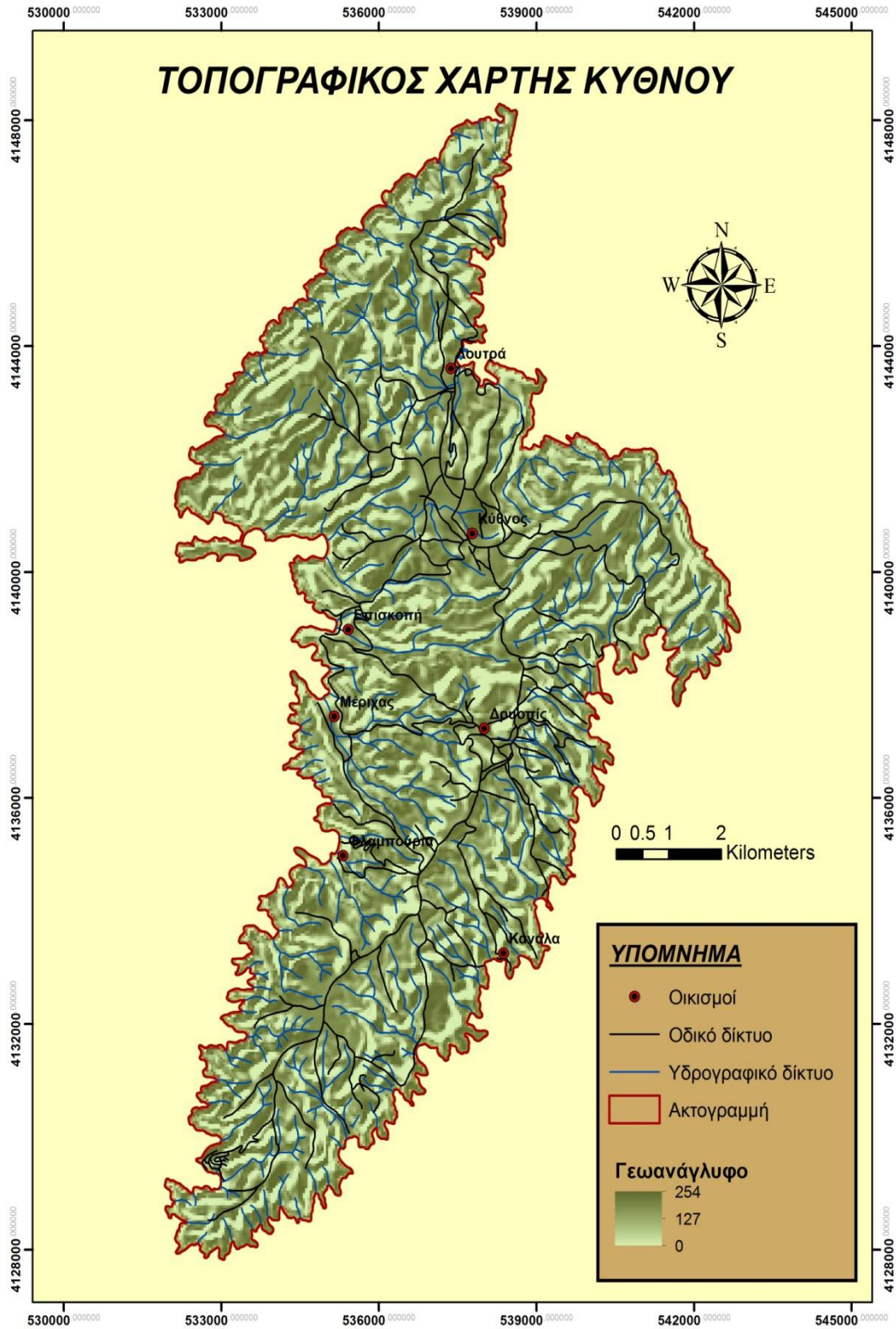
Τέλος, ο επίσημα καταγεγραμμένος μόνιμος πληθυσμός του Δήμου Κύθνου, δύναται να τετραπλασιάζεται κατά την περίοδο των θερινών μηνών.



Εικόνα 2.1.3: Ηλικιακή κατανομή το 2001 (Πηγή: Δήμος Κύθνου)

## 2.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

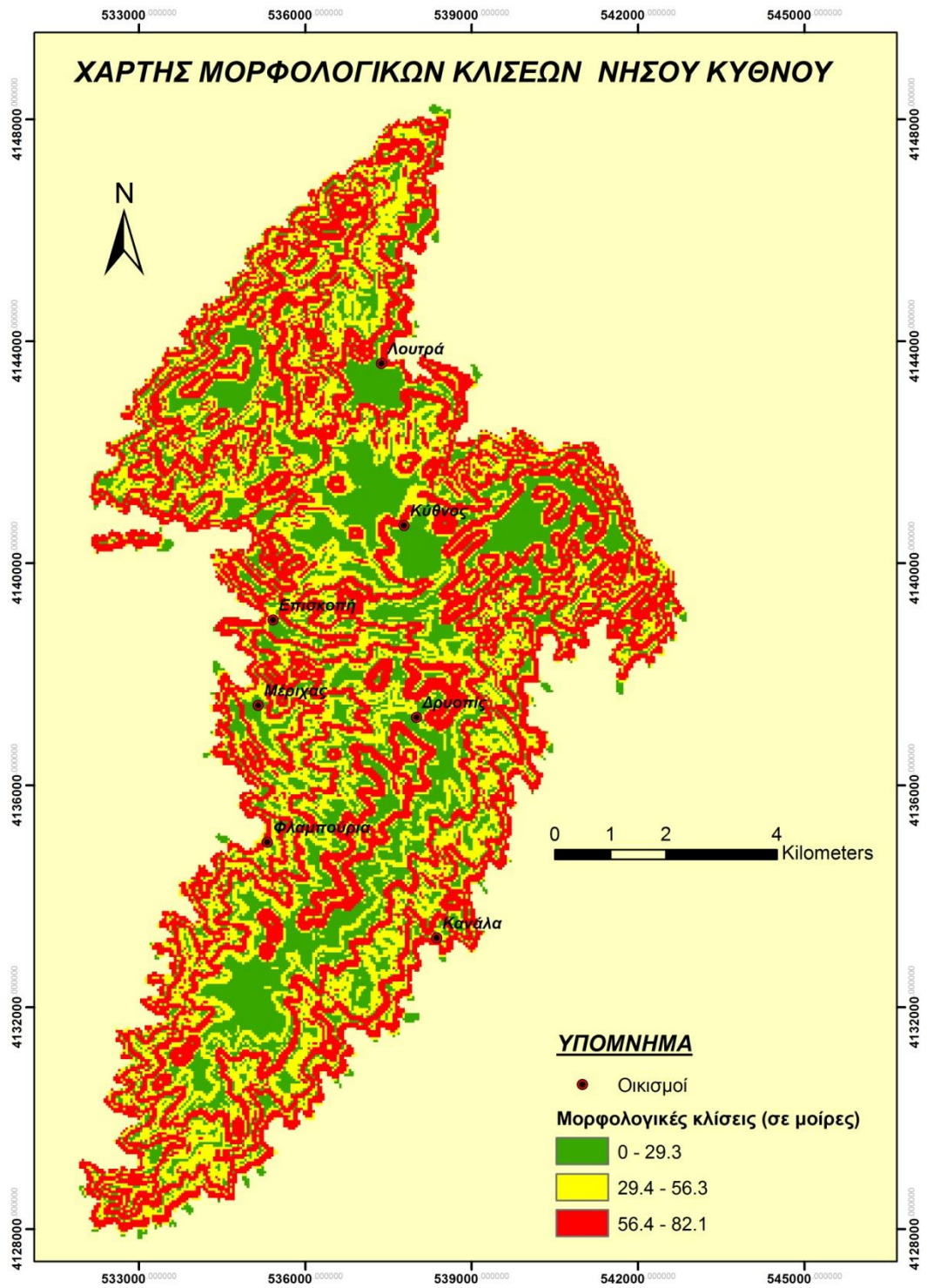
Η Κύθνος είναι ημιορεινό νησί με επίμηκες και πεπλατυσμένο σχήμα στα βορειοδυτικά, ενώ κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί η παρουσία δύο επιμήκων κορυφογραμμών, διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ, στο βορειοδυτικό και νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού, με σχετικά ήπιες μορφολογικές κλίσεις και μικρά επίπεδα διάβρωσης. Το μέσο υψόμετρο της περιοχής έρευνας υπολογίστηκε στα 127 m, με το μέγιστο να φθάνει τα 254 m στην περιοχή του προφήτη Ηλία, ενώ το ελάχιστο τα 0 m όπως φαίνεται και στον τοπογραφικό χάρτη και στον χάρτη υψομετρικών ζωνών που ακολουθούν.



Εικόνα 2.2.1: Χάρτης τοπογραφικός νήσου Κύθνου (Πηγή: ΙΓΜΕ)

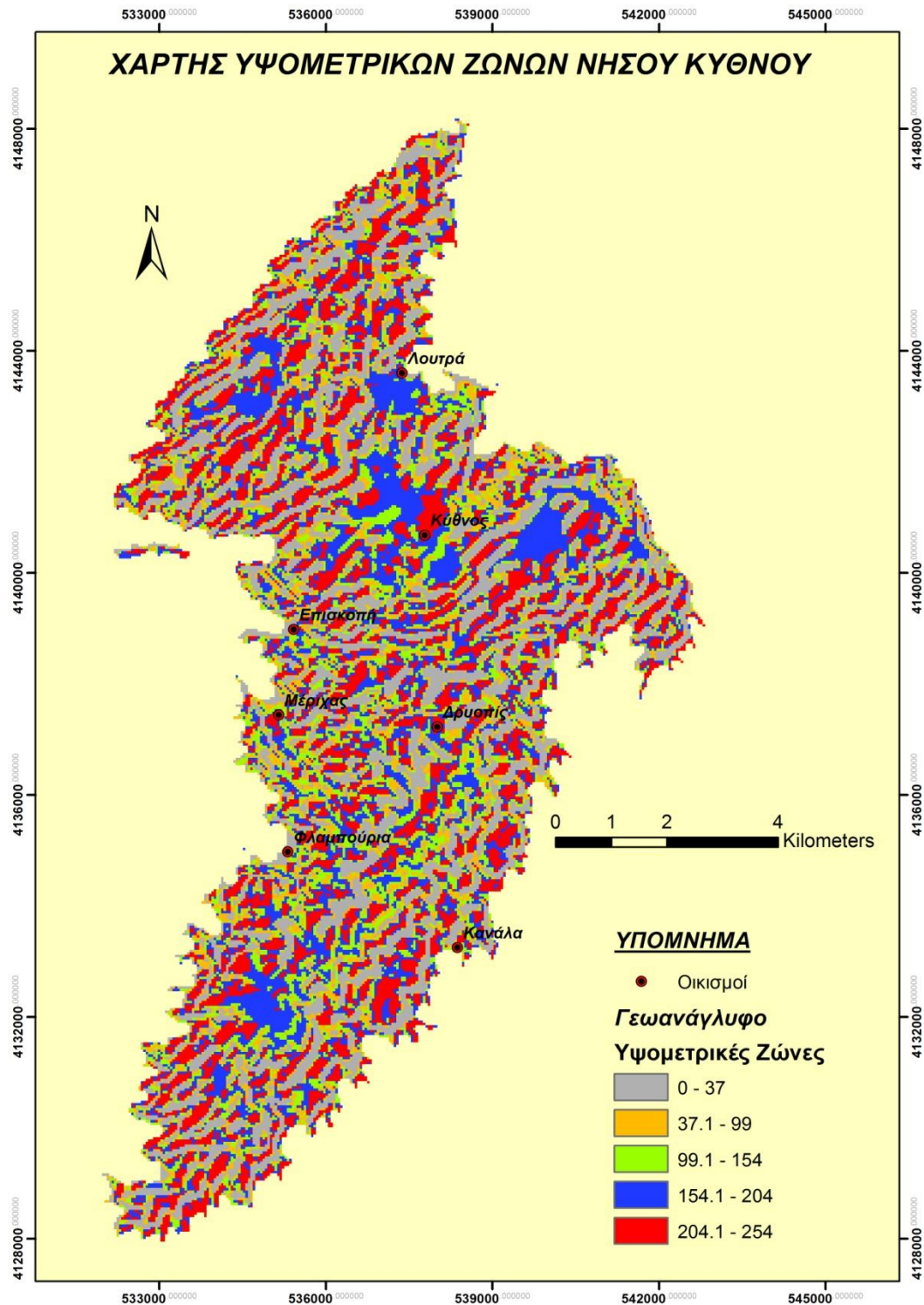
Το μήκος των ακτογραμμών της νήσου Κύθνου είναι περίπου 111,1 χιλιόμετρα και διαθέτει 92 όρμους, ορμίσκους και παραλίες. Οι κοιλάδες είναι μικρού εύρους, με κυμαινόμενα μήκη από 100m έως 350m και γενικής διεύθυνσης Α – Δ.

Στην περιοχή έρευνας, ο "Χάρτης μορφολογικών κλίσεων " προέκυψε από την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και αφορά στην ταξινόμηση του τοπογραφικού αναγλύφου. Ανάλογα με την τιμή κλίσης των πρανών διακρίνουμε τρεις κατηγορίες .Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται σε κλίσεις από 0 μέχρι 29,3 μοίρες και συναντάται κυρίως στο κεντρικό και νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού. Πλησιάζοντας προς την ακτογραμμή εμφανίζονται οι μεγαλύτερες κλίσεις που φτάνουν μέχρι και 82,1 μοίρες .



**Εικόνα 2.2.2:** Χάρτης μορφολογικών κλίσεων νήσου Κύθνου





Εικόνα 2.2.3: Χάρτης υψομετρικών ζωνών νήσου Κύθνου

## 2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η γεωλογία αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της μελέτης των υδατικών πόρων, τόσο για τα επιφανειακά, αλλά και για τα υπόγεια ύδατα.

Σύμφωνα με τη μελέτη του Υπουργείου Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ, Α΄ Φάση, 2005), στη διαμόρφωση της νήσου Κύθνου συμμετέχουν δύο κυρίως ενότητες γεωλογικών σχηματισμών. Η ανώτερη αλλουβιακή ενότητα επικάθεται ασύμφωνα επί των στρωμάτων της δεύτερης ενότητας, που αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα, μάρμαρα και σχιστόλιθους. Οι πετρολογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στη νήσο είναι σχιστόλιθοι, μάρμαρα, κάποια ασβεστιωμένα ηφαιστειακά πετρώματα και πολύ μικρές εμφανίσεις ανακρυσταλλωμένων γαββρικών πετρωμάτων.

Πιο αναλυτικά στη γεωλογία της Κύθνου (Εικόνα 2.3.1) συμμετέχουν οι ακόλουθοι σχηματισμοί :

Αλλούβια : πρόκειται για παράκτιες αποθέσεις, άμμους, ιλύες, αργίλους και χάλικες και αναπτύσσονται στις απολήξεις των κοιλάδων, όπως αυτές του Μέριχα, του Καβάλου, της Επισκοπής, της Απόκρισης, των Λουτρών, του Αγίου Στεφάνου, της Κανάλας κ.α.

Μάρμαρα: πρόκειται για τεφροκύανα έως κιτρινοκαστανόχροα ανθρακικά πετρώματα με μεγάλες ποσότητες μοσχοβίτη, χαλαζία και αλβίτη και αναπτύσσονται διάσπαρτα σε όλο το νησί. Ενίοτε, παρατηρείται ορυκτογένεση σιδήρου (Fe) κατά μήκος των κατατμήσεων. (κατά το παρελθόν υπήρχε εκμετάλλευση σιδήρου στην περιοχή των Λευκών και του Κακόβολου).

Ασβεστιωμένα (ηφαιστειακά) πετρώματα : πρόκειται για πλούσια σε σίδηρο πετρώματα με χαλαζία και χλωρίτη και περιορίζονται γεωγραφικά στο νοτιοδυτικό άκρο του νησιού, στη θέση Καραβοκύρη.

Αλβιτικοί – χαλαζιακοί – μοσχοβιτικοί – χλωριτικοί – επιδοτο-ζωισιτικοί σχιστόλιθοι : καταλαμβάνουν περισσότερο από το 90% της έκτασης της νήσου και η πετρογραφική τους σύσταση ποικίλει σημαντικά. Κατατάσσονται στους αλβιτικούς – χαλαζιακούς- μοσχοβιτικούς –χλωριτικούς ασβεστόλιθους, που έχουν και τη μεγαλύτερη εξάπλωση και εναλλάσσονται με μάρμαρα, στους

χαλαζιακούς- μοσχοβιτικούς –χλωριτικούς ασβεστόλιθους, που εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή του οικισμού της Κύθνου και στους επιδοτο-ζωισιτικούς σχιστόλιθους, που περιέχουν αιματίτη και τουρμαλίνη και οι οποίοι εμφανίζονται σε πολύ μικρότερη αναλογία. Πρόκειται για πετρώματα ισχυρά τεκτονισμένα, με χαρακτηριστικές διαρρήξεις και κατακλάσεις.

Μεταμορφωμένα γαββρικά πετρώματα : πρόκειται ως επί το πλείστον για σερπεντινωμένα και χλωριτωμένα πετρώματα με φλέβες αμιάντου και τάλκη. Εμφανίζονται τοπικά και σε μικρή έκταση στις περιοχές του Αγίου Δημητρίου, των Φλαμπουριών, της Δρυοπίδας, της Επισκοπής και της Κανάλας.

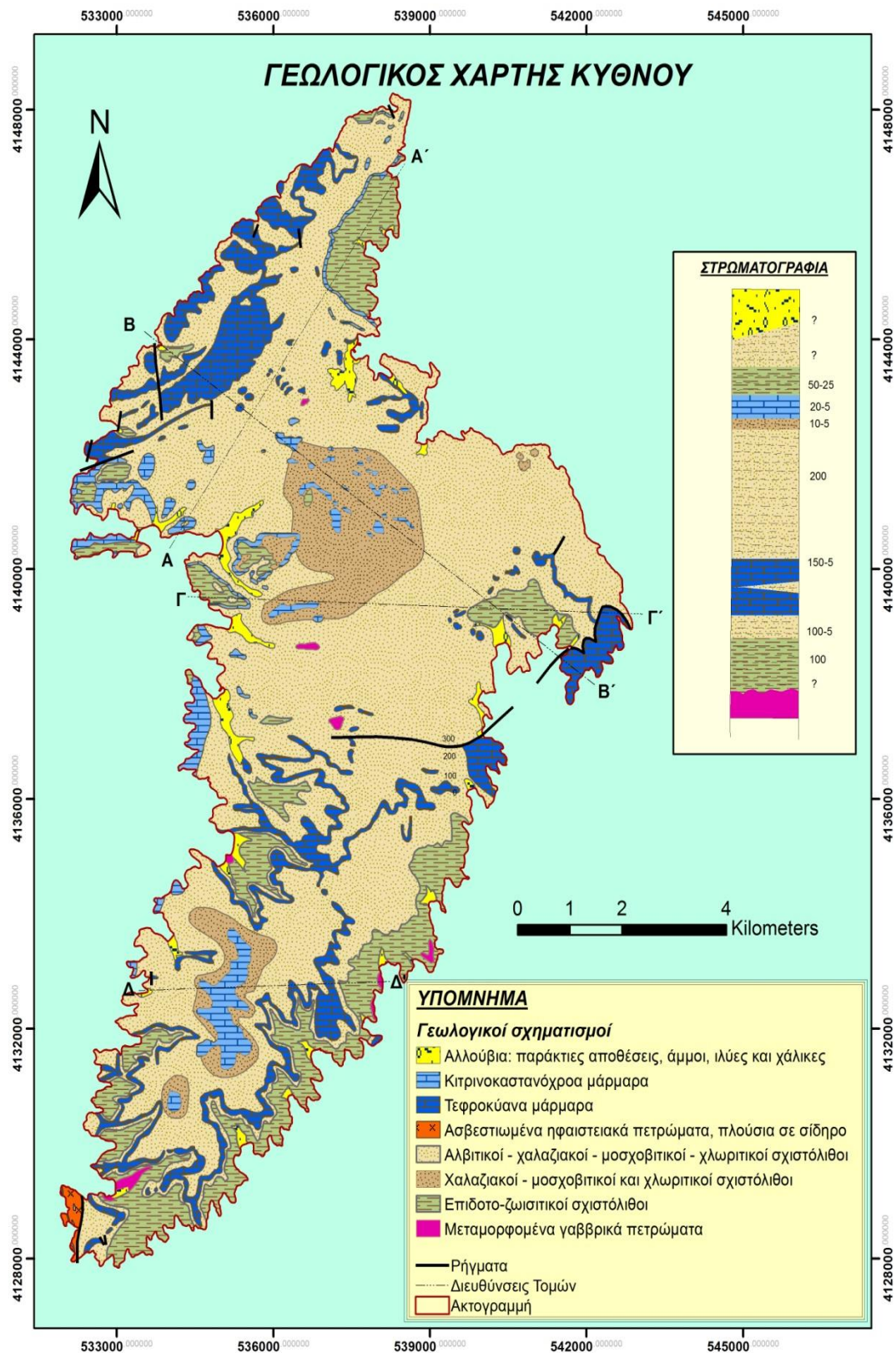
### Τεκτονική

Οι τεκτονικές παραμορφώσεις των πετρωμάτων του νησιού χαρακτηρίζονται από διάφορες φάσεις πτυχώσεων, οι οποίες πιθανόν να έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια ή μετά την πρασινοσχιστολιθική ανάδρομη μεταμόρφωση του Μειοκαίνου. Η πρώτη και η δεύτερη φάση πτυχώσεων, που έλαβαν χώρα στην Αττικοκυκλαδική ζώνη, δημιούργησαν πτυχές με διεύθυνση αξόνων ΒΑ – ΝΔ έως Α – Δ. Η τρίτη φάση πτύχωσης δημιούργησε πτυχές ανοικτές με διευθύνσεις αξόνων μεταξύ 30° – 50°, ενώ η τελική παραμόρφωση προκάλεσε πτυχές πολύ μεγάλης καμπυλότητας με διεύθυνση αξόνων Β – Ν και ΒΔ – ΝΑ .

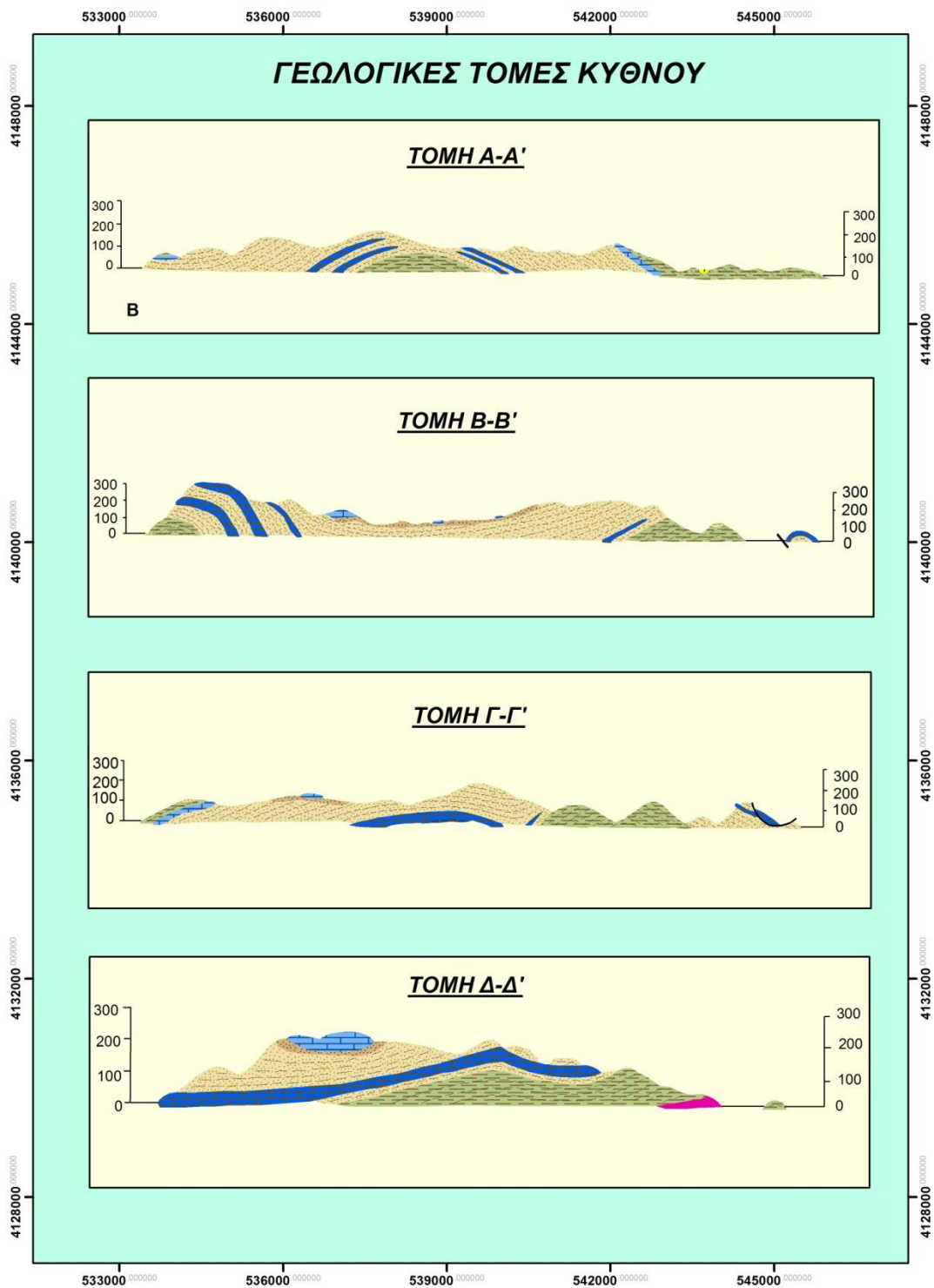
Σε γενικές γραμμές, η Κύθνος συνιστά μια σύνθετη αντικλινική δομή με κύριο άξονα ΒΒΑ – ΝΝΔ, η οποία προς το κέντρο του νησιού λαμβάνει διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ, ακολουθώντας το σχήμα του νησιού. Η γενικά απλή αυτή τεκτονική έχει ως συνέπεια την κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους του νησιού από χλωριτο–σερικιτικούς σχιστόλιθους, που συνιστούν τους ανώτερους σχιστολιθικούς ορίζοντες. Αντίθετα, οι κατώτεροι ορίζοντες αποκαλύπτονται μόνο σε βαθύτερες τομές στα ανατολικά κυρίως περιθώρια του νησιού.

Οι ρηξιγενείς τεκτονικές δομές, που χαρακτηρίζουν το νησί ορίζονται από μικρής έκτασης ρήγματα κύριων διευθύνσεων Β – Ν, ΒΑ – ΝΔ και ΒΔ – ΝΑ. (Keiter et al., 2008)

Η γεωλογία και τα ρήγματα της περιοχής απεικονίζονται στην εικόνα 2.3.1 που ακολουθεί.



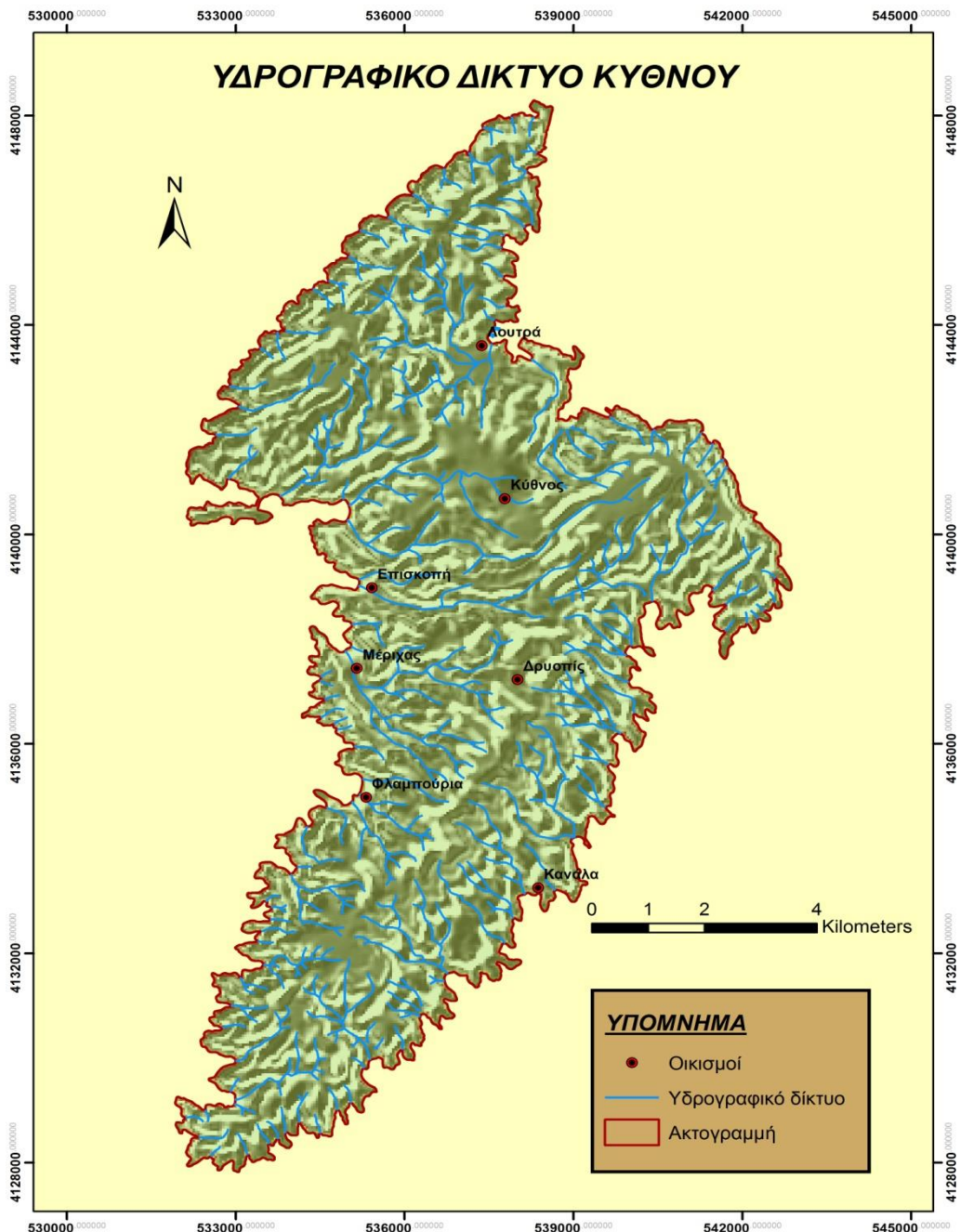
Εικόνα 2.3.1: Χάρτης γεωλογικός νήσου Κύθνου (κατά *Smeth, 1973*)



**Εικόνα 2.3.2:** Γεωλογικές τομές νήσου Κύθνου (κατά *Smeth, 1973*)

## 2.4 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Η χαμηλή υδροπερατότητα και η διαβρωσιμότητα των εκτεταμένων επιφανειακά σχιστολιθικών πετρωμάτων που εμφανίζονται στο νησί έχει δημιουργήσει συνθήκες πυκνού υδρογραφικού δικτύου και μεγάλο σχετικά ποσοστό επιφανειακής απορροής. (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2005)



Εικόνα 2.4.1: Χάρτης Υδρογραφικού δικτύου Κύθνου (Πηγή: ΙΓΜΕ)

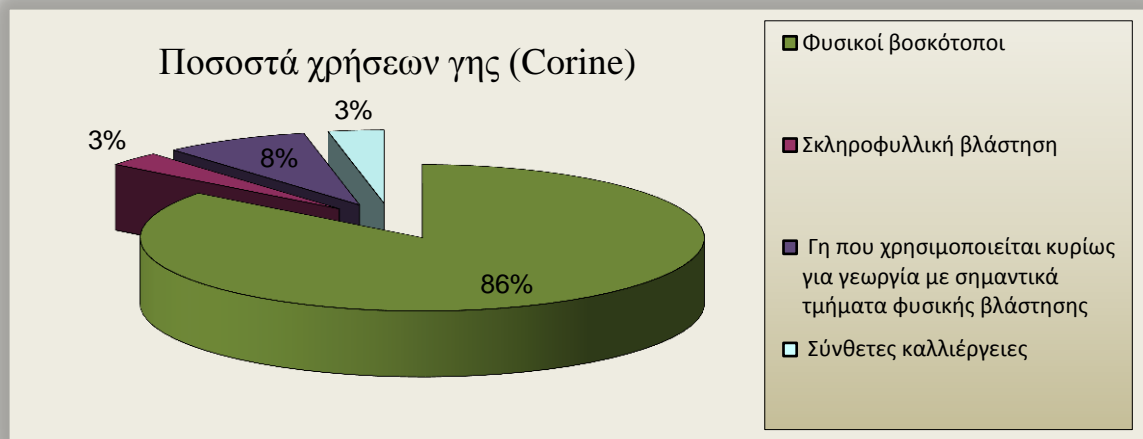
Το συνολικό μήκος των υδατορεμάτων ανέρχεται περίπου σε 224,4 km. Τα κυριότερα ρέματα που απαρτίζουν το υδρογραφικό δίκτυο της νήσου είναι το «Βαθύ ρέμα» στο βόρειο τμήμα, τα ρέματα «Επισκοπής» και «Γαλιού», νότια του οικισμού της Κύθνου, το «Κουρασμένο ρέμα» νότια του όρους Λάρνι, το «Αρδικοπός ρέμα» ανατολικά του προηγούμενου και στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού τα ρέματα «Πέτραϊνας», «Πενταφίλια» και «Ανδριανού» που καταλήγουν στην ανατολική ακτή. (ΕΜΠ, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2007)

Οι λεκάνες απορροής του νησιού είναι μικρής έκτασης, κατά μέσο όρο 1-1,5 Km<sup>2</sup> περίπου.

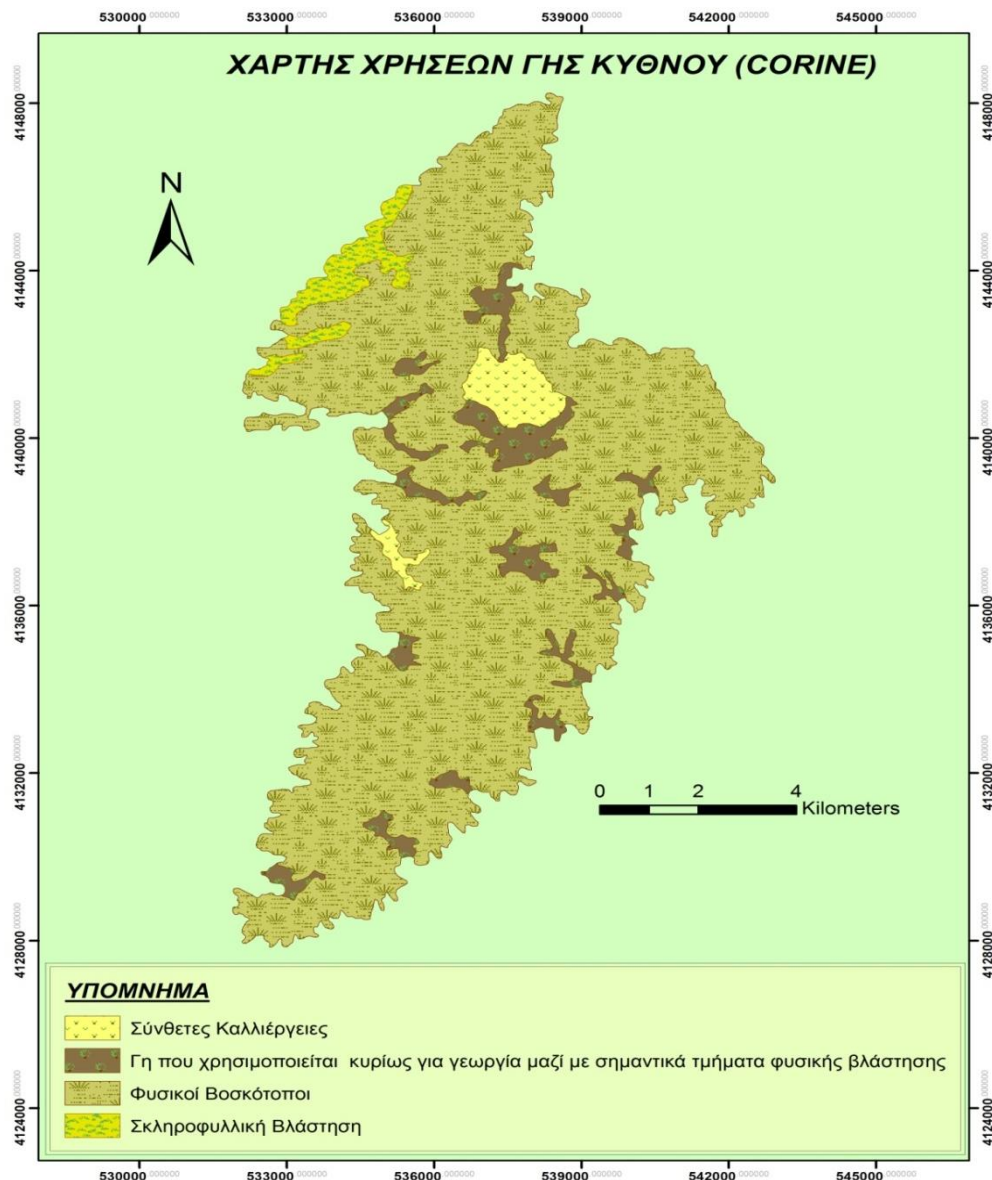
## 2.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Όπως προκύπτει από στοιχεία του Ευρωπαϊκού προγράμματος “Corine” (ΕΕΑ,2004) η φυτοκάλυψη στην νήσο Κύθνο συνίσταται κυρίως από θαμνώδη ή και ημιθαμνώδη σκληροφυλλική βλάστηση. Ο περιορισμένης έκτασης εδαφικός ορίζοντας αναπτύσσεται σε περιοχές, όπου αποτελεί τα καλλιεργήσιμα τμήματα του νησιού (στις απολήξεις των κοιλάδων).

Η ευρύτερη περιοχή του νησιού όπως φαίνεται και στις εικόνες 2.5.1 και 2.5.2 που ακολουθούν, καλύπτεται κατά κύριο λόγο από φυσικούς βοσκότοπους. Σε μικρότερο ποσοστό απαντούν περιοχές με αραιή ή και καθόλου βλάστηση (σύνθετα συστήματα καλλιέργειας), περιοχές ετερογενείς (γεωργικές, ημιορεινές), περιοχές με αρώσιμη γη, καθώς επίσης και περιοχές με συνδυασμό θαμνώδους ή και ποώδους βλάστησης (ημιφυσικές εκτάσεις με σκληροφυλλική βλάστηση).



**Εικόνα 2.5.1:** Διάγραμμα ποσοστών χρήσεων γης νήσου Κύθνου (Corine 2000)



**Εικόνα 2.5.2:** Χάρτης χρήσεων γης νήσου Κύθνου (Corine 2000)



## **2.6 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Σε μια περιοχή προκειμένου να διασφαλίζεται η καλή οικολογική και ποιοτική κατάσταση του περιβάλλοντος κρίνεται απαραίτητη η προστασία, η βελτίωση και η αποκατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών σωμάτων από πηγές ρύπανσης που μπορεί να επιβαρύνουν την οικολογική και χημική τους κατάσταση. Οι περιβαλλοντολογικές 'πιέσεις' που ασκούνται σε μια περιοχή είναι συνήθως γεωργικές, κτηνοτροφικές, βιομηχανικές και πιέσεις από αστικά λύματα και απορρίμματα. (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2006)

### **◆ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ**

Μετά από σχετική έρευνα στην περιοχή μελέτης διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει κάποιο οργανωμένο αρδευτικό δίκτυο, ούτε έχει κατασκευαστεί κάποιο σχετικό έργο συλλογής και δημιουργίας υδάτινων αποθεμάτων, για αρδευτικούς σκοπούς.

Η άρδευση γίνεται πλημμελώς από ιδιωτικά πηγάδια και ιδιωτικές γεωτρήσεις. Η γεωργική δραστηριότητα στο νησί έως σήμερα, ασκείται σε διάσπαρτες μικρές και ασύνδετες μεταξύ τους γεωργικές εκτάσεις, στις οποίες καλλιεργούνται κυρίως ξηρικές ή οριακά αρδευόμενες καλλιέργειες. Η χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων είναι μηδαμινή έως ανύπαρκτη και επομένως μπορεί να θεωρηθεί, ότι η γεωργική δραστηριότητα δεν ρυπαίνει σημαντικά. (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2006)

### **◆ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ**

Η κτηνοτροφία κατέχει πρωταρχική θέση στον πρωτογενή τομέα για τη Κύθο, με την εκτροφή αιγοπροβάτων και βοοειδών. Στο νησί υπάρχουν αφύλακτες περιοχές, όπως επίσης και ιδιόκτητες περιοχές, που χρησιμοποιούνται για βόσκηση. (ΕΜΠ, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2007)

Η κτηνοτροφία στην Κύθνο δεν είναι ανεπτυγμένη οργανωμένα και έχει κυρίως οικόσιτη μορφή. Από στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, δεν προέκυψαν πληροφορίες για την ύπαρξη οργανωμένων κτηνοτροφικών μονάδων στο νησί.

Στο νησί κύρια τακτική των κτηνοτρόφων είναι η ανεξέλεγκτη βόσκηση των αιγοπροβάτων. Το γεγονός αυτό αποτελεί σοβαρότατο κίνδυνο για τα σπάνια και ενδημικά φυτά της προστατευόμενης περιοχής NATURA στο όρος Αθέρας, σε όλη την έκταση του τόπου. Τέτοιου είδους φυτά τα οποία βρίσκονται σε σοβαρό κίνδυνο είναι τα *Frutillaria tuntasia*, *Silene cynthia*.

Όσον αφορά τα ρυπαντικά φορτία των κτηνοτροφικών αποβλήτων εξαιτίας του ότι παράγονται από μικρές, μη οργανωμένες μονάδες και όχι από μεγάλες κτηνοτροφικές μονάδες, δεν αποτελούν ιδιαίτερα σοβαρή σημειακή πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι κατά τόπους δεν επιβαρύνουν σημαντικά τα υπόγεια ύδατα με οργανικό φορτίο.

#### ◆ **ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ**

Στη νήσο Κύθνο, όπως και στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου δεν παρατηρείται έντονη βιομηχανική δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, υπάρχουν μία μονάδα παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος (Δημοτικό Διαμέρισμα Δρυόπιδος) και ένας σταθμός παραγωγής και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος (Δημοτικό Διαμέρισμα Κύθνου). Συνεπώς ο τομέας αυτός δεν αποτελεί μεγάλη πηγή κατανάλωσης νερού, ούτε βασική πηγή ρύπανσης στο σύνολο του υδατικού διαμερίσματος. (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2006)

Η συνολική παραγωγή βιομηχανικών αποβλήτων για τη νήσο Κύθνο, ανέρχεται περίπου σε 1200 m<sup>3</sup> ετησίως χωρίς να διαφοροποιείται εποχιακά αφού και οι δύο μονάδες, για τις οποίες έχουν συλλεχθεί στοιχεία, λειτουργούν 12 μήνες το έτος. Από την συλλογή πληροφοριών και της επικοινωνίας με τις μονάδες, δεν προκύπτει σαφής εικόνα για τον τρόπο επεξεργασίας και διάθεσης των υγρών αποβλήτων της μονάδας παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος. Δεδομένα υπάρχουν μόνο για το σταθμό της ΔΕΗ, σύμφωνα με τα οποία τα υγρά απόβλητα κατέληγαν σε ΧΑΔΑ και πλέον στον ΧΥΤΑ του Δήμου Κύθνου.

## ◆ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ-ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

Στην Κύθνο εντοπίζονταν κυρίως κατά τα προηγούμενα έτη επιβάρυνση στο περιβάλλον, και ειδικότερα στον υπόγειο υδροφόρο και το έδαφος, στους χώρους διάθεσης στερεών αποβλήτων. Σύμφωνα με πληροφορίες του Δήμου Κύθνου στη Νήσο κατασκευάστηκε και λειτούργησε τον τελευταίο χρόνο ο Χ.Υ.Τ.Α. Τα προηγούμενα χρόνια, δεν πραγματοποιούνταν ορθολογική διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων, καθώς τα απορρίμματα του νησιού διατίθενταν σε δύο ΧΑΔΑ (Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων) που βρίσκονται στις θέσεις «Λυγαριά» (Δημοτικό Διαμέρισμα Χώρας) και «Άγιοι Θεόδωροι» (Δημοτικό Διαμέρισμα Δρυοπίδας). Η λειτουργία του δεύτερου ΧΑΔΑ έχει σταματήσει από το 2006 κι έχει ήδη αποκατασταθεί από το έτος 2009 ,ενώ ο ΧΑΔΑ στη θέση Λυγαριά που δεχόταν μέχρι πρόσφατα το σύνολο των αποβλήτων του νησιού (500-700 τόνοι) βρίσκεται στη φάση της αποκατάστασης.

Ένα σημαντικό κοινό πρόβλημα των νησιωτικών Δήμων που αντιμετωπίζεται και στο Δήμο Κύθνου, είναι η αδυναμία διαχείρισης της ανεξέλεγκτης εναπόθεσης των οικιακών απορριμμάτων εντός του νησιού, ενώ πρέπει να επισημανθεί και η θαλάσσια ρύπανση από απορρίμματα που εναποθέτουν στις θαλάσσιες περιοχές κοντά στις ακτές τα μικρά σκάφη αναψυχής.

## ◆ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

Επειδή τα λύματα είναι πλούσια σε οργανικά θρεπτικά συστατικά, όταν απορρίπτονται σε κλειστούς κόλπους, λίμνες ή αργά κινούμενα ποτάμια, έχουν μεγάλες απαιτήσεις οξυγόνου προκειμένου να διασπαστούν από αερόβια βακτήρια και μύκητες. Στην περίπτωση που το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό είναι αρκετό για την αποσύνθεση των οργανικών συστατικών των λυμάτων δημιουργούνται δυσάρεστες οσμές και ιζήματα.

Απορρίψεις αστικών λυμάτων ρυπαίνουν τα υπόγεια νερά, το έδαφος και τους γειτονικούς επιφανειακούς φυσικούς αποδέκτες. Οι απορροφητικοί βόθροι θεωρούνται ως το χειρότερο μέσο διάθεσης των ακάθαρτων νερών.

Ακόμα και η απόρριψη των αστικών λυμάτων χωρίς επεξεργασία σε θαλάσσιες περιοχές, σε ποταμούς και σε λίμνες αλλοιώνει την ποιότητα των υδάτων τους και την τροφική τους κατάσταση με αποτέλεσμα τα οικοσυστήματα αυτά να υποβαθμίζονται και να μην εξυπηρετούν τις χρήσεις που μέχρι τώρα στήριζαν όπως τουρισμό, αναψυχή, αλιεία. Για να αποφευχθεί η ρύπανση των υδάτων πρέπει τα αστικά λύματα να υποστούν βιολογικό καθαρισμό σε ανάλογες εγκαταστάσεις.

Η νήσος Κύθνος, διαθέτει δίκτυο αποχέτευσης συνολικού μήκους περίπου 50 km, το οποίο όμως κρίνεται ανεπαρκές για το σύνολο του νησιού, καθώς περιορίζεται στην εξυπηρέτηση των οικισμών της Χώρας και της Δρυοπίδας. Οι απολήξεις των αγωγών αποχέτευσης βρίσκονται στις περιοχές «Πύργος» και «Νερόφαμα» για την Χώρα και την Δρυοπίδα αντίστοιχα και η απουσία των αντίστοιχων μονάδων βιολογικού καθαρισμού, δημιουργεί σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης. Οι υπόλοιποι οικισμοί εξυπηρετούνται από απορροφητικούς βόθρους και η μεταφορά των λυμάτων πραγματοποιείται μόνο από ένα δημοτικό όχημα μεταφοράς λυμάτων το οποίο πολλές φορές αδυνατεί να εξυπηρετήσει τους οικισμούς.

Τα μεγαλύτερα προβλήματα περιβαλλοντικού χαρακτήρα στον Δήμο Κύθνου, είναι κοινά με εκείνα που αντιμετωπίζονται στους περισσότερους νησιωτικούς Δήμους της Ελλάδας και εστιάζονται στην ρύπανση ακτών από λύματα που προέρχονται από τις απολήξεις των αγωγών αποχέτευσης, με την έλλειψη βιολογικού καθαρισμού να δυσχεραίνει το πρόβλημα. Σημαντική ρύπανση εμφανίζεται από τη χρήση μη στεγανών βόθρων στους οικισμούς Μέριχας, Λουτρά, Κανάλα και από τις από τις απολήξεις των αγωγών λυμάτων στις περιοχές Νερόφαμα και Πύργος .

***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>***  
***ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ***

### **3.ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

#### **3.1 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Ένας γενικός διαχωρισμός που συνήθως ακολουθείται για τους γεωλογικούς σχηματισμούς αποτελείται από τρεις κατηγορίες, που προκύπτει ανάλογα με την υδροπερατότητα των σχηματισμών και είναι ο εξής: πυριγενείς και μεταμορφωμένοι, ανθρακικοί και τριτογενείς-τεταρτογενείς (Σούλιος,1986).

- **Πυριγενή και Μεταμορφωμένα πετρώματα**, χαρακτηρίζονται ως μη υδροπερατά και μόνο τοπικά σε ζώνες αποσάθρωσης και διάρρηξης περατά. Σε τοπικό επίπεδο, εμφανίζεται υδροφορία συνήθως μικρής παροχής.

- **Ανθρακικά Πετρώματα**, τα οποία χαρακτηρίζονται ως πολύ περατά, λόγω του δευτερογενούς πορώδους που αποκτούν από τον τεκτονισμό και την καρστικοποίηση τους. Οι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες, απορροφούν μεγάλα ποσά υδάτων των κατακρημνισμάτων και των επιφανειακών υδάτων. Αυτό το γεγονός εκτός από την πλούσια υδροφορία που τους προσφέρει, τους καθιστά σε σημαντικό βαθμό τρωτούς στη ρύπανση.

- **Τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις**, οι οποίες παρουσιάζουν ανάλογα με την κοκκομετρία και την ορυκτολογική τους σύσταση από χαμηλή έως μέση υδροπερατότητα. Χαρακτηριστικό αυτών των σχηματισμών, είναι η δημιουργία επάλληλων υδροφόρων οριζόντων, με αποτέλεσμα να έχουν μικρό βαθμό τρωτότητας στη ρύπανση. Πρόκειται για σχηματισμούς τόσο στο φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα, όσο και στο βαθύτερο.

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία προκύπτει ότι οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στη νήσο Κύθνο , σε ό,τι αφορά στην υδρολιθολογική τους συμπεριφορά ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2006):

1. *Σχηματισμοί με περατότητα ελάχιστη έως χαμηλή (Συντελεστής Κατείσδυσης  $\leq 8\%$ )*

- Άλβιτικοί - χαλαζιακοί - μοσχοβιτικοί - χλωριτικοί σχιστόλιθοι (ab.sch)
- Χαλαζιακοί - μοσχοβιτικοί και χλωριτικοί σχιστόλιθοι (q.sch)
- Επίδοτο-ζωϊσιτικοί σχιστόλιθοι (e.sch)
- Μεταμορφωμένα γαββρικά πετρώματα (gb)

Πρόκειται για τους πάσης φύσεως σχιστολιθικούς σχηματισμούς, που είναι και τα κύρια πετρώματα του νησιού. Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν εναλλαγές με μάρμαρα, ενώ επίσης τέμνονται και από πληθώρα ρηγμάτων, διακλάσεων και ασυνεχειών γεγονός που τους χαρακτηρίζει τοπικά ως ημιπερατούς σχηματισμούς. Επίσης, η περατότητά τους εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό και από το περιεχόμενό τους σε αργιλικά υλικά, αναπτύσσοντας τοπικής σημασίας υδροφορία περιορισμένης απόδοσης. Πρακτικά αδιαπέρατα είναι τα γαββρικά πετρώματα, που εμφανίζονται διάσπαρτα στο νησί και με μικρή επιφανειακή εξάπλωση. (ΙΓΜΕ, 2010)

2. Σχηματισμοί με περατότητα χαμηλή έως μέτρια ( $8\% < \text{Συντελεστής Κατείδυσης} \leq 20\%$ )

- Άσβεστιωμένα (Ηφαιστειακά) πετρώματα (v)

3. Σχηματισμοί με περατότητα μέτρια έως υψηλή ( $\text{Συντελεστής Κατείδυσης} > 20\%$ )

- Μάρμαρα (mr και mr1)
- Αλλούβια (Q.al).

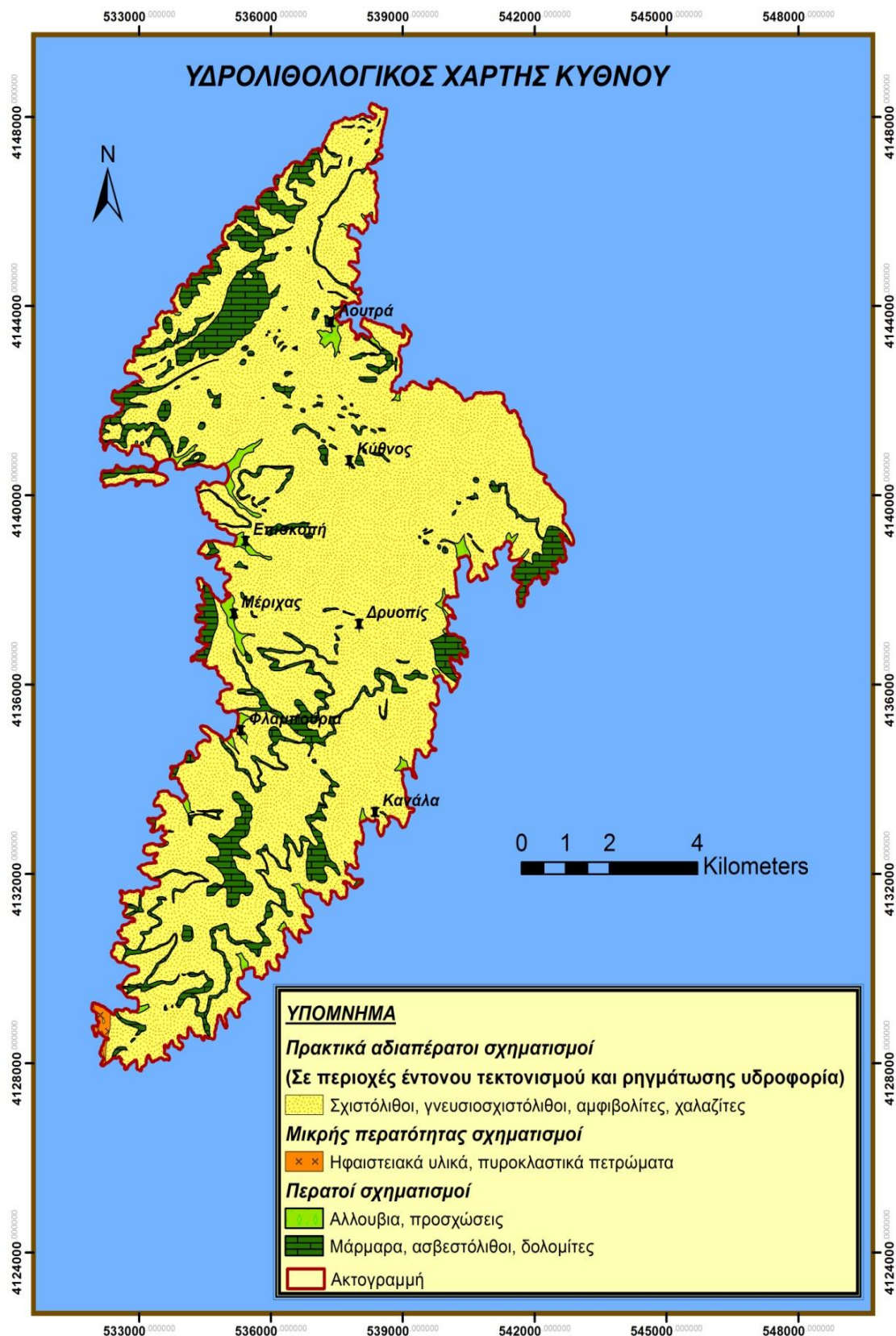
Όσον αφορά στα αλλούβια, πρόκειται για τεταρτογενείς σχηματισμούς και η υδροπερατότητά τους αποδίδεται τόσο στην πρωτογενή τους σύσταση, όσο και στο υψηλό ποσοστό των αδρομερών κλαστικών υλικών. Αναπτύσσονται στις απολήξεις των κοιλάδων, όπως αυτές του Μέριχα, του Καβάλου, της Επισκοπής, της Απόκρισης, των Λουτρών, του Αγίου Στεφάνου, της Κανάλας κ.α. και η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών ποικίλει

ανάλογα με τη συμμετοχή και την κατανομή των λεπτομερέστερων υλικών, διαμορφώνοντας έναν ασθενή ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα, πάχους έως 20m.

Τα μάρμαρα είναι υδροπερατοί σχηματισμοί, που αναπτύσσονται τόσο σε μορφή μεμονωμένων φακών μέσα στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο (σχιστόλιθοι), όσο και σε αυτόνομες στρωματογραφίες ή τεκτονικές ενότητες. Η υψηλή περατότητά τους ευνοεί την κατείσδυση του νερού.

Η κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών, βάσει περατότητας απεικονίζεται στον υδρολιθολογικό χάρτη που ακολουθεί.





**Εικόνα 3.1.1 :** Υδρολιθολογικός χάρτης νήσου Κύθνου (Πηγή: ΙΓΜΕ)

### 3.2 ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ-ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε στη δομή της Νήσου συμμετέχουν κατά κύριο λόγο σχιστόλιθοι, μάρμαρα και αλλουβιακές αποθέσεις.

Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ στο νησί της Κύθνου αναπτύσσεται ένα υδροσύστημα, το καρστικό – ρωγματικό. Το υδροσύστημα αυτό αντιπροσωπεύεται κυρίως από μεταμορφωμένα πετρώματα, τα οποία στο μεγαλύτερο μέρος των λιθολογικών τους φάσεων εμφανίζουν σημαντική αποσάθρωση, διαμορφώνοντας μια έντονη μηχανική και υδραυλική ανισοτροπία, λόγω ασυνεχειών και σχιστότητας. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό του νησιού και αναπτύσσεται εντός των διαφόρων τύπων σχιστολίθου, στους οποίους το νερό κινείται σε προνομιακές ροές διαμέσου δευτερογενούς πορώδους (δίκτυο ασυνεχειών, διακλάσεων, ρωγμών και ρηξιγενών ζωνών). Πρόκειται για ημιπερατούς σχηματισμούς τοπικής υδροφορίας και περιορισμένης απόδοσης, ανάλογα με το βαθμό αποσάθρωσης και τεκτονισμού των υγιών πετρωμάτων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία επιφανειακού, ασθενούς υδροφόρου ορίζοντα (ανάπτυξη αβαθούς υδροφορίας χαμηλής υδροδυναμικότητας). Σε μεγαλύτερα βάθη ο σχιστόλιθος καθίσταται υγιής και πρακτικά αδιαπέρατος. Ωστόσο, εκεί όπου οι σχιστόλιθοι είναι έντονα κατακερματισμένοι και ρωγματωμένοι, αναπτύσσεται μανδύας αποσάθρωσης και εφόσον υπάρχει σύστημα ανοικτών ρωγμών είναι δυνατή η κατείδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και η δημιουργία αποθεμάτων υπόγειου νερού, χαμηλής συνήθως δυναμικότητας. Στις αποσαθρωμένες αυτές περιοχές αναπτύσσεται σχετικά ασθενής φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος εκφορτίζεται με μορφή πηγών κυμαινόμενης παροχής σε διάφορα σημεία της κρυσταλλικής μάζας και σε θέσεις, όπου οι γεωμορφολογικές συνθήκες το επιτρέπουν .

Επίσης, η παρεμβολή ενστρώσεων μαρμάρων εντός του κρυσταλλικού σχιστολιθικού υποβάθρου, συνεισφέρει σημαντικά στη γενικότερη υδροφορία του. Γενικά, οι λιθολογικές εναλλαγές μεταξύ σχιστολίθων και μαρμάρων προκαλούν έντονη μεταβλητότητα στην απόδοση της υδροφορίας, οφειλόμενη κυρίως στην ανθρακική συμμετοχή, που λόγω του δευτερογενούς πορώδους

χαρακτηρίζεται ως καρστικό υψηλής σχετικά υδροπερατότητας. Ωστόσο, λόγω της περιορισμένης έκτασης των μαρμάρων στην Κύθνο, δεν διαμορφώνονται αξιόλογοι υδροφόροι ορίζοντες (υδροφορείς τοπικής σημασίας). Η φυσική τροφοδοσία του υδροσυστήματος, προέρχεται από τα κατεισδύοντα νερά της βροχής και από τη διήθηση χειμαρρικών υδάτων (ΙΓΜΕ, 2010).

Τοπικά, στις προσχωματικές κοιλάδες του Μέριχα, του Καβάλου, της Επισκοπής, της Απόκρισης, των Λουτρών, του Αγίου Στεφάνου και της Κανάλας διαμορφώνονται φρεάτιοι υδροφορείς, οι οποίοι τροφοδοτούνται από την κατείσδυση των ομβρίων και χειμαρρικών υδάτων, από τα πλευρικά κορήματα, που προέρχονται από τη διάβρωση των σχιστολιθικών πετρωμάτων, καθώς και από την πλευρική τροφοδοσία των σχιστολίθων διαμέσου ρωγμών και διακλάσεων (έμμεση κατείσδυση). Πρόκειται για αποθέσεις αμμοαργιλώδους υφής, που εκτός των μικρών πηγών επαφής που δημιουργούν με τους υποκείμενους σχιστόλιθους παρουσιάζουν περιορισμένες δυνατότητες. Αφενός η περιορισμένη τους έκταση αφετέρου η γειννιάσή τους με τη θάλασσα στις παράκτιες ζώνες δεν επιτρέπει την ανάπτυξη αξιόλογων υδροφόρων οριζόντων.

### **3.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ**

Από την έρευνα στην περιοχή, προκύπτει ότι το δίκτυο ύδρευσης του δήμου Κύθνου τροφοδοτείται αποκλειστικά από υπόγεια ύδατα, από υδρογεωτρήσεις, φρέατα και πηγές με τα οποία καλύπτει τις οικιακές ανάγκες των κατοίκων του νησιού, ενώ για πόση χρησιμοποιούνται κατά βάση εμφιαλωμένα νερά (τα τελευταία 20 χρόνια περίπου). Για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών χρησιμοποιούνται κυρίως ιδιωτικά φρέατα και γεωτρήσεις, τα περισσότερα από τα οποία δεν έχουν καταγραφεί επίσημα.

Οι αποδόσεις των υδρογεωτρήσεων κυμαίνονται από 5 m<sup>3</sup>/h έως 15 m<sup>3</sup>/h, τα βάθη τους από 30m έως 150m και οι στάθμες τους από 4m έως 70m. Η πλειονότητα των υδροληπτικών αυτών έργων, έχει κατασκευαστεί εντός σχιστολιθικού υποβάθρου, γεγονός που δικαιολογεί και την μικρή έως μέτρια

απόδοσή τους. Οι ημερήσιες απολήψεις από τις υπάρχουσες υδρογεωτρήσεις ανέρχονται σε 12–180m<sup>3</sup>/d περίπου και διατίθενται στις δεξαμενές ύδρευσης που τροφοδοτούν το δίκτυο.

Ο προσχωματικός υδροφόρος ορίζοντας υφίσταται εκμετάλλευση κυρίως για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών με την παρουσία ρηχών φρεάτων (από 4m μέχρι 20m) και οι παροχές τους δεν ξεπερνούν τα 8 – 10m<sup>3</sup>/h, ενώ οι στάθμες τους κυμαίνονται από 1.5m έως 9m. Οι δυνατότητες εκμετάλλευσης των αποθεμάτων αυτών είναι περιορισμένες, εξαιτίας τόσο της σχετικά μέτριας περατότητας, όσο και της χωρητικότητας του υδροφόρου. Τέλος, συχνά, η υπεράντληση των φρεάτων αυτών, οδηγεί σε φαινόμενα υφαλμύρωσης, εξαιτίας της άμεσης υδραυλικής επικοινωνίας των προσχώσεων με τη θάλασσα.

Οι παροχές των πηγών στο νησί ποικίλουν εποχιακά και κυμαίνονται συνήθως από 0,5 m<sup>3</sup>/h έως 12 m<sup>3</sup>/h. Οι σημαντικότερες πηγές βρίσκονται εντός σχιστολίθων και είναι (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2005)

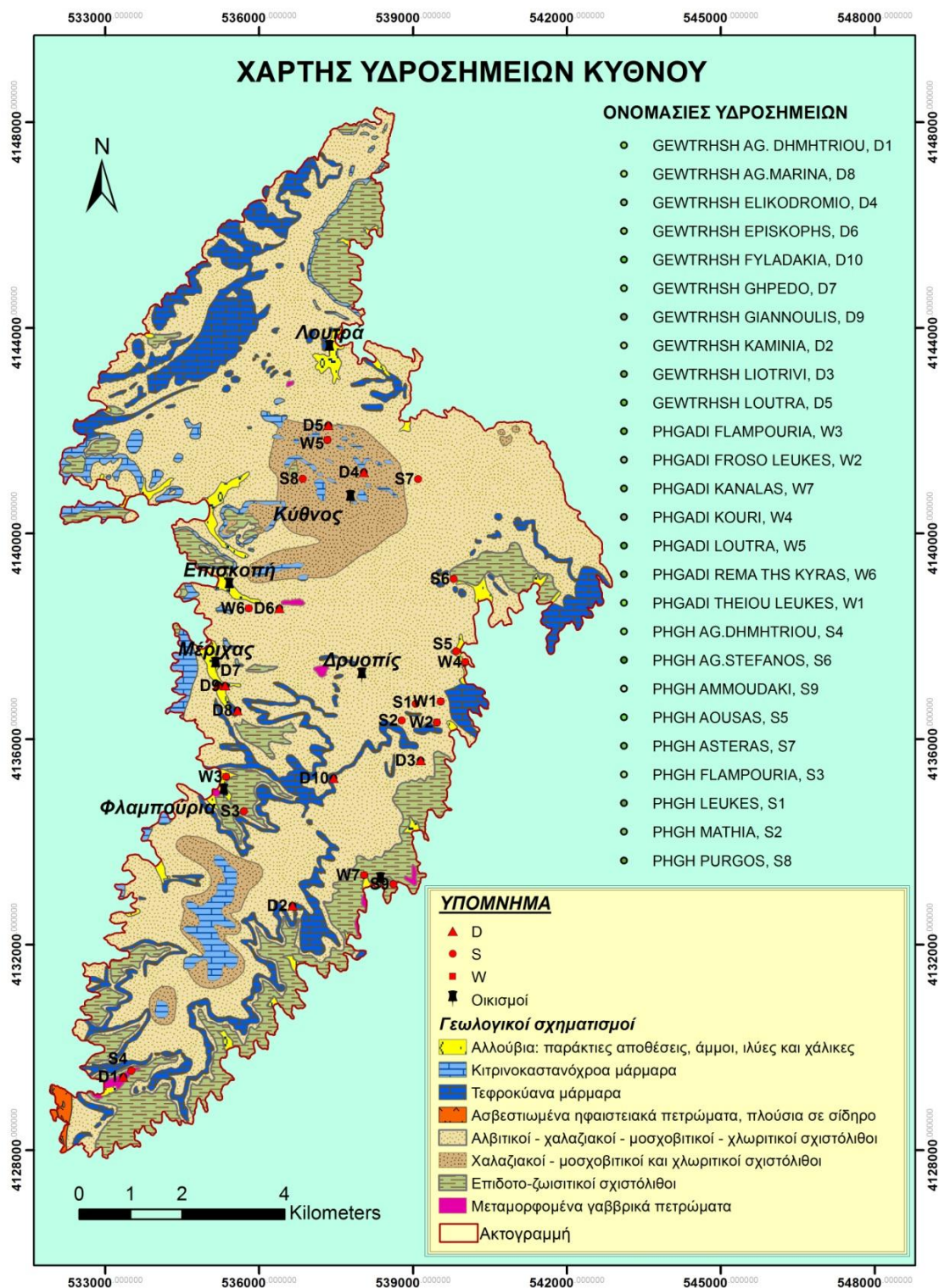
- ☑ Πηγή Αστέρα. Βρίσκεται στη δυτική πλαγία του Προφήτη Ηλία και έχει μέση παροχή 200 m<sup>3</sup>/ημέρα.
- ☑ Μέτωπο πηγών μεταξύ Δρυοπίδας και Νάουσας (π.χ πηγή Λεύκες, πηγή Άουσας κτλ). Εκδηλώνονται εντός του ρέματος με μέση παροχή 80 m<sup>3</sup>/ημέρα.
- ☑ Πηγή Φλαμπούρια. Έχει μέση παροχή 70 m<sup>3</sup>/ημέρα.
- ☑ Πηγή Πύργου με μέση παροχή 80 m<sup>3</sup>/ημέρα

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε απογραφή στις γεωτρήσεις, τα φρέατα και τις πηγές που συμμετέχουν στο υδρευτικό σύστημα της νήσου Κύθνου, καθώς και σε επιπλέον μη καταγεγραμμένα υδροσημεία, τα οποία όμως συνεισφέρουν στην κάλυψη των αναγκών (κυρίως αρδευτικών). Το σύνολο των υδροσημείων που απεγράφησαν, παρουσιάζεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα και απεικονίζεται στο χάρτη, που ακολουθεί στη συνέχεια. Στον πίνακα 3.3.1 δίνονται οι συντεταγμένες και ο συμβολισμός του κάθε υδροσημείου, ο σκοπός για τον οποίο χρησιμοποιείται και το γεωλογικό περιβάλλον της περιοχής υδροληψίας.

**Πίνακας 3.3.1:** Συντεταγμένες ,συμβολισμός ,σκοπός χρήσης υδροσημείων και γεωλογικό περιβάλλον περιοχής

ΥΔΡΟΣΗΜΕΙΟ	x	y	Συμβολισμός	Χρήση	Γεωλογικά Στοιχεία
Πηγή Λεύκες	539056.79	4136684.545	S1	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγάδι Θείου Λεύκες	539543.522	4136729.988	W1	Οικιακή-Άρδευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγάδι Φρόσω Λεύκες	539466.754	4136322.828	W2	Οικιακή-Άρδευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγή Μαθιά	538782.858	4136359.677	S2	Άρδευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγάδι Φλαμπούρια	535359.09	4135262.73	W3	Ύδρευση	Αλλούβια: παράκτιες αποθέσεις, άμμοι, ιλύες και χάλικες
Πηγή Φλαμπούρια	535703.867	4134592.378	S3	Οικιακή-Άρδευση	Επιδοτο-ζωισιτικοί σχιστόλιθοι
Πηγή Αγ.Δημητρίου	533510.218	4129547.703	S4	Οικιακή-Ύδρευση	Επιδοτο-ζωισιτικοί σχιστόλιθοι
Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου	533353.184	4129423.804	D1	Ύδρευση	Μεταμορφομένα γαββρικά πετρώματα
Γεώτρηση Καμίνια	536651.651	4132753.605	D2	Ύδρευση	Τεφροκύανα Μάρμαρα
Γεώτρηση Λιοτρίβι	539150.511	4135581.708	D3	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγή Άουσας	539841.35	4137705.253	S5	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγάδι Κουρί	540021.863	4137496.558	W4	Οικιακή-Άρδευση	Αλλούβια: παράκτιες αποθέσεις, άμμοι, ιλύες και χάλικες
Πηγή Αγ.Στέφανος	539790.338	4139116.471	S6	Οικιακή-Άρδευση	Επιδοτο-ζωισιτικοί σχιστόλιθοι
Πηγή Αστέρας	539097.713	4141057.802	S7	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Γεώτρηση Ελικοδρόμιο	538045.087	4141185.435	D4	Ύδρευση	Χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγή Πύργος	536848.598	4141059.853	S8	Ύδρευση	Χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγάδι Λουτρά	537334.331	4141820.143	W5	Άρδευση	Χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Γεώτρηση Λουτρά	537350.261	4142103.741	D5	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
Πηγάδι ρέμα της	535797.74	4138540.036	W6	Άρδευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί-

<b>κυράς</b>					μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
<b>Γεώτρηση Επισκοπής</b>	536395.06	4138540.036	D6	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί- μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
<b>Γεώτρηση Γήπεδο</b>	535201.462	4137055.648	D7	Ύδρευση	Αλλούβια: παράκτιες αποθέσεις, άμμοι, ιλύες και χάλικες
<b>Γεώτρηση Αγ.Μαρίνα</b>	535579.861	4136554.93	D8	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί- μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
<b>Γεώτρηση Γιαννούλης</b>	535339.266	4137034.66	D9	Ύδρευση	Αλλούβια: παράκτιες αποθέσεις, άμμοι, ιλύες και χάλικες
<b>Γεώτρηση Φυλλαδάκια</b>	537449.992	4135234.892	D10	Ύδρευση	Αλβιτικοί-χαλαζιακοί- μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί σχιστόλιθοι
<b>Πηγάδι Κανάλας</b>	538046.473	4133351.554	W7	Ύδρευση	Επιδοτο-ζωισιτικοί σχιστόλιθοι
<b>Πηγή Αμμουδάκι</b>	538616.64	4133175.824	S9	Άρδευση	Επιδοτο-ζωισιτικοί σχιστόλιθοι



**Εικόνα 3.3.1:** Χάρτης υδροσημείων νήσου Κύθνου

Από τα 17 συνολικά φρέατα και γεωτρήσεις που απεγράφησαν, 11 εκμεταλλεύονται την ασθενή υδροφορία των σχιστολιθικών σχηματισμών (εκ των οποίων τα 5 είναι πηγάδια), 4 την προσχωματική υδροφορία (εκ των οποίων τα 2 είναι πηγάδια), μία γεώτρηση την καρστική υδροφορία των

μαρμάρων, και μία γεώτρηση την ασθενή υδροφορία των μεταμορφωμένων γαββρικών πετρωμάτων. Οι εννέα πηγές, που έχουν απογραφεί εκφορτίζουν τον ασθενή υδροφόρο των σχιστολίθων. Η κατανομή των υδρομαστευτικών έργων ανά υδροφορέα παρουσιάζεται στην εικόνα 3.3.2 που ακολουθεί:



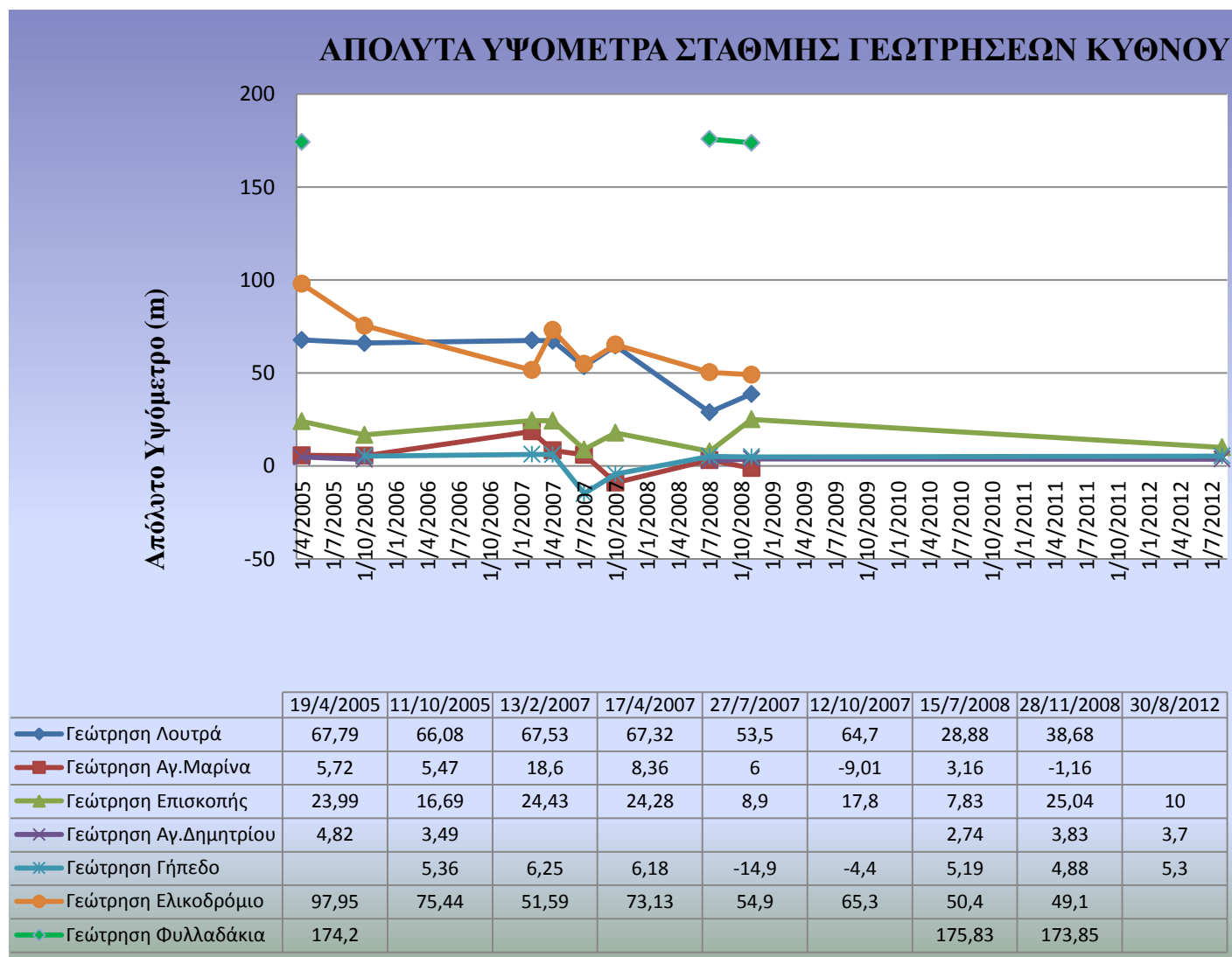
**Εικόνα 3.3.2:** Διάγραμμα κατανομής υδρομαστευτικών έργων ανά υδροφορέα

Δυστυχώς, για τα υδροσημεία δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία στο δήμο αλλά και σε άλλους φορείς που θα μπορούσαν να διευκολύνουν τη μελέτη μας για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων. Τα διαθέσιμα στοιχεία, που υπάρχουν έχουν προκύψει από τμηματικές μετρήσεις του ΙΓΜΕ από το 2005 έως και το 2008 και για περιορισμένο αριθμό υδροσημείων, ενώ είναι άξιο αναφοράς ότι δεν υπάρχει καμία μηκοτομή για καμία από τις γεωτρήσεις, που τροφοδοτούν το υδρευτικό δίκτυο του δήμου.

Στα παρακάτω διαγράμματα δίνονται πληροφορίες για τις στάθμες υπογείου νερού σε συγκεκριμένες γεωτρήσεις και φρέατα, από μετρήσεις που έχουν γίνει κατά διαστήματα στην περιοχή έρευνας. Σήμερα, λόγω κακοτεχνιών και κακής συντήρησης στις περισσότερες γεωτρήσεις του νησιού δεν είναι εφικτή η γνώση της στάθμης. Τα διαγράμματα έχουν προκύψει από στάθμες ηρεμίας (στατικές στάθμες) κι όχι από δυναμικές στάθμες υπογείου

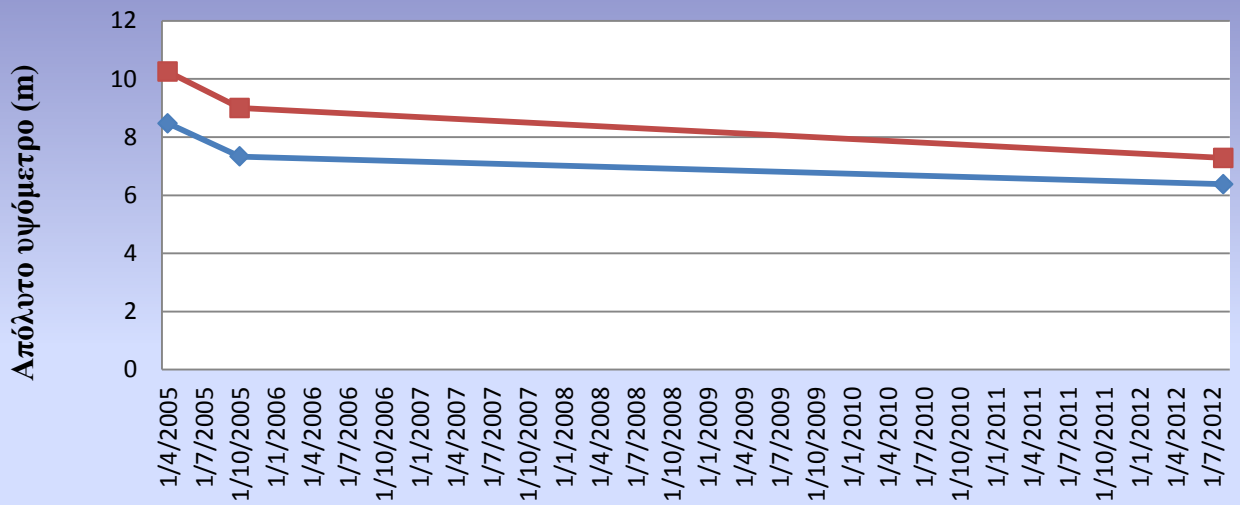


νερού (κατάσταση λειτουργίας), δηλαδή δεν απεικονίζουν τη δυσμενέστερη κατάσταση. Ακόμα όμως και στο ευμενές σενάριο, παρατηρούνται απόλυτα υψόμετρα στάθμης πολύ κοντά στο μηδέν ή ακόμα και κατά περιπτώσεις αρνητικά απόλυτα υψόμετρα στάθμης. Για την εύρεση των τελευταίων χρησιμοποιήθηκε το απόλυτο υψόμετρο του υδροσημείου (ΙΓΜΕ, 2010) και το μετρηθέν βάθος της στατικής στάθμης του υπογείου νερού .



**Εικόνα 3.3.3:** Διάγραμμα απόλυτων υψομέτρων γεωτρήσεων νήσου Κύθνου

### ΑΠΟΛΥΤΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΦΡΕΑΤΩΝ ΚΥΘΝΟΥ



	21/4/2005	13/10/2005	30/8/2012
■ Πηγάδι Κανάλας	1,78	1,67	0,9
◆ Πηγάδι Φλαμπούρια	8,47	7,33	6,38

**Εικόνα 3.3.4:** Διάγραμμα απόλυτων υψομέτρων φρεάτων νήσου Κύθνου

Οι αρκετά υψηλότερες στάθμες των γεωτρήσεων Φυλλαδάκια, Ελικοδρόμιο και Λουτρών είναι φυσιολογικές, λόγω των μεγαλύτερων υψομέτρων στα οποία βρίσκονται τα υδροσημεία. Η στάθμη των δύο πολύ κοντινών στην ακτογραμμή σημείων (γεώτρηση Αγίος Δημήτριος και γεώτρηση Γήπεδο) κυμαίνεται σε πολύ χαμηλές τιμές, ιδιαίτερα κοντά στο 0 δηλαδή περί το επίπεδο της θάλασσας, με χαμηλότερη τη στάθμη της γεώτρησης στο Γήπεδο, που βρίσκεται στο Μέριχα και που έχει παρουσιάσει αρνητικά απόλυτα υψόμετρα στάθμης υπογείου νερού. Μεγάλες διακυμάνσεις παρουσιάζουν τα απόλυτα υψόμετρα στην γεώτρηση της Αγίας Μαρίνας με αρνητικές τιμές να έχουν μετρηθεί δύο συνεχόμενες χρονιές κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Νοεμβρίου, ενώ η γεώτρηση της Επισκοπής εμφανίζει σχετικά καλές τιμές απόλυτων υψομέτρων, χωρίς να μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα, ότι δεν παρουσιάζει κάποιο πρόβλημα εφόσον δεν γνωρίζουμε δυναμικές στάθμες.

Στο δεύτερο διάγραμμα, τα φρέατα βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα, πολύ κοντά στην ακτογραμμή και παρουσιάζουν ανάλογα χαμηλά απόλυτα υψόμετρα στάθμης υπογείου νερού. Ειδικά το φρέαρ στην περιοχή της Κανάλας, εμφανίζει απόλυτα υψόμετρα στάθμης, ιδιαιτέρως κοντά στην τιμή του μηδέν.

Η συνηθέστερη περίπτωση υποβάθμισης της ποιότητας του νερού ενός παράκτιου υδροφόρου, είναι η διείσδυση της θάλασσας. Το αλμυρό νερό μπορεί να συναντάται είτε ως συγγενετικό νερό, είτε ως υπόγεια ροή θαλασσινού νερού κάτω από υδροφόρους γλυκού νερού, είτε στα περιθώρια των παράκτιων υδροφόρων, είτε ως παλιρροϊκό νερό σε εκβολές ποταμών ή τεχνητών καναλιών. Το φαινόμενο αυτό, είναι το λεγόμενο φαινόμενο της υφαλμύρισης.

Η θέση και το σχήμα της διεπιφάνειας μεταξύ υπόγειου γλυκού και αλμυρού νερού, είναι συνάρτηση της υδροστατικής του υδροφόρου που εκφορτίζεται. Οποιαδήποτε ενέργεια που αλλάζει την υδροστατική στάθμη, οδηγεί αυτόματα και σε αλλαγή της θέσης ή/και του σχήματος της διεπιφάνειας. Επίσης, σε τέτοια αλλαγή μπορεί να οδηγήσουν και οι παλιρροϊκές κινήσεις της θάλασσας. Άρα, η διεπιφάνεια αυτή βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας. Συνήθως, η ισορροπία αυτή διαταράσσεται με την επέμβαση του ανθρώπου.

Στην περίπτωση μας κι εφόσον παρατηρούνται χαμηλά απόλυτα υψόμετρα στάθμης, το φαινόμενο της υφαλμύρισης είναι αναμενόμενο να παρουσιάζεται.

*ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>*  
*ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ*

## **4.ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ**

### **4.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Ως ιαματικοί φυσικοί πόροι θεωρούνται φυσικά νερά (ψυχρά ή θερμά), ατμοί, φυσικά αέρια ή πηλοί, που έχουν ιαματικές ιδιότητες που έχουν αναγνωριστεί σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου (Νόμος 3498/2006). Οι ιαματικοί φυσικοί πόροι που αξιοποιούνται σήμερα τόσο στην Ελλάδα όσο και σε διεθνές επίπεδο ανήκουν στην συντριπτική πλειοψηφία τους στα γεωθερμικά ρευστά (νερά και αέρια), δηλαδή ως πρώτη υλη ανήκουν στους φυσικούς πόρους που εντοπίζονται κυρίως στο υπέδαφος και είναι ανανεώσιμοι με την έννοια της φυσικής αναπλήρωσης εφόσον η χρήση τους γίνεται με τέτοιο ρυθμό και χωρίς υπέρβαση των ορίων του συστήματος.

- **Υγρά :** θερμά ή ψυχρά μεταλλικά νερά πηγών ή γεωτρήσεων
- **Στερεά :** Πηλοειδή ανόργανα, οργανικά ή μεικτά.
- **Ιαματική πηγή:** Είναι φυσική ανάβλυση ή και άντληση ιαματικού νερού ή και αερίου.
- **Ιαματικά νερά και ιαματικά αέρια:** Είναι υπόγεια ή πηγαία νερά ή αέρια, που αναβλύζουν με φυσικό τρόπο ή λαμβάνονται με τεχνικό έργο, τα οποία λόγω των φυσικών ή χημικών τους ιδιοτήτων έχουν ιαματικές ιδιότητες οι οποίες και αναγνωρίζονται βάσει του νομικού πλαισίου που ορίζει η πολιτεία. Τα ιαματικά νερά περιέχουν μεταλλικά συστατικά , όπως νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, σίδηρο, μαγνήσιο, φώσφορο, οξυγόνο, και άλλα σημαντικά στοιχεία που καθορίζουν τις άξιες και τις ιδιότητες τους.

Η γεωγραφική κατανομή των ιαματικών πηγών στον Ελληνικό χώρο δεν είναι τυχαία. Συνδέεται στενά με τη μορφολογία που παρουσιάζει η χώρα μας και κατά συνέπεια με τους παράγοντες που την προκάλεσαν. Καθοριστικό ρόλο στην γενικότερη γεωλογική δομή του Ελλαδικού χώρου και κατά συνέπεια στη δημιουργία θερμών υδάτινων συστημάτων, έπαιξαν οι κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών. Οι κινήσεις δημιούργησαν μεγάλα τεκτονικά γεγονότα όπως π.χ. ζώνες ρηγμάτων, αλλά και ηφαιστειακά γεγονότα στα όρια

σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών με αποτέλεσμα στις περιοχές αυτές να έχουμε πολλές θερμές πηγές ως μεταηφαιστειακά γεγονότα. ([www.ekke.gr](http://www.ekke.gr))

Έτσι, η κατανομή των ψυχρών και θερμών ιαματικών πηγών είναι αποτέλεσμα:

α) των τεκτονικών γεγονότων - Τεκτονικός προασανατολισμός. Το μορφοανάγλυφο που παρουσιάζει σήμερα η χώρα μας, είναι αποτέλεσμα μεγάλων τεκτονικών γεγονότων που συνέβησαν κατά το παρελθόν. Στα μεγάλα αυτά τεκτονικά γεγονότα, που είναι μεγάλα ρήγματα και στις διασταυρώσεις τους με άλλα, νεότερης γεωλογικής ηλικίας ρήγματα, εμφανίζονται οι θερμές μεταλλικές πηγές. Τα τεκτονικά αυτά ρήγματα δημιούργησαν τις απαραίτητες συνθήκες για το σχηματισμό και την κυκλοφορία του νερού των θερμών πηγών. Κατά κανόνα, η θερμοκρασία του νερού των πηγών, που σχηματίζονται από ρήγματα του τεκτονικού προασανατολισμού, φθάνει περίπου τους 400 °C.

β) των ηφαιστειακών γεγονότων -Ηφαιστειότητα. Οι θερμές πηγές αποτελούν μεταηφαιστειακά γεγονότα και τις συναντούμε στις παρακάτω περιοχές:

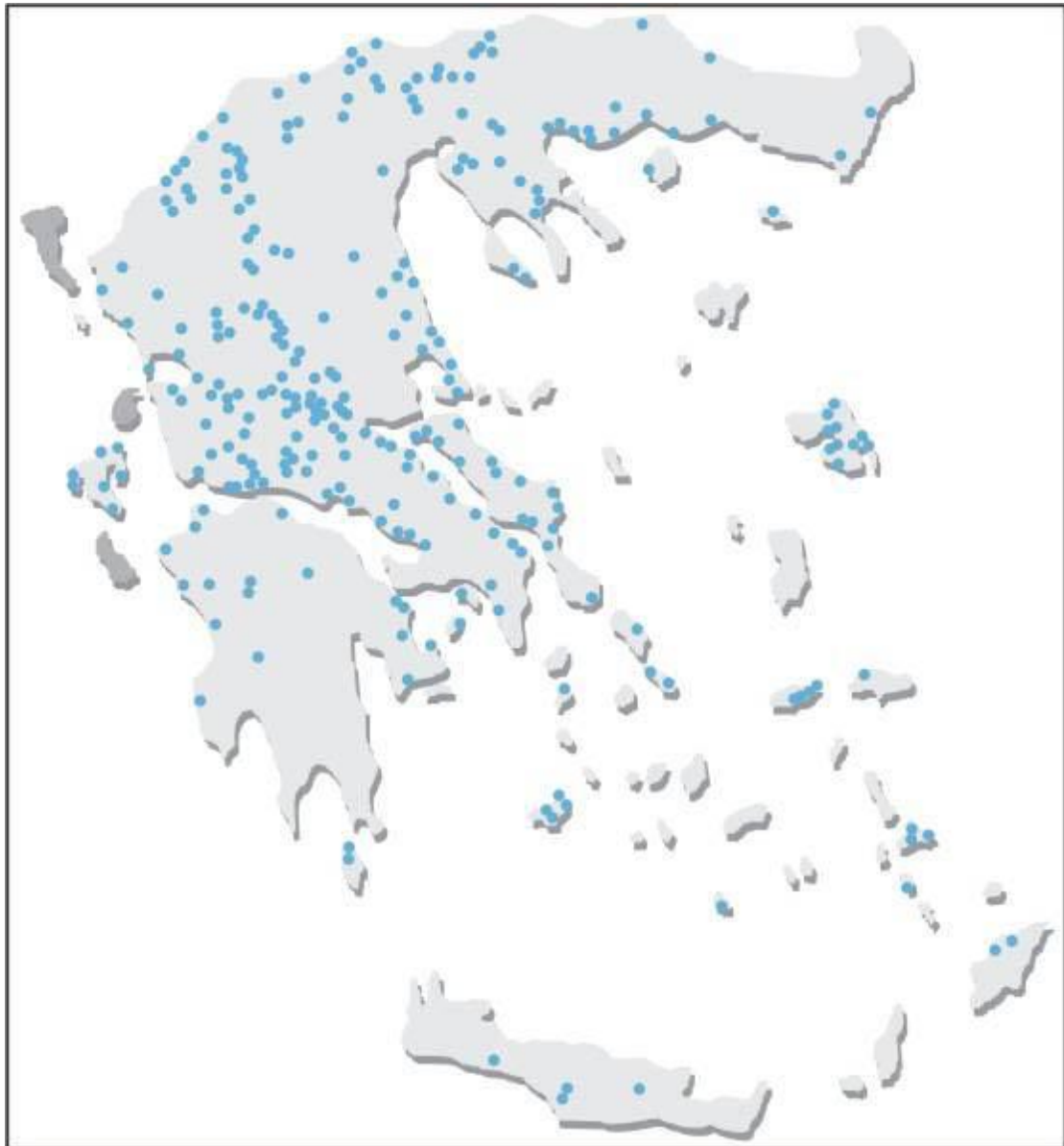
1. Στο ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου. Στα ηφαιστειακά κέντρα Αίγινας, Μεθάνων, Μήλου, Σαντορίνης, Νισύρου και Κω, εμφανίζονται πολλές θερμές πηγές, οι οποίες και διακρίνονται από υψηλές θερμοκρασίες νερού. Αναγνωρισμένες ως ιαματικές είναι οι πηγές Μεθάνων, Σουβάλας Αίγινας, **Κύθνου**, Αδάμαντα Μήλου, Δήμου Θήρας, Αγίου Φωκά Κω, Μανδρακίου Νισύρου, Θερμών Καλύμνου.

2. Στην ηφαιστειογενή περιοχή του βορείου Αιγαίου η οποία περιλαμβάνει περιοχές της Λέσβου (ιαματικές πηγές Κόλπου Γέρας, Θερμής, Αγίου Ιωάννη Λισβορίου, Ευθαλούς, Πολυχνίτου), της Λήμνου (ιαματική πηγή θερμών Ηφαίστου), και της Σαμοθράκης.

3. Στη ηφαιστειογενή περιοχή του Έβρου, συναντούμε τη θερμή ιαματική πηγή Τραϊανουπόλεως και τη θερμή πηγή Τυχερού.

4. Στο Μαλιακό κόλπο με την ηφαιστειακή δράση των Λειχάδων νήσων, συνδέονται οι πηγές των Καμένων Βούρλων, Θερμοπυλών, Υπάτης καθώς και της Αιδηψού.

Στον χάρτη που ακολουθεί απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή των θερμομεταλλικών πηγών στον Ελλαδικό χώρο.



**Εικόνα 4.1.1:** Θερμομεταλλικές πηγές στην Ελλάδα (Πηγή: Πολύζου, Κουμαντάκης, Σταματάκη, 2002)

Σύμφωνα με στοιχεία του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, οι καταγεγραμμένες πηγές θερμομεταλλικών νερών, στην Ελλάδα ανέρχονται συνολικά σε 822, από τις οποίες οι 752 (91,5%) είναι

αξιοποιήσιμες σε σχέση με τις ιαματικές ιδιότητές τους, για το ενεργειακό δυναμικό τους ή την καταλληλότητά τους για πόση ύδατος.

#### 4.1.1 Ταξινόμηση ιαματικών νερών

Η ταξινόμηση των ιαματικών νερών μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια. Οι ταξινομήσεις που προτείνονται κυρίως, βασίζονται στη χημική σύσταση, τη θερμοκρασία και τη ραδιενέργεια των πηγών. Υπάρχει προφανής σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων των ιαματικών νερών, εφόσον η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει την διαλυτική ικανότητα του νερού. Έτσι με την κυκλοφορία του νερού μέσα από τα πετρώματα του υπεδάφους, συντελείται μεγαλύτερος εμπλουτισμός αυτού στα διάφορα συστατικά. (Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών Πόρων, 1984)

#### Ταξινόμηση σύμφωνα με την χημική σύστασή

Τα ιαματικά νερά σύμφωνα με την χημική τους σύσταση διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τα στοιχεία που περιέχουν:

- ✓ Τα ολιγομεταλλικά νερά, των οποίων η ποσότητα των μεταλλικών στοιχείων που περιέχουν είναι μικρότερη από 1gr/kg νερού. Εδώ εντάσσονται οι ακρατοθέρμες και οι ακρατοπηγές.
- ✓ Τα πολυμεταλλικά νερά, των οποίων η συνολική ποσότητα των μεταλλικών στοιχείων που περιέχουν είναι μεγαλύτερη του 1 gr/kg νερού. Εδώ περιλαμβάνονται οι εξής πηγές: οξυπηγές, αλκαλικές, αλκαλικών γαιών, χλωριονατριούχες, αλιπηγές, θειϊκονατριούχες, πικροπηγές, γυψοπηγές, σιδηρούχες (περιέχουν σίδηρο άνω του 0,01 gr/kg νερού) και θειούχες (περιέχουν θείο άνω του 0,001 gr/kg νερού).

#### Ταξινόμηση σύμφωνα με την θερμοκρασία

Η θερμοκρασία που είναι κύριο χαρακτηριστικό των ιαματικών νερών, κυμαίνεται από 20 έως 100 °C. Τα νερά που έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη



από 100 °C αποτελούν ιδιαίτερες κατηγορίες (ατμίδες, θειωνίες, κτλ.).

Σύμφωνα λοιπόν με την θερμοκρασία τους τα νερά διακρίνονται σε:

- ✓ υπέρθερμα όταν η θερμοκρασία τους βρίσκεται μεταξύ 50 και 100 °C
- ✓ μεσόθερμα όταν η θερμοκρασία τους βρίσκεται μεταξύ 35 και 50 °C
- ✓ υπόθερμα όταν η θερμοκρασία τους βρίσκεται μεταξύ 20 και 35 °C
- ✓ ψυχρά όταν η θερμοκρασία τους είναι κάτω από 20 °C.

### **Ταξινόμηση με βάση τη ραδιενέργεια**

Η μονάδα μέτρησης της ραδιενέργειας είναι η Mach. Ραδιενεργά νερά ονομάζονται εκείνα που η περιεκτικότητά τους σε ραδιενέργεια υπερβαίνει τις 3,5 μονάδες Mach. Έτσι οι πηγές διακρίνονται σε:

- ✓ *Ασθενείς*, όταν η ραδιενέργεια του νερού είναι από 3,5 έως 20 Mach
- ✓ *Μέτριες*, όταν η ραδιενέργεια του νερού είναι από 20 έως 100 Mach
- ✓ *Ισχυρές*, όταν η ραδιενέργεια του νερού είναι > 100 Mach

Οι χημικές αναλύσεις του νερού των πηγών άρχισαν να γίνονται στην ελεύθερη Ελλάδα από την εποχή του Καποδίστρια και του Όθωνα (1830-1833). Η εμφάνιση των θεραπευτικών κέντρων-λουτροπόλεων ξεκίνησε από την αρχή του αιώνα. Η αξιοποίηση των περισσότερων Λουτροπόλεων που λειτουργούν και σήμερα έγινε την δεκαετία του 1930. Μια ειδική υπηρεσία ιαματικών πηγών δημιουργήθηκε το 1918, και συμπεριλήφθη στο τότε Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας. Ο χημικός Περτέσης κατά το χρονικό διάστημα 1923-1953 μελέτησε την φυσικοχημική σύσταση των μεταλλικών νερών των περισσότερων πηγών της Ελλάδος. Το έτος 1927 συστήθηκε ο κλάδος των μονίμων υδρολόγων ιατρών και το 1938 συστήθηκε στο Πανεπιστήμιο Αθηνών έδρα κλινικής Υδροθεραπείας και Ιατρικής

κλιματολογίας. Η εξέλιξη των Ιαματικών Πηγών είναι στενά συνδεδεμένη με τις αντιλήψεις της Ιατρικής Παθολογίας.

Το 1936, οι ιαματικές πηγές της χώρας μας, βρέθηκαν κάτω από τον έλεγχο και την ευθύνη του υφυπουργείου Τύπου και Τουρισμού. Το 1945, οι οργανισμοί αυτοί, περιήλθαν στη γενική Γραμματεία Τουρισμού και από το 1951, μέχρι σήμερα, υπάγονται στον Ελληνικό Οργανισμό Τουρισμού (ΕΟΤ), που ιδρύθηκε το χρόνο εκείνο σαν κλάδος του Υπουργείου Προεδρίας της Κυβερνήσεως.

Οι ιαματικές πηγές χαρακτηρίζονται ως «Ιαματικές Πηγές Τουριστικής Σημασίας» ή «Ιαματικές Πηγές Τοπικής Σημασίας». Οι χαρακτηρισμοί αυτοί εισήχθησαν με το Νόμο 4086/1960, σύμφωνα με τον οποίο οι ιαματικές πηγές Τουριστικής Σημασίας υπάγονται στην άμεση αρμοδιότητα του ΕΟΤ, ενώ η λειτουργία των πηγών Τοπικής Σημασίας τελεί υπό την αρμοδιότητα των Δήμων και Νομαρχιών, στα διοικητικά όρια των οποίων αναβλύζουν οι πηγές.

Η διαπίστωση των ιαματικών ιδιοτήτων μιας θερμομεταλλικής πηγής και η ανακήρυξη της ως «ιαματική πηγή», γίνεται μέσω χημικής ανάλυσης των νερών της. Το νερό 142 πηγών έχει αναλυθεί χημικά, ενώ από τον ΕΟΤ, ο οποίος έχει οριστεί ως ο επίσημος φορέας εποπτείας και ελέγχου των ιαματικών πηγών, έχουν ανακηρυχθεί συνολικά 87 πηγές ως ιαματικές. Από αυτές, οι 24 (28%) έχουν χαρακτηριστεί ως πηγές Τουριστικής Σημασίας και οι 63 (72%) ως πηγές Τοπικής Σημασίας.

Από τις 24 Ιαματικές Πηγές Τουριστικής Σημασίας οι 13 (54%) λειτουργούν με ευθύνη του ΕΟΤ, ο οποίος εκδίδει τις άδειες λειτουργίας τους, ασκεί τον έλεγχο λειτουργίας τους και καθορίζει τις τιμές, 6 (25%) ανήκουν σε τοπικούς Δήμους ή Κοινότητες, 1 ανήκει στην Α.Ξ.Ε. - Αστήρ (Καμμένων Βούρλων), 1 αποτελεί Εκκλησιαστική περιουσία, ενώ 3 (13%) δεν λειτουργούν.

Οι 63 Ιαματικές Πηγές Τοπικής Σημασίας ανήκουν στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) και στο Σύνδεσμο Δήμων και Κοινοτήτων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας, ο οποίος περιλαμβάνει ήδη 48 Δήμους και Κοινότητες στις περιοχές των οποίων υπάρχουν ιαματικές πηγές. Από τις πηγές

αυτές λειτουργούν συστηματικά οι 36 (57%) και υπάγονται στη διοικητική εξουσία των οικείων Νομαρχιών, οι οποίες έχουν ανάλογες με αυτές του ΕΟΤ διοικητικές αρμοδιότητες.

Η ύπαρξη πολύ σημαντικών ιαματικών πηγών, σε τόπους με εξαιρετικό φυσικό περιβάλλον και κλίμα, παρέχει μεγάλες δυνατότητες, ώστε, με την αξιοποίησή τους να εξελιχθούν από θεραπευτικά κέντρα που είναι σήμερα, σε παραθεριστικά κέντρα υγείας κατά το πρότυπο των μεγάλων Κέντρων Τουρισμού Υγείας της Κεντρικής Ευρώπης.

#### **4.2 ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ**

Η Κύθνος στους νεότερους χρόνους πήρε το δεύτερο όνομά της, «Θερμιά», απ' τις ζεστές ιαματικές πηγές, οι οποίες βρίσκονται στον γραφικό όρμο Λουτρά, στην βορειοανατολική πλευρά του νησιού.

Πρόκειται για δύο θερμές πηγές. Η μία, των Αγίων Αναργύρων χαρακτηρίζεται βάσει της χημικής της σύστασης ως αλιπηγή (πηγή με περισσότερα των 15.000 mg/l νερού διαλυμένα στερεά συστατικά, εκ των οποίων επικρατέστερα το Cl και το Na) , μεσόθερμη αφού η θερμοκρασία του νερού είναι γύρω στους 38 °C , μέτρια ραδιενεργή με ραδιενεργό συγκέντρωση 25 Mach και βρίσκεται μέσα στο υδροθεραπευτήριο που λειτουργεί εδώ και πολλά χρόνια προσελκύοντας μεγάλο αριθμό επισκεπτών. Η δεύτερη, η επονομαζόμενη πηγή του Κάκκαβου, βρίσκεται σε απόσταση 50 m. από την πρώτη, περιέχει ιωδιούχο, βρωμιούχο και χλωριούχο νάτριο και η θερμοκρασία της φτάνει τους 52 °C. Πρόκειται για μια υπέρθερμη σιδηρούχο αλιπηγή, ασθενή ως προς τη ραδιενέργεια με συγκέντρωση 4,1 Mach, η οποία ρέει ελεύθερα προς την θάλασσα.

Οι αλιπηγές είναι γενικά παραδεκτό ότι βοηθούν στην ραχίτιδα, σε παθήσεις του αίματος και της λέμφου, παθήσεις του νωτιαίου μυελού, ρευματοειδείς παθήσεις, αρθρίτιδες, νευρώσεις, διογκώσεις της σπλήνας και του ήπατος, διαταραχές της κυκλοφορίας του αίματος και δερματικές παθήσεις. ([www.iama.gr](http://www.iama.gr))

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τον Αύγουστο του 2012, πραγματοποιήθηκε επιτόπου επίσκεψη στα σημεία ανάβλυσης των ιαματικών πηγών. Στα υδροσημεία αυτά μετρήθηκαν επιτόπου (in situ) κάποια φυσικά χαρακτηριστικά και ελήφθησαν ενδεικτικά δείγματα για εργαστηριακές χημικές αναλύσεις (προσδιορισμός κύριων ιόντων). Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων από τις ιαματικές πηγές παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.1 που ακολουθεί και τεκμηριώνουν όσα προαναφέρθηκαν για τον χαρακτηρισμό των ιαματικών νερών.

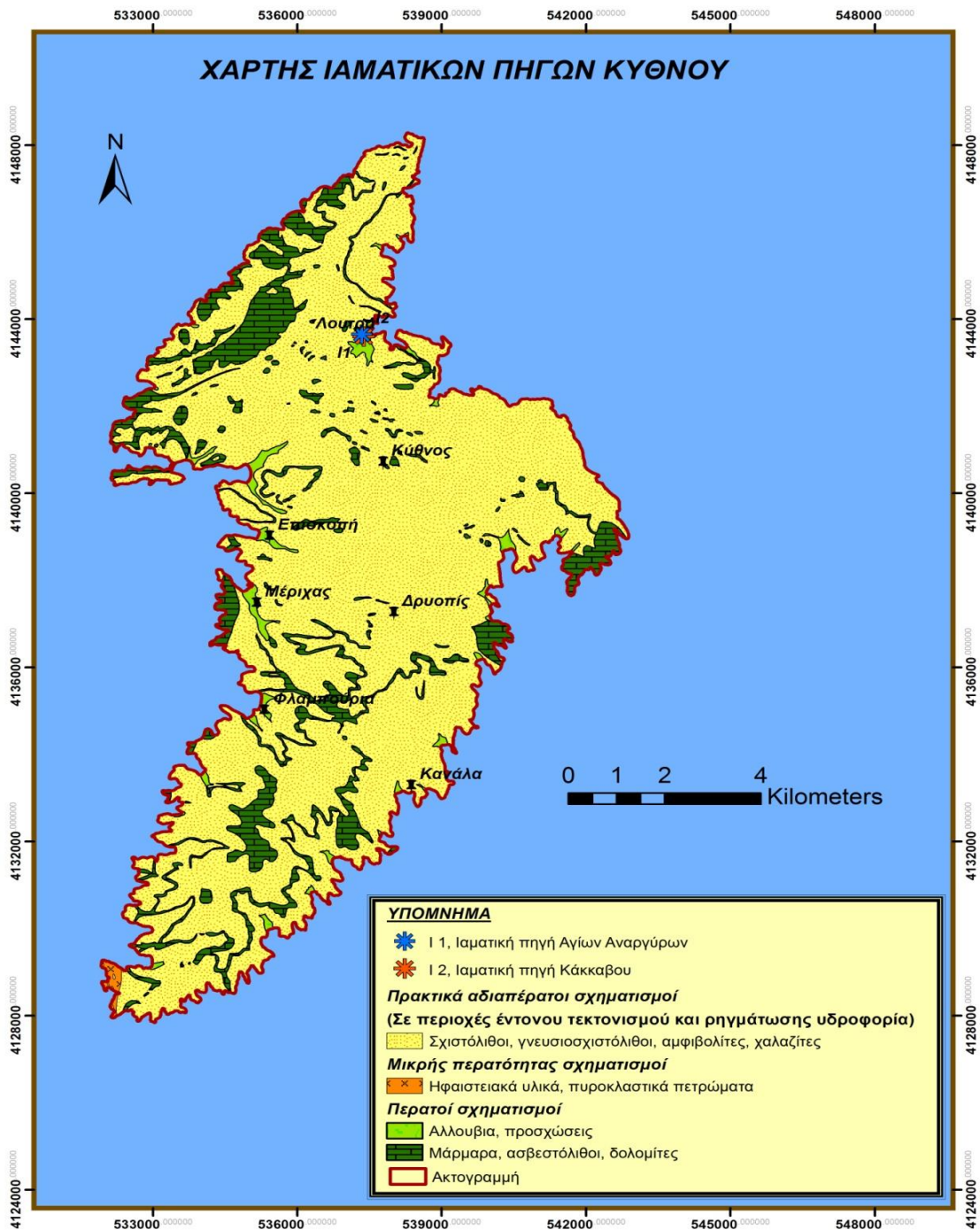
**Πίνακας 4.2.1:** Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερού ιαματικών πηγών νήσου Κύθνου

sample ID	Temp (oC)	ph	E.c (μS/cm)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	TDS (mg/l)
Ιαματική πηγή Αγίων Αναργύρων	36	7.05	32000	961.153	174.96	8620	460	409.92	13120	192.565	27.7	23966.30
Ιαματική πηγή Κάκκαβος	51	6.55	54000	1649.98	204.12	9980	480	413.58	18930	399.725	2.1	32059.51

Στον πίνακα 4.2.2 παρουσιάζονται ο συμβολισμός και οι συντεταγμένες των ιαματικών πηγών και στην εικόνα 4.2.1 φαίνεται η θέση των πηγών πάνω στο χάρτη.

**Πίνακας 4.2.2:** Συμβολισμός και συντεταγμένες ιαματικών πηγών νήσου Κύθνου

sample ID	symbol	x	y
Ιαματική πηγή Αγίων Αναργύρων	I1	537346.822	413655.873
Ιαματική πηγή Κάκκαβος	I2	537382.843	4143601.644



Εικόνα 4.2.1: Χάρτης ιαματικών πηγών νήσου Κύθνου



**Εικόνα 4.2.2:** Νερό ιαματικής πηγής Αγίων Αναργύρων και ιαματικής πηγής Κάκκαβου (Πηγή: [www.kythnos-island.com](http://www.kythnos-island.com))

Κανείς από τους αρχαίους συγγραφείς δεν αναφέρεται στις ιαματικές πηγές της Κύθνου. Η χρήση τους λοιπόν δεν ήταν γνωστή στην αρχαιότητα, παρά το γεγονός ότι στο Αρχαιολογικό Μουσείο υπάρχει ανάγλυφο του 4ου π. Χ. αιώνα που παριστάνει την υποδοχή του Ασκληπιού από κάποιον τοπικό ήρωα και δηλώνει ότι πιθανότατα υπήρχε ήδη από τα ύστερα χρόνια κάποιο ιερό στη θέση των θερμών πηγών. ([www.kythnos.gr](http://www.kythnos.gr))

Από την άλλη πλευρά, η εκδοχή ότι δημιουργήθηκαν από ισχυρή έκρηξη του νεκρού τώρα ηφαιστείου, του Σωρού, στους ρωμαϊκούς ή βυζαντινούς χρόνους, μάλλον φαίνεται τολμηρή. Το πιθανότερο είναι ότι υπήρχαν μεν στην αρχαιότητα, αλλά δεν χρησιμοποιούνταν παρά μόνο κατά τους ρωμαϊκούς ή βυζαντινούς χρόνους. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγουν οι αρχαιολόγοι λόγω της ύπαρξης διαφόρων ευρημάτων: ενός πλίνθινου λουτήρα, στον οποίο διοχέτευε νερό ένα αυλάκι που ερχόταν από την πηγή των Αγ. Αναργύρων, πέντε τάφων γύρω από τις πηγές καθώς και ενός μικρού γυάλινου αγγείου.

Όλα αυτά τα στοιχεία μαρτυρούν, ότι η χρήση των λουτρών γίνονταν και σε εποχή κατά την οποία ο χριστιανισμός δεν ήταν ακόμα διαδεδομένος στη Κύθνο.

Στα νεότερα χρόνια οι ντόπιοι χρησιμοποιούσαν τις πηγές αποκλειστικά για το πλύσιμο και το πάτημα -όπως οι ίδιοι λένε- των μάλλινων κυρίως χειροποίητων κουβερτών αλλά και χαλιών.

Την σπουδαιότητα και τον θεραπευτικό χαρακτήρα των θερμών πηγών της Κύθνου διαπίστωσαν πρώτοι οι γερμανοί γιατροί και χημικοί, που ήρθαν στην Ελλάδα μαζί με τον Όθωνα. Με δικές τους συστάσεις και με επιστημονικό τρόπο οικοδομήθηκε η δεξαμενή της πηγής των Αγ.Αναργύρων το 1838, αφού πρώτα, το 1830 και το 1833, έγιναν χημικές αναλύσεις που απέδειξαν τις ιαματικές δυνατότητες των πηγών. Το 1836 έφθασε στην Κύθνο ο βασιλικός αρχιτέκτονας Christian Hansen, ο οποίος έφτιαξε τα σχέδια του συγκροτήματος των ιαματικών λουτρών μαζί με τον βοηθό του Laurent. Επιθυμία της κυβέρνησης, ύστερα από εισήγηση της ιατρικής σχολής, ήταν να εκσυγχρονισθούν οι εγκαταστάσεις.

Αρχικά τα λουτρά ανήκαν στην τοπική αυτοδιοίκηση του νησιού, η οποία και τα παραχώρησε προς εκμετάλλευση στον ΕΟΤ (1955), όπου και αρχίζει η λειτουργία του ξενοδοχείου ΞΕΝΙΑ δίπλα στις πηγές. Από τη δεκαετία του 1990 ξεκινά μια περίοδος φθίνουσας πορείας και το 2000 περίπου κλείνει τελείως η ξενοδοχειακή μονάδα. Μετά από άκαρπες προσπάθειες για πλειοδοτήσεις από ιδιώτες γύρω στο 2004, οι ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις παραμένουν κλειστές (και έχουν παρέλθει στη δικαιοδοσία των Ελληνικών Τουριστικών Ακινήτων), ενώ το οργανωμένο θεραπευτήριο είναι υπό την εκμετάλλευση του ΕΟΤ και ουσιαστικά έχει παρακμάσει. οι ιαματικές πηγές είναι ανοιχτές και προς εκμετάλλευση από τον ΕΟΤ, για 4 μήνες το χρόνο (Ιούνιο με Οκτώβριο), χωρίς να διαφαίνεται η τάση για αλλαγή της υπάρχουσας κατάστασης προς το παρόν από τον φορέα διαχείρισης. (ΕΜΠ, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2007)



**Εικόνα 4.2.3:** Το ξενοδοχείο ΞΕΝΙΑ και οι εγκαταστάσεις των ιαματικών λουτρών στα Λουτρά Κύθνου

Οι δυνατότητες για ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών τουρισμού ,προφανώς και του ιαματικού-θερμαλιστικού τουρισμού στο νησί της Κύθνου είναι πραγματικά πολλές. Πλήθος τουριστών καταφθάνουν στο λιμάνι με τα πλοία των γραμμών ,είτε με τα κρουαζιερόπλοια που επισκέπτονται το νησί κι επιπλέον, η Κύθνος διαθέτει συγκριτικά πλεονεκτήματα λόγω της φυσικής της ομορφιάς , της ιστορίας, των μνημείων των ιδιαίτερων οικισμών και άλλα. Αυτό σημαίνει ότι με συντονισμένη ενεργοποίηση όλων των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών), στο πεδίο ανάπτυξης νέων προϊόντων και ειδικών μορφών τουρισμού και προβολής της περιοχής θα προσελκύεται ακόμη μεγαλύτερος αριθμός τουριστών τόσο από το εξωτερικό όσο και από το εσωτερικό της χώρας.

Το σχέδιο ανάπτυξης που θα εφαρμοστεί θα πρέπει να συνδέει το θερμαλισμό με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής (φυσική – πολιτιστική κληρονομιά και λοιπές μορφές τουρισμού) ,να πετύχει την βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών και να αναπτύξει ένα σχέδιο μετεξέλιξης των λουτρών σε σύγχρονους χώρους ευεξίας, πρόληψης και



θεραπείας. Ως βασικός στόχος θα πρέπει να τίθεται η αύξηση των πελατών - χρηστών του λουτρών, η διεύρυνση των παρεχόμενων υπηρεσιών ,η βελτίωση των υποδομών και η αναβάθμιση του ανθρώπινου δυναμικού.

Για την ανάπτυξη του ιαματικού τουρισμού στο νησί της Κύθνου προτείνεται :

- Να μετατραπούν οι ιαματικές πηγές της Κύθνου σε σύγχρονες λουτροπόλεις και θεραπευτικά κέντρα.
- Να κατασκευαστούν νέες ή να αναβαθμιστούν οι υφιστάμενες τεχνικές και κοινωνικές υποδομές.
- Να προσληφθεί και να εκπαιδευτεί κατάλληλο προσωπικό ανάμεσα στο οποίο θα περιλαμβάνεται και γιατρός.
- Να κατασκευαστεί σταθμός πληροφόρησης και υποδοχής των λουόμενων.
- Να υπάρξει αποκέντρωση στη λήψη αποφάσεων με την αναβάθμιση του ρόλου της τοπικής αυτοδιοίκησης. Απαραίτητη κρίνεται η συμμετοχή των φορέων της περιοχής.

***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>***  
***ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ***

## **5.ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

### **5.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Οι βασικότεροι παράγοντες, που συντελούν στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής είναι: το ανάγλυφο, η απόσταση από τη θάλασσα, το υψόμετρο, τα ατμοσφαιρικά συστήματα και οι ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες.

Το υδατικό διαμέρισμα των νησιών του Αιγαίου, παρουσιάζει σημαντικές κλιματικές παραλλαγές, λόγω της γεωγραφικής θέσης, του μεγέθους και της απόστασης των νησιών από τις πλησιέστερες ηπειρωτικές ακτές. Τα νησιά μπορούν να διακριθούν σε πέντε ομάδες με παρεμφερή μεγέθη βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής. (ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, ΚΕΠΕ, 2003)

- Κεντρικές και νότιες Κυκλάδες (Φολέγανδρος, Πάρος, Μήλος, Κίμωλος, Σίφνος, Σέριφος, Σύρος, Μύκονος, Νάξος, Αμοργός, Ανάφη, Θήρα, Ίος, Σίκινος)·
- Βόρειες Κυκλάδες (Κύθνος, Κέα, Άνδρος, Τήνος)·
- Βόρειο Αιγαίο (Λήμνος, Άγιος Ευστράτιος)·
- Ανατολικό Αιγαίο (Λέσβος, Χίος, Ψαρά, Ικαρία, Σάμος, Φούρνοι, Πάτμος)·
- Δωδεκάνησα (Λέρος, Κάλυμνος, Κως, Νίσυρος, Σύμη, Τήλος, Χάλκη, Ρόδος, Κάρπαθος, Κάσος, Αστυπάλαια).

Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη Ν. Κύθνο, είναι παρόμοιες με αυτές που επικρατούν και στα υπόλοιπα νησιά των Κυκλάδων. Έτσι το κλίμα της νήσου χαρακτηρίζεται ως εύκρατο προς θαλάσσιο. Οι δυτικές Κυκλάδες, στις οποίες ανήκει η Κύθνος είναι από τις πιο ξηρές περιοχές της Ελλάδας. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των δυτικών Κυκλάδων είναι η εμφάνιση περισσότερων αίθριων ημερών και λιγότερο νεφοσκεπών, καθώς επίσης και η παρουσία έντονων ανέμων. (ΕΜΠ, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2007)

Στο νησί δεν υπάρχει εγκατεστημένος μετεωρολογικός σταθμός και για το λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν τα διαθέσιμα

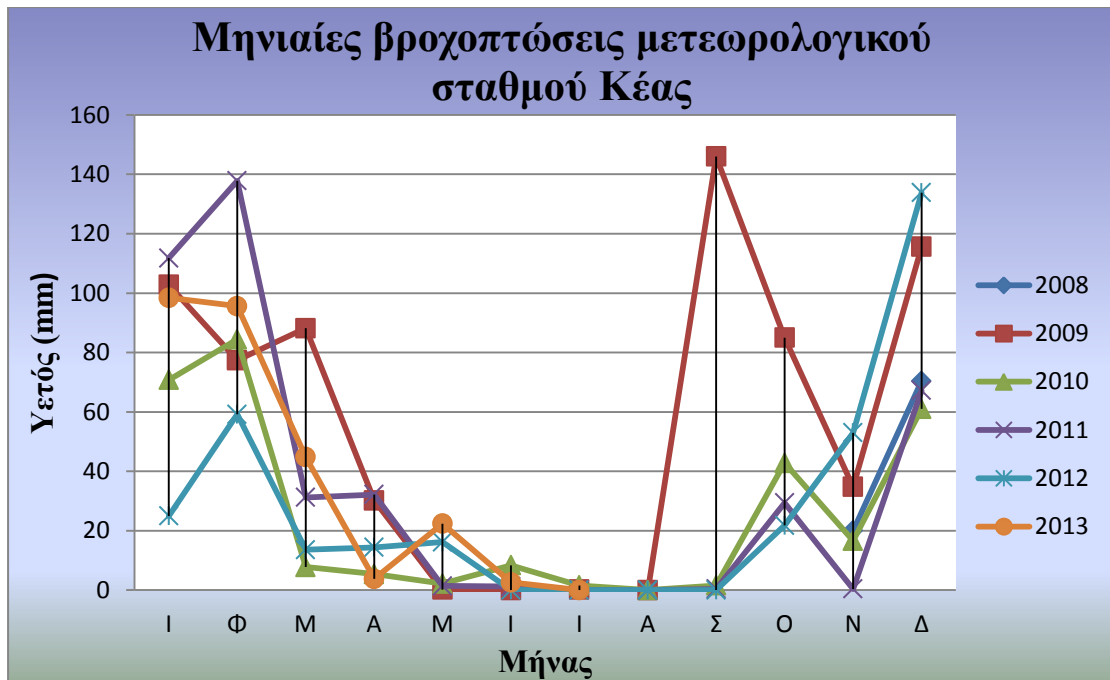
στοιχεία από το μετεωρολογικό σταθμό της κοντινής νήσου Κέας. Η νήσος Κέα επιλέχθηκε ως αντιπροσωπευτική, καθώς σύμφωνα με τα όσα προαναφέρθηκαν έχει παρεμφερή μεγέθη βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής με την νήσο Κύθνο κι επιπλέον είναι γεωγραφικά το κοντινότερο νησί στη δική μας περιοχή ενδιαφέροντος. Ο μετεωρολογικός σταθμός βρίσκεται σε υψόμετρο 180 m στην Ιερά Μονή Καστριανής, ανήκει στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (Ε.Α.Α) και ξεκίνησε να παρέχει δεδομένα από τον μήνα Νοέμβριο του 2008. Ως εκ τούτου δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα πριν από την ημερομηνία αυτή.

## 5.2 ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Ως διαθέσιμα δεδομένα βροχοπτώσεων έχουμε τις ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης από τον σταθμό του Ε.Α.Α στην Κέα, για το χρονικό διάστημα Νοέμβριος 2008 έως και Ιούλιος 2013. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά οι μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης από το σταθμό.

**Πίνακας 5.2.1:** Μηνιαίες και μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης στο μετεωρολογικό σταθμό της Κέας

ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ												ΕΤΟΣ
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Άθροισμα
2008											20	70.4	
2009	102.8	77.4	88.2	30.2	0.2	0	0.2	0	146	85	34.8	115.6	680.4
2010	70.8	84.4	7.8	5.4	2.2	8.4	1.6	0	1.6	42.8	16.6	61	302.6
2011	111.8	137.8	31.2	32.2	1.4	1.2	0	0	0.4	29.4	0.4	67.2	413
2012	25.00	59.20	13.60	14.40	16.20	0.00	0.00	0.00	0.00	21.80	53.00	133.80	337
2013	98.4	95.6	44.8	3.8	22.4	2.6	0						
Μέση τιμή	81.76	90.88	37.12	17.2	8.48	2.44	0.36	0	37	44.75	24.96	89.6	434.55
max	111.8	137.8	88.2	32.2	22.4	8.4	1.6	0	146	85	53	133.8	
min	25	59.2	7.8	3.8	0.2	0	0	0	0	21.8	0.4	61	



Εικόνα 5.2.1: Διάγραμμα μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης για τα έτη 2008-2013 μετεωρολογικού σταθμού Κέας



Εικόνα 5.2.2: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης μετεωρολογικού σταθμού Κέας

Τα διαθέσιμα δεδομένα από το σταθμό της Κέας, αποτυπώνουν το βροχομετρικό καθεστώς των τελευταίων πέντε χρόνων. Λόγω της μικρής περιόδου διαθέσιμων δεδομένων, αυτά δεν θεωρούνται αντιπροσωπευτικά του βροχομετρικού καθεστώτος, σε υπερετήσια βάση. Για τα τέσσερα έτη με

πλήρεις μετρήσεις (2009-2012), έχουμε το 2009 την εμφάνιση του πιο υγρού έτους (680,2 mm) και το 2010 του πιο ξηρού έτους (302,6 mm). Για την περίοδο αυτή η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται στα 434,55 mm.

Η εποχική κατανομή των βροχοπτώσεων αποτυπώνεται στο διάγραμμα της εικόνας που ακολουθεί.



**Εικόνα 5.2.3:** Διάγραμμα εποχικής κατανομής βροχοπτώσεων μετεωρολογικού σταθμού Κέας

Όπως φαίνεται το χειμώνα σημειώνεται το 60% του μέσου ετήσιου ύψους, το φθινόπωρο το 25%, την άνοιξη το 14% και το καλοκαίρι το 1%. Την εξαμηνιαία περίοδο από Οκτώβριο μέχρι και Μάρτιο, σημειώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης. Πιο συγκεκριμένα, την περίοδο αυτή σημειώνεται το 85% του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης.

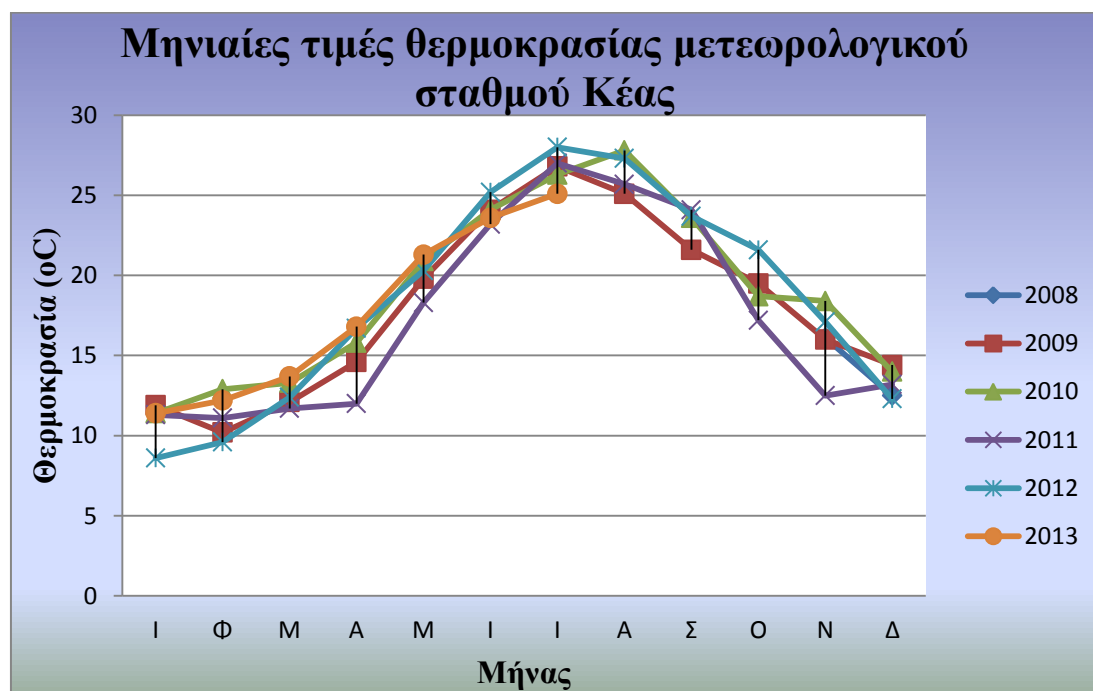
### 5.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Η γνώση της χωροχρονικής κατανομής της θερμοκρασίας του αέρα, συμβάλλει αποφασιστικά στη μελέτη της υδρολογίας μια περιοχής, καθώς αυτή επιδρά αποφασιστικά στους υπολογισμούς της εξατμισοδιαπνοής. Για την προσέγγιση του θερμοκρασιακού καθεστώτος της περιοχής, αξιοποιήθηκαν τα στοιχεία (μηνιαίες τιμές) από το μετεωρολογικό σταθμό της Κέας για τα έτη

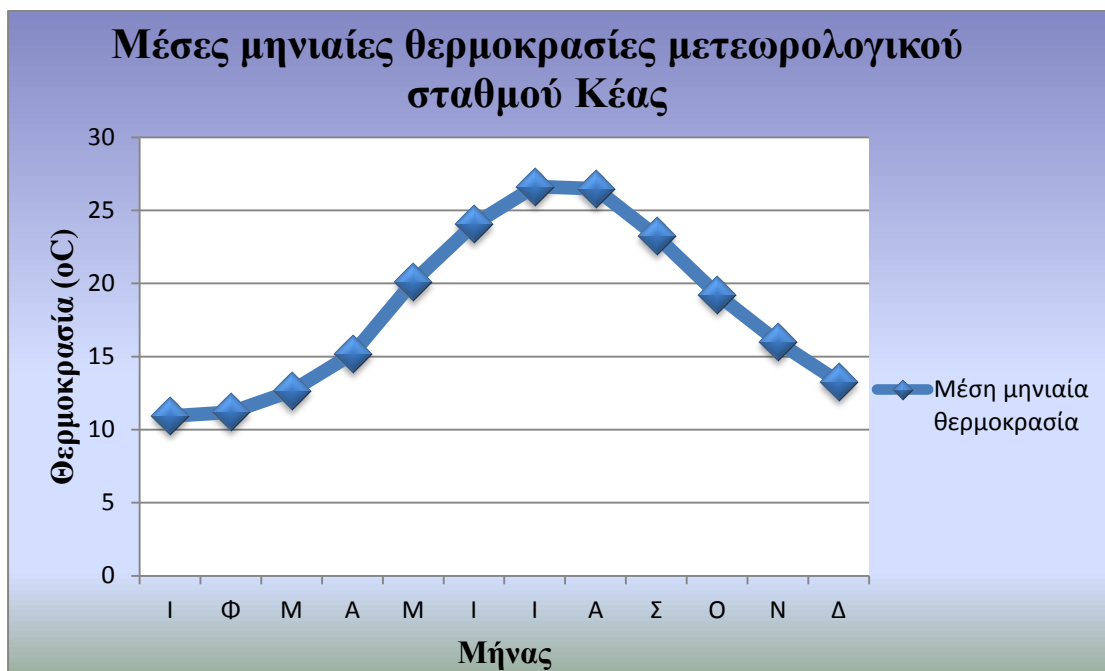
2008-2013. Τα διαθέσιμα δεδομένα είναι από τέσσερα ολόκληρα υδρολογικά έτη (2009-2012), ενώ για τα άλλα δύο έτη οι διαθέσιμες μετρήσεις περιορίζονται σε κάποιους μήνες. Οι μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας, καθώς και οι μέσες μηνιαίες για την περίοδο διαθέσιμων δεδομένων του σταθμού δίδονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 5.3.1:** Μηνιαίες και μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας του αέρα (°C) στο μετεωρολογικό σταθμό της Κέας

ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ												ΕΤΟΣ		
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ			
2008													16.1	12.5	
2009	11.9	10.2	12.1	14.6	19.8	24.1	26.8	25.1	21.6	19.5	16	14.4			
2010	11.4	12.9	13.3	15.8	20.9	24.1	26.3	27.8	23.6	18.7	18.4	14			
2011	11.3	11.1	11.7	12	18.3	23.2	27	25.7	24.1	17.2	12.5	13.2			
2012	8.6	9.6	12.4	16.7	20.3	25.2	28	27.3	23.7	21.6	17.1	12.3			
2013															
	11.4	12.2	13.7	16.8	21.3	23.6	25.1								<i>Μέση ετήσια θερμοκρασία</i>
Μέση μηνιαία τιμή	10.92	11.2	12.64	15.18	20.12	24.04	26.64	26.475	23.25	19.25	16.02	13.28			<i>18.25125</i>



**Εικόνα 5.3.1:** Διάγραμμα μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας του αέρα (°C) για τα έτη 2008-2013 μετεωρολογικού σταθμού Κέας



**Εικόνα 5.3.2:** Διάγραμμα μέσω μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας του αέρα (οC) μετεωρολογικού σταθμού Κέας

Στο μετεωρολογικό σταθμό της Κέας η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιόδου Νοέμβριος 2008 έως και Ιούλιος 2013 είναι 18,25 °C. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, με μέση μηνιαία τιμή 10.92 °C, ακολουθεί ο Φεβρουάριος με τιμή 11.2 °C και ο Μάρτιος με τιμή 12.64 °C. Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, με τιμές 26.64 °C και 26.475 °C αντίστοιχα.

Στην εικόνα 4.3.3 που ακολουθεί δίνεται το ομβροθερμικό διάγραμμα του σταθμού Κέας, για την περίοδο 2008-2013. Από την ερμηνεία του ομβροθερμικού διαγράμματος διαπιστώνεται ότι η ξηρή περίοδος ( $P < 2T$ ), αρχίζει κατά τα τέλη Μαρτίου και τελειώνει μέσα Σεπτέμβρη. Ξηρή περίοδος εμφανίζεται και το διάστημα από τέλη Οκτώβρη μέχρι και τις αρχές του Νοέμβρη. Όπως όμως έχει ήδη προαναφερθεί, οι διαθέσιμες χρονοσειρές βροχής και θερμοκρασίας είναι ιδιαίτερα μικρές και δεν μπορούν να μας οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Το γεγονός ότι δεν εμφανίζεται ενιαία ξηρή περίοδος, μπορεί να οφείλεται το πιθανότερο σε κάποια μεμονωμένα



πλημμυρικά φαινόμενα, που ενδεχομένως να συνέβησαν κατά τον Οκτώβρη της δεδομένης περιόδου.



Εικόνα 5.3.3: Ομβροθερμικό διάγραμμα μετεωρολογικού σταθμού Κέας (2008-2013)

## 5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

### 5.4.1 Γενικά

Ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου των υδροφόρων σχηματισμών και των υδατικών συστημάτων γενικότερα, αποσκοπεί στον προσδιορισμό όλων των εισροών και εκροών νερού στη μονάδα του χρόνου (Γιαννουλόπουλος, 2000).

Η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου στην ουσία εκφράζει τη διατήρηση της μάζας, ότι δηλαδή το αλγεβρικό άθροισμα των διακινήσεων και των μεταβολών αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς είναι μηδέν για οποιαδήποτε χρονική διάρκεια. Δηλαδή  $\Delta S = I - O$  που αποτελεί και την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου.

Στην παραπάνω εξίσωση ο παράγοντας  $\Delta S$ , συμβολίζει τη διαφορά της αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς στη συγκεκριμένη περίοδο, ο

παράγοντας **I** τις συνολικές εισροές και ο παράγοντας **O** τις συνολικές εκροές από τον όγκο αναφοράς στην ίδια περίοδο.

Και οι τρεις όροι αναλύονται σε διάφορες συνιστώσες, αλλά η ανάλυση εξαρτάται πάντα από το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, τμήμα λεκάνης, υπόγειος υδροφορέας, λίμνη κλπ).

Στην απλούστερη μορφή του το υδατικό ισοζύγιο σε ετήσια βάση περιγράφεται από την εξίσωση ([www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr)):

$$P = R + E + I$$

Με βάση τον ορισμό του υδατικού ισοζυγίου όπως δόθηκε παραπάνω, είναι εύκολα κατανοητό πως ο όρος **P (precipitation)** που αντιπροσωπεύει τη βροχόπτωση, αποτελεί τη μοναδική εισροή στη μονάδα του χρόνου για το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς.

Οι εκροές επομένως έχουν δύο συνιστώσες, την πραγματική εξατμισοδιαπνοή **E (evapotranspiration)** και την επιφανειακή απορροή **R (runoff)**. Ο παράγοντας **I (infiltration)** στην παραπάνω εξίσωση, αντιστοιχεί στην κατείσδυση του νερού και αντιπροσωπεύει την αποθήκευση του νερού στον όγκο αναφοράς.



**Εικόνα 5.4.1.1:** Απλοποιημένη γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου (Πηγή: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov))

#### 5.4.2 Βροχόπτωση (P)

Ο παράγοντας βροχόπτωση περιλαμβάνει όλα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα όπως τη βροχή, το χιόνι και το χαλάζι, και αποτελεί όπως προαναφέρθηκε τη μοναδική εισροή στον εξεταζόμενο όγκο αναφοράς. Οι βροχοπτώσεις ενδιαφέρουν πολύ περισσότερο, την υδρολογία λόγω του ότι είναι συνηθέστερες και υπερέχουν ποσοτικά έναντι των υπόλοιπων κατακρημνισμάτων, αλλά κυρίως γιατί δημιουργούν σημαντικά φαινόμενα επιφανειακής απορροής. (Τσακίρης 1995).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις βροχοπτώσεις είναι οι ακόλουθοι:

- το γεωγραφικό πλάτος
- η απόσταση από τη θάλασσα
- η μέση ετήσια θερμοκρασία
- η διεύθυνση του αέρα
- η μορφολογία του αναγλύφου
- η υγρασία του εδάφους και του αέρα και
- η πυκνότητα της βλάστησης

Η μέτρηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια, με τη χρήση διαφόρων οργάνων και την εφαρμογή σύγχρονων επιστημονικών μεθόδων. Ενδεικτικά τα κυριότερα όργανα μέτρησης είναι:

- τα βροχόμετρα
- οι βροχογράφοι
- τα ραντάρ και
- οι δορυφόροι

#### 5.4.3 Απορροή (R+I)

Η υδρολογική λεκάνη αποτελεί το φυσικό υποδοχέα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και δρα, με όλα τα μορφολογικά, εδαφολογικά και λοιπά φυσικά χαρακτηριστικά της, σαν ένα σύστημα μετασχηματισμού. Στο σύστημα αυτό, εισερχόμενα θεωρούνται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που

απορροφούνται από το έδαφος και αποθηκεύονται στους υπόγειους υδροφορείς. Όταν το έδαφος κορεστεί εμποδίζει την περαιτέρω διήθηση του νερού με αποτέλεσμα αυτό να απορρέει επιφανειακά.

Με βάση τα παραπάνω η απορροή μπορεί να εμφανιστεί με διάφορες μορφές. Έτσι παρατηρούμε:

- την *άμεση απορροή*, που οφείλεται στην ύπαρξη αδιαπέρατων σχηματισμών, μέσω των οποίων ποσοστό της βροχής απορρέει άμεσα
- την *επίγεια ροή*, που είναι μια ταχεία απόκριση, που οφείλεται στον κορεσμό του εδάφους
- την *υποδερμική ροή*, που είναι μια αργή απόκριση, που οφείλεται στην πλευρική (οριζόντια) κίνηση του νερού, που εισχωρεί στο έδαφος
- τη *βασική ροή*, δηλαδή την απόκριση των κατώτερων εδαφικών στρωμάτων (υδροφορείς), μέσω πηγών.

Συχνά με τον όρο απορροή εννοείται η επιφανειακή απορροή. Αυτό συμβαίνει, διότι στην υδρολογία η επιφανειακή απορροή ενδιαφέρει περισσότερο από κάθε άλλη συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου, τόσο γιατί δίνει το μεγαλύτερο μέρος των εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων, όσο και γιατί δημιουργεί σημαντικούς φυσικούς κινδύνους στην περίπτωση των πλημμυρών. Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι: κλιματικοί (ένταση βροχοπτώσεων, υγρασία αέρα, άνεμοι, εξάτμιση), γεωμορφολογικοί (κλίση λεκάνης απορροής, υδρογραφική πυκνότητα), λιθολογικοί (είδος πετρωμάτων, περατότητα), καθώς και το είδος της φυτοκάλυψης. ([www.geo.auth.gr/](http://www.geo.auth.gr/))

Ιδιαίτερα όσον αφορά στη σύσταση του εδάφους, αξίζει να αναφερθεί πως η μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή παρατηρείται σε μεταμορφωσιγενή (εκτός των μαρμάρων), σε αργιλικά και μαργαϊκά πετρώματα, ενώ οι μικρότερες τιμές επιφανειακής απορροής παρουσιάζονται σε πιο διαπερατά πετρώματα δηλαδή σε ασβεστολιθικά πετρώματα και προσχώσεις.

#### 5.4.4 Διήθηση – Κατείσδυση (I)

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η απορροή εμφανίζεται με διάφορους τρόπους, ανάλογα με την περιοχή του εδάφους στην οποία απορρέει το νερό. Όταν το νερό που προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα εισχωρεί στο έδαφος, λέγεται πως διηθείται, δημιουργώντας την υποδερμική και τη βασική υπόγεια ροή. Η διήθηση και η κίνηση του νερού στο έδαφος παίζουν σημαντικό υδρολογικό ρόλο και επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή, την εξατμισοδιαπνοή, την επαναφόρτιση των υδροφορέων, αλλά και τη μεταφορά διαλυμένων ουσιών στο έδαφος.

Το νερό της βροχής που κατέρχεται στο έδαφος (περίσσεια βροχόπτωσης), εφόσον το έδαφος δεν έχει κορεστεί, αποθηκεύεται ένα μέρος του ως εδαφική υγρασία (Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., 1999). Όταν όμως το έδαφος κορεστεί, η ποσότητα που δεν μπορεί πλέον να αποθηκευτεί, απορρέει επιφανειακά.

Εξάλλου, εφόσον η βροχόπτωση είναι μικρότερη από την δυνητική εξατμισοδιαπνοή, ένα μέρος της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας εξατμίζεται (εδαφική εξατμισοδιαπνοή) με ρυθμό ανάλογο της διαφοράς της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, μείον τη βροχόπτωση και ανάλογο της εδαφικής αποθήκευσης.

Ο ρυθμός διήθησης είναι μεταβλητός χωρικά και χρονικά. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται είναι:

- η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων
- οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους
- η κατάσταση του επιφανειακού εδαφικού καλύμματος, δηλαδή η βλάστηση
- η περιεκτικότητα σε υγρασία του επιφανειακού εδάφους πριν την έναρξη της βροχόπτωσης
- η θερμοκρασία
- η ποιότητα του βρόχινου νερού
- η περιεκτικότητα του εδάφους σε αέρα, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, τα τριχοειδή φαινόμενα

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, οι παραπάνω παράμετροι που επηρεάζουν τη διήθηση δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν.

Η βαθιά διήθηση ονομάζεται κατείσδυση και αναφέρεται στο υπόλοιπο νερό από αυτό που εξατμίζεται ως εδαφική εξατμισοδιαπνοή και αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία, και διηθείται μέσα στα πετρώματα κατεισδύοντας στους υπόγειους υδροφορείς και εμπλουτίζοντας τους. Η κατείσδυση αποτελεί μια από τις πιο ενδιαφέρουσες συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου των υδροφόρων σχηματισμών, γιατί συμβάλλει άμεσα όχι μόνο στην εκτίμηση των ανανεώσιμων υδατικών αποθεμάτων τους αλλά και στην αποσαφήνιση των μηχανισμών λειτουργίας τους και συνεπώς στη διαχείρισή τους.

#### 5.4.5 Εξατμισοδιαπνοή (E)

Ο όρος εξατμισοδιαπνοή είναι σύνθετος και προκύπτει από τη σύνθετη διαδικασία της εξάτμισης και της διαπνοής. Γενικώς εξάτμιση είναι το φαινόμενο μέσω του οποίου ένα υλικό μεταπίπτει από την υγρή κατάσταση στην αέρια, ενώ το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού που έχει περάσει μέσω ενός φυτού καλείται διαπνοή (Τσακίρης, 1995).

Η απ' ευθείας εξάτμιση από το έδαφος και η διαπνοή γίνονται ταυτόχρονα στη φύση και είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι υδρατμοί που παράγονται με τις δύο διεργασίες. Έτσι χρησιμοποιείται ο σύνθετος όρος της εξατμισοδιαπνοής, που περιλαμβάνει τις σύνθετες διαδικασίες εξάτμισης του νερού από τις υγρές περιοχές και της διαπνοής από τα φυτά, δηλαδή τη μεταφορά του νερού από την επιφάνεια στην ατμόσφαιρα και από την υγρή φάση στην αέρια. Ο μηχανισμός της εξατμισοδιαπνοής ενδιαφέρει πολύ την επιστήμη της υδρολογίας και κατέχει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου κι αυτό γιατί πάνω από το 60% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που πέφτουν στο χερσαίο τμήμα της γης χάνεται εξ' αιτίας του.

Η εξατμισοδιαπνοή από εδαφικές επιφάνειες, φυτοκαλυμμένες ή όχι, εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο

με την εξάτμιση από υδάτινες επιφάνειες, όπου η διαθεσιμότητα του νερού είναι δεδομένη και δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα.

Η ποσότητα της εξατμισοδιαπνοής, που πραγματοποιείται από εδαφικές επιφάνειες, πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες από αναπτυσσόμενη χλωρίδα, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού, σε αντιστοιχία δηλαδή με την εξάτμιση υδάτινων επιφανειών, ονομάζεται δυνητική εξατμισοδιαπνοή, ενώ οι πραγματικές απώλειες νερού από την επιφάνεια του εδάφους με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της διαπνοής, κάτω από υφιστάμενες συνθήκες κλίματος, φυτοκάλυψης και εδαφικής υγρασίας ονομάζεται πραγματική εξατμισοδιαπνοή.

Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως: θερμοκρασία εδάφους-αέρα, υγρασία εδάφους-αέρα, ταχύτητα ανέμου, βαρομετρική πίεση, ηλιακή ακτινοβολία, είδος χλωρίδας, πορώδες, κοκκομετρία κλπ.

Πολυάριθμοι εμπειρικοί τύποι, έχουν προταθεί για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής (δυνητικής και πραγματικής) χωρίς κανέναν απ' αυτούς να έχει καθολική αποδοχή.

Επειδή από τις ανωτέρω παραμέτρους οι πλέον πρόσφορες για μέτρηση είναι η θερμοκρασία και η βροχόπτωση, συνήθως αξιοποιούνται εμπειρικές σχέσεις που απαιτούν μόνο τις δύο αυτές παραμέτρους. (Μαρκαντώνης, 2012)

#### 5.4.5.1 Δυνητική εξατμισοδιαπνοή (E<sub>p</sub>)

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, όπως προαναφέρθηκε παρέχει ένα άνω όριο στις συνολικές απώλειες από εξάτμιση και διαπνοή, αν τα αποθέματα σε νερό ήταν αρκετά για να αντισταθμίσουν τις μέγιστες απώλειες. Είναι δηλαδή ένας κλιματικός δείκτης που δείχνει το όριο της εξατμισοδιαπνοής σε μια συγκεκριμένη περιοχή, αν η προσφορά νερού είναι απεριόριστη ώστε να καλύπτει τις απώλειες από εξάτμιση και διαπνοή.

Με δεδομένα εισόδου τη μέση μηνιαία θερμοκρασία, το γεωγραφικό πλάτος του μετεωρολογικού σταθμού της Κέας και με τη βοήθεια του λογισμικού “Υδρογνώμων” υπολογίστηκε η μέση μηνιαία δυνητική

εξατμισοδιαπνοή για τα έτη 2008-2013 με τη μέθοδο Thornthwaite. Η συγκεκριμένη μέθοδος προτιμήθηκε, λόγω του ότι δεν απαιτεί πολλά δεδομένα εισόδου αλλά μόνο δύο, τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και το γεωγραφικό πλάτος του σταθμού.

Ο Thornthwaite, (1946) προτείνει μια εμπειρική σχέση μεταξύ της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής και της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του αέρα. Η σχέση του Thornthwaite παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε υγρές περιοχές με επαρκή βλάστηση.

Η σχέση αυτή έχει την εκθετική μορφή  $E_p = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^a$  όπου:

$E_p$  = μέση μηνιαία τιμή της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής σε mm

$T$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 0,01792 I + 0,49239$

$I$  = ο ετήσιος θερμικός δείκτης (annual heat index) και δίνεται από το άθροισμα των 12 μηνιαίων θερμικών δεικτών :

$$I = \sum_{1}^{12} \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

Για τον υπολογισμό της  $E_p$  έχει εισαχθεί και ένας διορθωτικός παράγοντας που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του σταθμού. Οι υπολογιζόμενες τιμές  $E_p$  για κάθε μήνα διορθώνονται με ένα συντελεστή ( $n$ ) στον οποίο υπεισέρχονται τόσο ο αριθμός των ημερών κάθε μήνα όσο και οι πραγματικές ώρες μεταξύ ανατολής και δύσης του ηλίου. Η διορθωμένη εξατμισοδιαπνοή προκύπτει από τον τύπο  $E_{p'} = n \cdot E_p$ .

Ο “Υδρογνώμων” είναι ένα εργαλείο διαχείρισης και ανάλυσης των υδρολογικών πληροφοριών. Η διαχείριση των δεδομένων βασίζεται στη γεωγραφική οργάνωση οντοτήτων (λεκάνες απορροής, μετρητικοί σταθμοί, ταμιευτήρες κ.ά.), στις οποίες αντιστοιχούν φυσικές ιδιότητες, τεχνικά χαρακτηριστικά, καθώς και χρονοσειρές μετρήσεων. Το πρόγραμμα υποστηρίζει τυπικές επεξεργασίες χρονοσειρών και εξειδικευμένες υδρολογικές εφαρμογές (μοντέλα εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής, κατασκευή



καμπυλών στάθμης-παροχής, ανάλυση υδατικού ισοζυγίου ταμιευτήρων) και παρέχει δυνατότητες οπτικοποίησης των δεδομένων και αμφίδρομης επικοινωνίας με σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας. Το λογισμικό αυτό είναι μέρος της ομάδας προγραμμάτων, που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια του έργου «*Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*» από το Ε.Μ.Π. Είναι μία εφαρμογή για την διαχείριση και την επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων, που περιέχονται στην Βάση Δεδομένων, το οποίο μπορεί να διαχειριστεί :

- Χρονοσειρές όπως βροχόπτωση, εξάτμιση, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, στάθμη ταμιευτήρα, απορροή λεκάνης, παροχή υδατορεύματος κ.α.
- Γεωγραφικά δεδομένα ως «οντότητες πραγματικού κόσμου» ή απλούστερα «γεωγραφικές οντότητες» όπως πόλεις, ταμιευτήρες, φράγματα, μετεωρολογικούς (μετρητικούς εν γένει) σταθμούς κ.α.
- Σταθερές υπολογισμών, που συσχετίζονται με οντότητες του πραγματικού κόσμου όπως καμπύλες στάθμης-παροχής υδατορεύματος, καμπύλες στάθμης αποθέματος ταμιευτήρα κ.α.

Το λογισμικό για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Thornthwaite δεν χρησιμοποιεί ημερήσιο βήμα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα μηνιαία δεδομένα της θερμοκρασίας για το μετεωρολογικό σταθμό της Κέας, όπως έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στην παράγραφο 5.3.

Κατά την εισαγωγή των δεδομένων θερμοκρασίας στο πρόγραμμα, ακολουθούνται τα εξής βήματα:

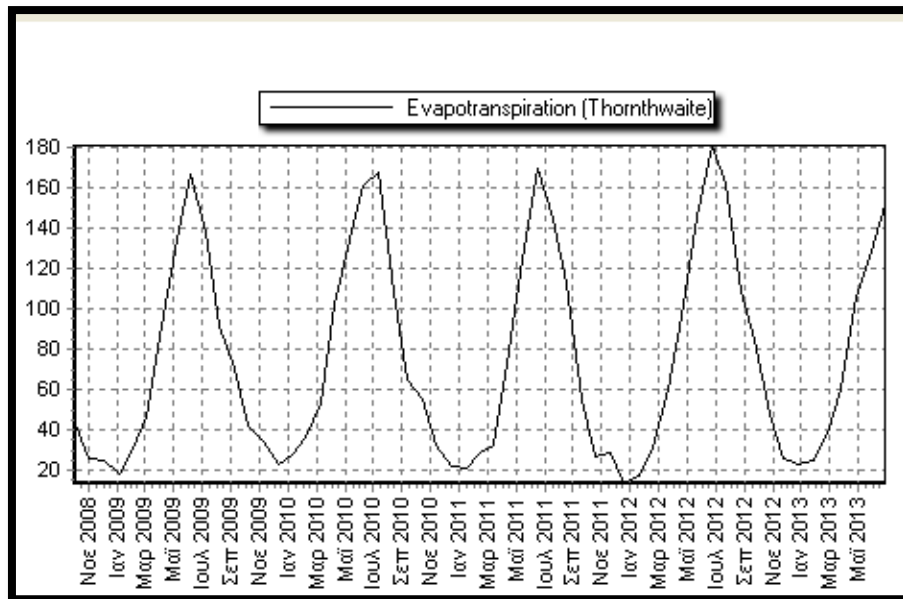
- ✓ Ως μεταβλητή (Variable) ορίζεται η θερμοκρασία (Temperature) και ως μονάδα μέτρησης οι βαθμοί Κελσίου (°C)
- ✓ Το χρονικό βήμα (Time step) καθορίζεται σε 'μηνιαίο' (Monthly)
- ✓ Ο τύπος μεταβλητής (Variable type) ορίζεται σε 'μέσο' (Average)
- ✓ Η ακρίβεια (Precision) ορίζεται σε 2 δεκαδικα ψηφία

Ως γεωγραφικό πλάτος χρησιμοποιήθηκε αυτό του μετεωρολογικού σταθμού Κέας που ορίζεται σε 37° 40'.

Αφού εφαρμοστούν τα προαναφερθέντα βήματα, το λογισμικό “Υδρογνώμων” μας δίνει τον ακόλουθο πίνακα δυνητικής εξατμισοδιαπνοής και διάγραμμα μέσης μηνιαίας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Παρατηρούμε ότι το διάγραμμα είναι σχεδόν συμμετρικό. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και η τιμή της εξατμισοδιαπνοής με τις μεγαλύτερες τιμές να σημειώνονται κυρίως τον Ιούλιο κάθε έτους, όπου σημειώνεται και η μεγαλύτερη μηνιαία θερμοκρασία.

**Πίνακας 5.4.5.1.1:** Μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm με τη μέθοδο Thornthwaite για το μετεωρολογικό σταθμό Κέας

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	
<b>2008</b>											42.28	25.63	
<b>2009</b>	23.95	17.63	29.9	45.82	91.27	133.51	166.34	137.78	91.21	69.85	41.9	33.53	
<b>2010</b>	22.08	27.51	35.78	53.22	101.12	133.51	160.51	167.23	107.88	64.52	54.61	31.79	
<b>2011</b>	21.71	20.69	28.06	31.59	78.6	124.22	168.7	144.1	112.26	55.06	26.24	28.43	
<b>2012</b>	12.94	16.27	31.44	59.3	95.88	145.36	180.5	161.14	108.38	84.49	47.39	24.85	
<b>2013</b>	22.08	24.75	37.84	59.79	105.75	128.31	151.38						
<b>Mean</b>	20.55	21.37	32.6	49.95	94.52	132.98	165.48	152.56	104.93	68.48	42.48	28.85	914.75



**Εικόνα 5.4.5.1.1:** Διάγραμμα μηνιαίας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Thornthwaite για το μετεωρολογικό σταθμό Κέας με το λογισμικό “Υδρογνώμων”

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν στο πρόγραμμα παρουσιάζονται αναλυτικά στις εικόνες του παραρτήματος.

#### 5.4.5.2 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή ( $E_r$ ).

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ( $E_r$ ) εφαρμόστηκαν ο τύπος του Turc, ο τύπος του Couagne και το ισοζύγιο κατά Thornthwaite.

##### α. Τύπος Turc

Ο Turc, που εργάστηκε σε περίπου 250 λεκάνες ανά τον κόσμο, προσαρμόσθηκε στην οικογένεια των πειραματικών καμπυλών  $E = f(T, P)$  την ακόλουθη εξίσωση:

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

όπου:  $E_r =$  Πραγματική **ετήσια** εξατμισοδιαπνοή σε mm

$P =$  μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε mm

$L = 300 + 25T + 0,05 T^3$

$T =$  μέση ετήσια θερμοκρασία σε °C

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται τόσο με την πραγματική μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα ( $T$ ) όσο και με τη διορθωμένη τιμή ( $T_{\Delta}$ ), η οποία παίρνει υπόψη της την ετήσια πορεία της θερμοκρασίας με την κατανομή των κατακρημνισμάτων. Αν  $T > 14$  °C, τότε στον υπολογισμό του  $L$ , χρησιμοποιούμε τη διορθωμένη θερμοκρασία. Στη συγκεκριμένη περίπτωση  $T = 18,25$  °C και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η τιμή της  $T_{\Delta}$ .

$$T_{\Delta} = \frac{\sum(P_i T_i)}{\sum(P_i)}$$

Η εφαρμογή της ανωτέρω σχέσης έδωσε για  $P = 434,6$  mm,  $T_{\Delta} = 14,25$  °C,  $E_r = 397,61$  mm, ή 91,5 % του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης, ποσοστό που θεωρείται ιδιαίτερα ρεαλιστικό.

### β. Τύπος Coutagne

Ο τύπος του Coutagne για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε περιοχές με χαμηλά υψόμετρα και σχετικά μέτριες θερμοκρασίες. Η εμπειρική σχέση που πρότεινε ο Coutagne έχει την κάτωθι μορφή:

$$E_r = P - \lambda P^2$$

όπου  $E_r$ ,  $P$  (σε **m**) όπως έχουν ορισθεί και για τη σχέση του Turc,

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14T} \text{ και } T = \text{μέση θερμοκρασία αέρα}$$

Η σχέση του Coutagne ισχύει για ύψος βροχόπτωσης  $P$  που ικανοποιεί την παρακάτω συνθήκη:

$$1/8\lambda < P < 1/2\lambda$$

Εάν τα κατακρημνίσματα είναι μικρότερα από  $1/8\lambda$ , η εξατμισοδιαπνοή είναι ίση με τα κατακρημνίσματα και δεν υπάρχει απορροή. Όταν είναι μεγαλύτερα από  $1/2\lambda$ , η εξατμισοδιαπνοή είναι πλέον ανεξάρτητη από αυτά και υπολογίζεται από τον τύπο  $E=0.2+0.035 T$ .

Η παραπάνω συνθήκη για  $P = 0,435m$  και  $T=18,25$  °C ισχύει για το σταθμό της Κέας και η εφαρμογή της μεθόδου έδωσε τιμή πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ίση με 378,27 mm ή 87,05 % του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης.

### γ. Ισοζύγιο κατά Thornthwaite

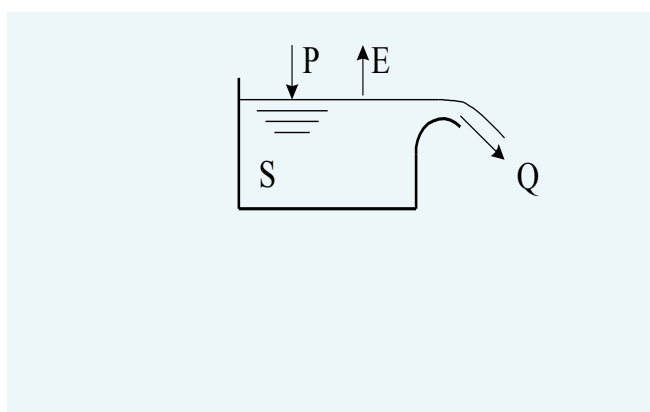
Σύμφωνα με το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite η λεκάνη απορροής προσομοιώνεται με μία απλή δεξαμενή, της οποίας η χωρητικότητα είναι ίση προς  $K$ . Η ποσότητα νερού που είναι κάθε φορά αποθηκευμένη στην δεξαμενή παριστάνει την εδαφική υγρασία  $S$ , της οποίας η μέγιστη τιμή είναι ίση προς  $K$ . Είσοδος στην δεξαμενή είναι η βροχόπτωση  $P$ , έξοδος η εξατμισοδιαπνοή  $E$ , ενώ την επιφανειακή απορροή  $Q$  αποτελεί η ποσότητα που υπερχειλίζει. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό πραγματοποιείται επιφανειακή απορροή  $Q$  μόνο όταν γεμίσει η δεξαμενή, δηλαδή όταν κορεσθεί το έδαφος από υγρασία.

**Το υδατικό ισοζύγιο εκφράζεται από την εξίσωση:**

$$\Delta S = P - E - Q$$

η οποία εάν διατυπωθεί για τα μεγέθη που αφορούν τον μήνα  $I$  διατυπώνεται ως εξής:

$$S(I) = S(I-1) + P(I) - E(I) - Q(I)$$



Διακρίνονται δύο περιπτώσεις ανάλογα με το ύψος της βροχόπτωσης  $P(I)$  σε σύγκριση με την δυνητική εξατμισοδιαπνοή  $E_p'(I)$  του εξεταζόμενου μήνα:

α) Όταν η βροχόπτωση  $P(I)$  είναι μεγαλύτερη ή ίση από την δυνητική εξατμισοδιαπνοή  $Ep'(I)$  τότε η πραγματική εξατμισοδιαπνοή  $Er(I)$  είναι ίση προς την δυνητική, δηλαδή  $E(I)=Ep'(I)$  όποτε από την εξίσωση του ισοζυγίου προκύπτει:

$$\begin{aligned} S(I) &= S(I-1) + P(I) - Er(I) && \text{με } S(I)_{max} = K \\ Q(I) &= S(I-1) + P(I) - Er(I) - K && \text{με } Q(I)_{min} = 0 \end{aligned}$$

β) Όταν η βροχόπτωση είναι μικρότερη από την δυνητική εξατμισοδιαπνοή, δηλαδή όταν  $P(I) < Ep'(I)$  τότε η εδαφική αποθήκευση μειώνεται σύμφωνα με την σχέση:

$$S(I) = S(I-1) \cdot \exp\left(\frac{P(I) - Ep'(I)}{K}\right)$$

η επιφανειακή απορροή είναι μηδενική:  $Q(I) = 0$ , ενώ η πραγματική εξατμισοδιαπνοή δίνεται από την εξίσωση του ισοζυγίου, δηλ.

$$Er(I) = (S(I-1) - S(I)) + P(I)$$

Σε περιόδους που η βροχόπτωση υπερβαίνει τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή ( $P > Ep'$ ), η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ταυτίζεται με την δυνητική και υπάρχει περίσσειμα νερού. Το περίσσειμα ( $P - Ep'$ ) αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία, εφόσον δεν έχει κορεστεί το έδαφος. Όταν κορεστεί, όπως είπαμε και παραπάνω, η ποσότητα που δεν μπορεί πλέον να αποθηκευτεί, απορρέει επιφανειακά.

Σε περιόδους που η βροχόπτωση είναι μικρότερη από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή ( $P < Ep'$ ), η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι μικρότερη από τη δυνητική. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι κατ' αρχήν όλη η ποσότητα της βροχόπτωσης  $P$  εξατμίζεται και επίσης, εφόσον υπάρχει αποθηκευμένη εδαφική υγρασία, εξατμίζεται και ένα επιπλέον μέρος από αυτήν. Ο ρυθμός της επιπλέον εξατμισοδιαπνοής είναι ανάλογος της διαφοράς ( $Ep' - P$ ) καθώς και της εδαφικής αποθήκευσης και ειδικότερα του λόγου  $S/K$ .

Το ωφέλιμο απόθεμα νερού στο έδαφος εξαρτάται από τη φύση του εδάφους και τη βλάστηση. Η παράμετρος αυτή αποτελεί το λεπτό σημείο για την εφαρμογή της μεθόδου. Για συνήθεις λεκάνες χρησιμοποιείται μια τιμή γύρω στα 100mm, η οποία δίνει γενικά καλά αποτελέσματα, ενώ για πεδινές περιοχές λαμβάνεται μεγαλύτερη τιμή, έως και 200mm.

Στην Κύθνο όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες παράγραφους, δεν υπάρχει πλούσια φυτοκάλυψη και το μεγαλύτερο μέρος του νησιού καλύπτεται από σχιστόλιθους. Έτσι, είναι αναμενόμενο ότι πρέπει να καταλήξουμε σε μια μικρή τιμή ωφέλιμου αποθέματος. (Πίνακας 5.4.5.2.1).

**Πίνακας 5.4.5.2.1 :**Υδατικό ισοζύγιο κατά Thornthwaite στο μετεωρολογικό σταθμό Κέας.

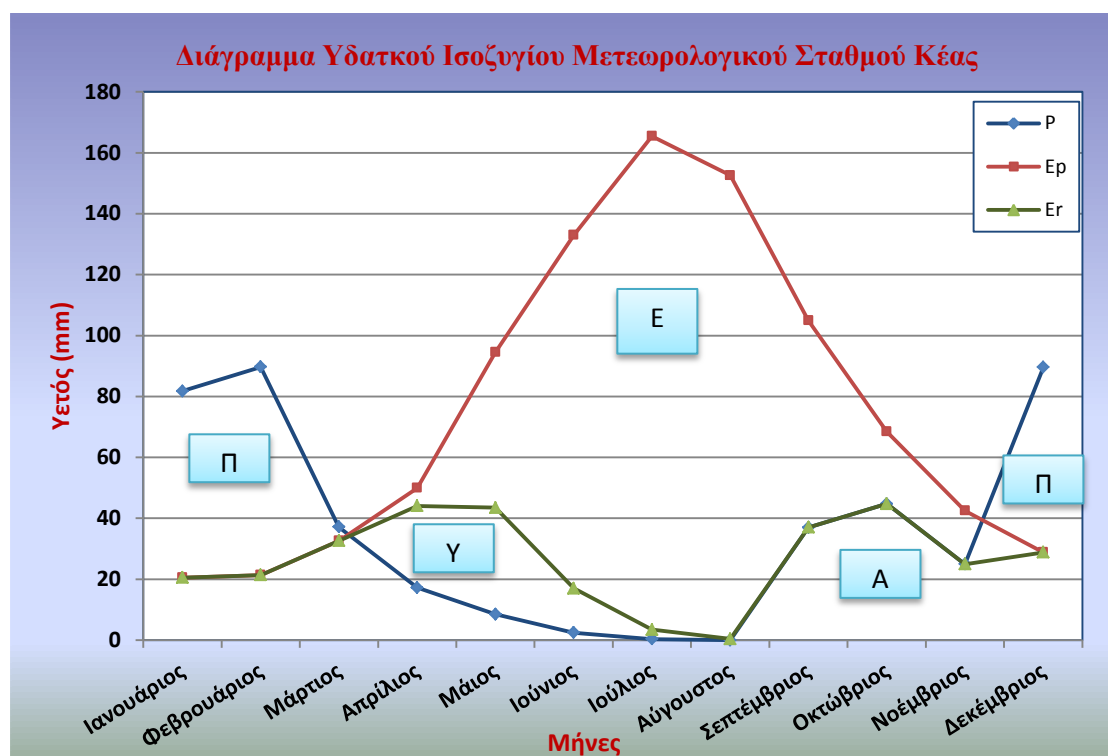
Μήνας	P(I)	Θ(I)	S(I)	Er'(I)	Er(I)	Qολ(I)
Ι	81.76	10.92	80.00	20.55	20.55	61.2
Φ	90.88	11.20	80.00	21.37	21.37	69.5
Μ	37.12	12.64	80.00	32.6	32.60	4.52
Α	17.20	15.18	53.13	49.95	44.07	0.00
Μ	8.48	20.12	18.12	94.52	43.48	0.00
Ι	2.44	24.04	3.54	132.98	17.02	0.00
Ι	0.36	26.64	0.45	165.48	3.45	0.00
Α	0.00	26.48	0.07	152.56	0.38	0.00
Σ	37.00	23.25	0.03	104.93	37.04	0.00
Ο	44.75	19.25	0.02	68.48	44.76	0.00
Ν	24.96	16.02	0.02	42.48	24.96	0.00
Δ	89.60	13.28	60.80	28.85	28.85	0.00
<b>Σύνολο</b>	<b>434.55</b>			<b>914.75</b>	<b>318.54</b>	<b>135.2</b>

*P= Κατακρημνίσματα, (mm) Θ= Θερμοκρασία (°C), S= Ωφέλιμο Απόθεμα στο έδαφος (mm)*

*Er= Δυναμική Εξατμισοδιαπνοή (mm) Er= Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή (mm) Qολ= Επιφανειακή Απορροή + Κατείσδυση (mm)*

Συμπερασματικά, το απλό μοντέλο Thornthwaite με δεδομένα εισόδου τη βροχόπτωση και τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή δίνει ως ``εξόδους`` την απορροή και την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, χρησιμοποιώντας μία μόνο παράμετρο, την χωρητικότητα της εδαφικής δεξαμενής, K. Με ωφέλιμο απόθεμα λοιπόν τον Ιανουάριο ίσο με 80 mm, η

εφαρμογή της μεθόδου έδωσε πραγματική εξατμισοδιαπνοή ίση με 318,54 mm ή ίση με το 73,3% του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης.



(Π : πλεόνασμα νερού, Υ: χρησιμοποίηση εδαφικής υγρασίας, Ε: έλλειμμα νερού, Α: αναπλήρωση εδαφικής υγρασίας).

**Εικόνα 5.4.5.2.1.** : Διάγραμμα υδατικού ισοζυγίου στο μετεωρολογικό σταθμό της Κέας.

Η διαφορά της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αποτελεί το πλεόνασμα νερού και αντιπροσωπεύει τις ποσότητες νερού που αντιστοιχούν στις διαδικασίες της απορροής και της κατείδυσης. Στην εικόνα 5.4.5.2.1, φαίνεται η πορεία του μέσου υδατικού ισοζυγίου του σταθμού της Κέας, από την ερμηνεία του οποίου προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Πλεόνασμα νερού (τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων) εμφανίζεται την περίοδο από τον Νοέμβριο έως και τον Μάρτιο.
- ✓ Χρησιμοποίηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιείται το διάστημα Μάρτιος-Απρίλιος.
- ✓ Έλλειμμα νερού υπάρχει από τον Απρίλιο έως και τον Νοέμβριο.



- ✓ Η αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας γίνεται στο διάστημα Νοέμβριος-Δεκέμβριος.

Λόγω της απόκλισης των τριών τιμών πραγματικής εξατμισοδιαπνοής που προσδιορίστηκαν παραπάνω, για την προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου που ακολουθεί, ως μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή χρησιμοποιήθηκε εκείνη που προέκυψε από τη μέθοδο Thornthwaite, δηλαδή τα 318,54 mm, που θεωρείται και η πιο αντιπροσωπευτική και ρεαλιστική τιμή.

#### 5.4.5.3 Υδρολογικό ισοζύγιο

Θεωρώντας τα βροχομετρικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού στην Κέα αντιπροσωπευτικά και για την περιοχή έρευνας, στη συνέχεια επιχειρείται προσέγγιση του μέσου υδατικού ισοζυγίου, με βάση τον γενικό τύπο  $P=E+R+I$  που αναλύθηκε σε προηγούμενη παράγραφο. Για την προσέγγιση του μέσου υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής έρευνας, ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία:

1. Οριοθέτηση των υδρολογικών λεκανών εντός της περιοχής έρευνας. Στην περίπτωση μας θεωρούμε ολόκληρο το νησί σαν μια ενιαία υδρολογική λεκάνη. Στα ελληνικά νησιά δεν συναντάται η έννοια της λεκάνης απορροής με το στενό όρο αυτής, αλλά η έννοια του υδατικού συστήματος. Κάθε νησί στο σύνολο της έκτασής του αποτελεί ένα υδατικό σύστημα. Επομένως η Οδηγία 2000/60/EK ορίζει η διαχείριση να γίνεται σε επίπεδο λεκάνης απορροής εδώ εννοείται σε επίπεδο υδατικού συστήματος.
2. Εμβαδομέτρηση της λεκάνης 99,4 km<sup>2</sup> καθώς και της επιφάνειας εξάπλωσης των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών, όπως φαίνονται στο χάρτη του ΙΓΜΕ και δίνονται στον πίνακα 5.4.5.3.1.
3. Χρήση του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης όπως έχει υπολογιστεί σε προηγούμενη παράγραφο (**434,55 mm**)
4. Χρήση της μέσης ετήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής όπως έχει υπολογιστεί σε προηγούμενη παράγραφο (**318,54 mm**)

5. Υπολογισμός του ποσοστού που αντιπροσωπεύει το άθροισμα επιφανειακής απορροής και κατείδυσης στο σύνολο της λεκάνης
6. Προσδιορισμός της κατείδυσης ως ποσοστό της συνολικής βροχόπτωσης με τη χρήση των συντελεστών κατείδυσης.
7. Προσδιορισμός της επιφανειακής απορροής, με αφαίρεση του αθροίσματος εξατμισοδιαπνοή + κατείδυση, από τη συνολική βροχόπτωση.

Στη συνέχεια δίδεται πίνακας υπολογισμού των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου στο σύνολο του νησιού, διαγράμματα κατανομής των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών και τέλος γραφική απεικόνιση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου

Με βάση τους υπολογισμούς που προηγήθηκαν, η εξατμισοδιαπνοή ανέρχεται στο 73,33% του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης ,οπότε το 26,67% του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης διατίθεται για τις διεργασίες της κατείδυσης και της απορροής. Η μέση κατείδυση στην έκταση της λεκάνης απορροής μας, εκτιμήθηκε βάση των συντελεστών κατείδυσης για κάθε γεωλογικό σχηματισμό (Πίνακας 5.4.5.3.1).

Για τα μάρμαρα λαμβάνεται συντελεστής κατείδυσης ίσος με 30% , για τους σχιστολίθους 5%, για τις αλλουβιακές αποθέσεις ίσος με 21%, για τα μεταμορφωμένα γαββρικά πετρώματα ίσος με 2%,ενώ τέλος για τα ασβεστιώμενα ηφαιστειακά ο συντελεστής κατείδυσης λαμβάνεται ίσος με 9% .Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι το 9,11 % των κατακρημνισμάτων κατεισδύει κι επομένως το υπόλοιπο 17,56% αντιστοιχεί στην επιφανειακή απορροή.

**Πίνακας 5.4.5.3.1:** Κατείδυση ανά γεωλογικό σχηματισμό στη λεκάνη απορροής της νήσου Κύθνου

Γεωλογικοί σχηματισμοί	έκταση (m <sup>2</sup> )	Επιφανειακή βροχόπτωση (m <sup>3</sup> )	συντελεστής κατείδυσης (%)	Κατείδυση (m <sup>3</sup> )
<b>Μάρμαρα</b>	15179690	6596334.29	30	1978900.287
<b>Σχιστόλιθοι</b>	81841860	35564380.26	5	1778219.013
<b>Αλλουβιακές Αποθέσεις</b>	1875220	814876.85	21	171124.139
<b>Μεταμορφωμένα Γαββρικά Πετρώματα</b>	293178	127400.5	2	2548.01
<b>Ασβεστιωμένα Ηφαιστειακά Πετρώματα</b>	238699	103726.65	9	9335.4
<b>Σύνολο</b>	99428647	43206718.55		3940126.849

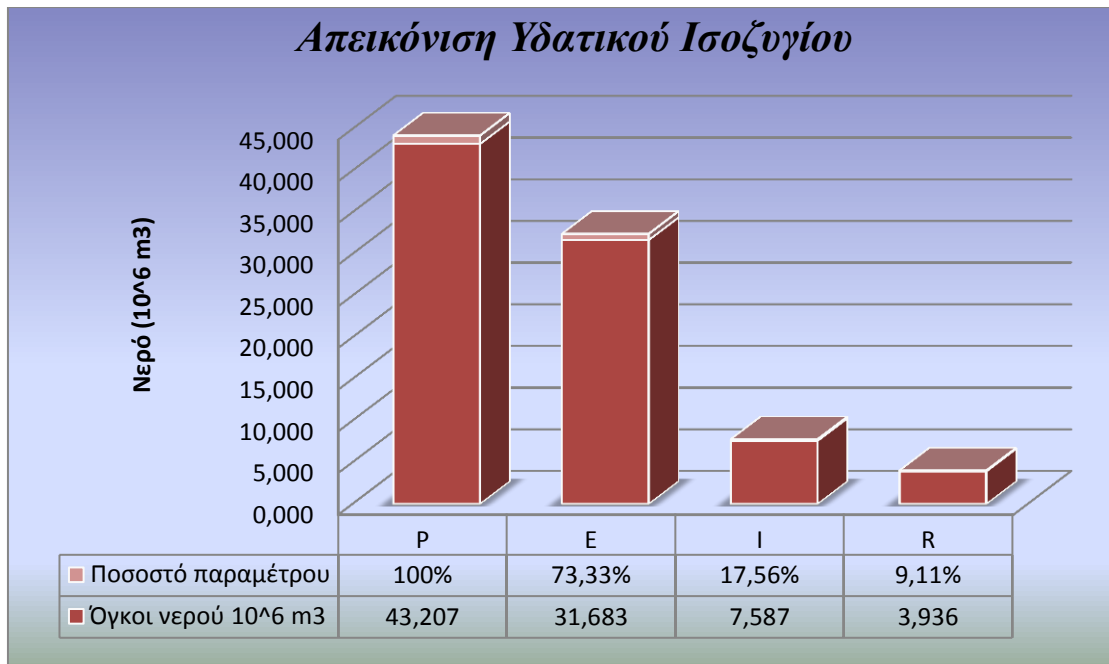
Επομένως το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής παρουσιάζεται ως εξής :

$$P = E+R+I \rightarrow P = 73,33\% P + 17,56\%P + 9,11\%P$$

Αυτό σημαίνει ότι από τα 434,55 mm ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται η περιοχή τα 76,31 mm απορρέουν επιφανειακά, τα 318,54 mm εξατμίζονται και διαπνέονται από τη βλάστηση και τα 39,59 mm κατεισδύουν. Αν θελήσουμε να δούμε τα νούμερα αυτά σε κυβικά μέτρα ώστε να είναι εύκολη αργότερα η σύγκριση με τις καταναλώσεις που πραγματοποιούνται στο νησί, θα δούμε ότι από τα  $43,207 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  νερού βροχής που πέφτουν στο νησί, τα  $3,936 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  κατεισδύουν, τα  $7,587 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  απορρέουν επιφανειακά, ενώ τα  $31,683 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής.

**Πίνακας 5.4.5.3.2:** Όγκοι νερού και ποσοστό νερού ανά παράμετρο υδατικού ισοζυγίου στη λεκάνη απορροής της νήσου Κύθνου

Παράμετροι	P	E	R+I	I
Όγκοι νερού (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	43,207	31,683	11,523	3,936
Ποσοστό (%)	100	73,33	26,67	9.11



**Εικόνα 5.4.5.3.1:** Απεικόνιση υδατικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής της νήσου Κύθνου

Επισημαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της κατείσδυσης στους σχιστολίθους είναι επιδερμική. Το κατεισδύον νερό, μετά από λίγο χρόνο παραμονής στο επιφανειακό αποσαθρωμένο τμήμα των σχιστολίθων, επανέρχεται στην επιφάνεια με διάχυτες μικροεκροές.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>**  
**ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ**

## **6. ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ**

### **6.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η διερεύνηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού αποτελούν βασική προϋπόθεση για την ορθολογική και ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Η ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών αποτελεί τις τελευταίες 10ετίες, ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς οδηγεί στην αφαίρεση από τα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα σημαντικών ποσοτήτων νερού, κατάλληλου για διάφορες χρήσεις, ιδιαίτερα σε περιοχές δυσμενούς υδρογεωλογικού περιβάλλοντος.

#### **6.1.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού**

Το φυσικό νερό περιέχει σε διάλυση διάφορα ιόντα και σε αιώρηση στοιχεία, ενώσεις και σωματίδια. Το είδος και η περιεκτικότητα σε αυτά του προσδίδουν ορισμένες φυσικοχημικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την ποιότητά του. Περιεκτικότητες σε ορισμένα από αυτά πάνω από ορισμένη οριακή τιμή, είναι δυνατό να το καθιστούν ακατάλληλο για κάποιες χρήσεις.

Η συνολική περιεκτικότητα σε διαλυμένες ή και αιωρούμενες ουσίες, καθώς και η σύσταση της περιεκτικότητας αυτής, χαρακτηρίζουν την ποιότητα του νερού (Σούλιος, 2006).

Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του νερού είναι:

- Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά
- Τα χημικά χαρακτηριστικά
- Ειδικές παράμετροι
- Τα βιολογικά χαρακτηριστικά

#### **Φυσικά χαρακτηριστικά**

Τα κυριότερα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά είναι το χρώμα, η οσμή, η θολότητα, η θερμοκρασία (T), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.), το σύνολο

των διαλυμένων (TDS) και αιωρούμενων (TSS) στερεών και στην περίπτωση κυκλοφορίας του υπόγειου νερού σε πετρώματα που περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία, η ραδιενέργεια.

Το χρώμα στο νερό καθορίζεται από το μήκος κύματος της μονοχρωματικής ακτινοβολίας που προσπίπτει, από το είδος των σωματιδίων που αιωρούνται, από το χρώμα του ιζήματος, από την παρουσία ανόργανων ή οργανικών ουσιών, από το είδος των πλαγκτονικών οργανισμών και τη βιολογική τους δραστηριότητα, ακόμη και από το γεωλογικό υπόστρωμα της περιοχής. Η οσμή του νερού, είναι δυνατόν να προέρχεται από διάφορες χημικές ουσίες, από διαλυμένες ή από εν αιωρήσει οργανικές ουσίες σε αποσύνθεση, ή τέλος από μικροοργανισμούς και από διαλυμένα στο νερό αέρια. Η ιδιότητα αυτή συνήθως εκφράζεται ποιοτικά σαν έντονη, μέτρια, ασθενής κ.λ.π. Η θολότητα είναι η αντίσταση του νερού στην διέλευση του φωτός και οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη λεπτόκοκκων σωματιδίων, ανόργανων και οργανικών υλικών τα οποία αιωρούνται ή βρίσκονται σε κολλοειδή μορφή και είναι διάσπαρτα στην υγρή φάση. Τα αιωρούμενα στερεά (TSS) είναι το κύριο αίτιο της θολότητας του νερού και η κύρια πηγή προέλευσής τους είναι η αποσάθρωση των πετρωμάτων και οι βιολογικές διεργασίες. Νερό που είναι θολό, πρέπει να ελεγχθεί για ρύπανση. Αναφέρεται ότι το φυσικά βέλτιστο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, άοσμο και διαυγές, όμως ανάλογα τη χρήση και υπό προϋποθέσεις γίνονται αποδεκτές και χαμηλότερες ποιότητες.

Η θερμοκρασία, είναι η παράμετρος που υπεισέρχεται σε όλες τις φυσικοχημικές και τις βιοχημικές αντιδράσεις. (Νταρακάς, 2010) Η θερμοκρασία των υπόγειων νερών καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία των πετρωμάτων, στα οποία φιλοξενούνται και κινούνται. Η συνήθης διακύμανση της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού είναι από 10°C έως 20°C, ενώ η αντίστοιχη εποχική διακύμανση των πηγών (κυρίως των καρστικών) είναι συνήθως 4 – 5°C. Η πλέον επιθυμητή διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού που προορίζεται για πόσιμο είναι μεταξύ 5 και 12 °C .

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει (άγει) ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων (κατ' επέκταση των αλάτων), τη συγκέντρωση των ιόντων, την ευκινησία των ιόντων, το σθένος των ιόντων και τη θερμοκρασία του διαλύματος. Το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η αύξηση της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγονται και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το mho/cm, δηλαδή το αντίστροφο της αντίστασης (ohm) ή το Siemens/cm (S/cm), με υποδιαίρεσεις: το microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ) ίσο με  $10^{-6}$  S/cm και το milliSiemens/cm (mS/cm) ίσο με  $10^{-3}$  S/cm. Συνήθως στα φυσικά γλυκά νερά η αγωγιμότητα κυμαίνεται από 50 - 1500  $\mu\text{S/cm}$ . Στις περισσότερες περιπτώσεις των υπογείων νερών, ο συντελεστής ηλεκτρικής αγωγιμότητας παίρνει τιμές από 140  $\mu\text{S/cm}$  έως 1100  $\mu\text{S/cm}$ . Τα ελαφρά νερά έχουν τιμές έως 400  $\mu\text{S/cm}$ , ενώ τα βαριά νερά πάνω από 900  $\mu\text{S/cm}$ . Τα υφάλμυρα νερά έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα συνήθως πάνω από 2000 – 3000  $\mu\text{S/cm}$  έως και 10.000  $\mu\text{S/cm}$ , τα αλμυρά 10.000-35.000  $\mu\text{S/cm}$  (το θαλασσινό νερό έχει κατά μέσο όρο 34.000  $\mu\text{S/cm}$ ), ενώ κάποια παλιά υπεραλμυρά νερά (σαλαμούρες), έχουν τιμές έως και πάνω από 100.000  $\mu\text{S/cm}$  (Σούλιος, 2006). Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400  $\mu\text{S/cm}$ . Αυξημένη αγωγιμότητα υποδηλώνει αυξημένες ποσότητες αλάτων, που ανάλογα με τη φύση τους και τη συγκέντρωσή τους μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας.

### Χημικά χαρακτηριστικά

Διακρίνονται οι κατηγορίες (Σούλιος, 2006):

- Κύρια ιόντα (Ca, Mg, κτλ)
- Δευτερεύοντα συστατικά (Al, NH<sub>4</sub>, Br, Cu, Fe, NO<sub>2</sub>, κτλ)
- Ολιγοσυστατικά (Sb, Ba, Cr, κτλ)
- Ιχνοστοιχεία (Be, Bi, Sn, Hg, κτλ)
- Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (κυρίως SiO<sub>2</sub>)
- Θρεπτικά εισαγόμενα από τον άνθρωπο (ενώσεις φωσφόρου, κλπ)



- Ανόργανα εισαγόμενα από τον άνθρωπο (Zn, Ag, κτλ)
- Συνθετικές οργανικές ενώσεις

Τα κύρια ιόντα (τα οποία ερευνώνται και στη παρούσα εργασία), είναι αυτά των οποίων η συνήθης περιεκτικότητα στο υπόγειο νερό είναι από 1 mg/l έως 1000 mg/l. Αυτά είναι: Ca, Mg, Na, K, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>.

#### ◆ **Κατιόντα (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)**

##### Κάλιο (K)

Το κάλιο είναι ένα στοιχείο σε αφθονία στη φύση, βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά. Σπάνια όμως η περιεκτικότητά του στο πόσιμο νερό φθάνει τα 20 mg/l. Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

##### Νάτριο (Na)

Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Τα άλατά του βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Λόγω της αφθονίας του στη φύση περιέχεται σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 1 - 500 mg/l. Στο πόσιμο νερό δεν υπερβαίνει τα 20 mg/l, εκτός των περιπτώσεων που έχει γίνει αποσκλήρυνση με τη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής σε νερά με μεγάλη σκληρότητα. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 200 mg/l επηρεάζει τη γεύση του νερού. Το νάτριο και κυρίως η αναλογία του προς τα άλλα κατιόντα στο νερό, έχει μεγάλη σημασία για τη γεωργία και την ανθρώπινη παθολογία. Η διαπερατότητα του εδάφους επηρεάζεται αρνητικά από μεγάλη αναλογία νατρίου στο νερό. Άτομα που πάσχουν από χρόνιες καρδιακές παθήσεις χρειάζονται νερό με χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο.

##### Ασβέστιο (Ca)

Υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τα πετρώματα (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος) δια μέσου των οποίων διέρχεται το νερό. Η συγκέντρωση ασβεστίου κυμαίνεται από μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/l ανάλογα με την προέλευση του νερού και συμβάλλει στην ολική σκληρότητά του. Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

### Μαγνήσιο (Mg)

Βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και είναι από τα πιο συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθήσεις στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/l μπορεί να έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες.

### ◆ Ανιόντα ( $Cl$ , $NO_3^-$ , $SO_4^{2-}$ , $HCO_3^-$ )

#### Χλωριούχα ( $Cl$ )

Τα χλωριούχα ιόντα είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου ( $NaCl$ ), καλίου ( $KCl$ ), ασβεστίου ( $CaCl_2$ ) και μαγνησίου ( $MgCl_2$ ). Προέρχονται από τη διάβρωση των πετρωμάτων. Μπορεί όμως να προκύψουν και από τη χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η απότομη αύξηση των χλωριούχων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, δείχνει πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική επιθεώρηση, η οποία πρέπει να επιβεβαιωθεί και με άλλες μετρήσεις (μικροβιολογικές, αμμωνία, νιτρώδη).

#### Νιτρικά ( $NO_3^-$ )

Αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση, επομένως υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωση πρέπει να είναι χαμηλή. Υψηλές συγκεντρώσεις οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Σε αερόβιες συνθήκες τα νιτρικά ( $NO_3^-$ ) διεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα.

Μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικό ανιόν υποδηλώνει την παρουσία βιολογικών ρύπων ή επίδραση ή ανάμειξη με νερά άρδευσης από λιπαινώμενες γαίες. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθορισθεί σε 50 mg/l, ενώ το επιθυμητό όριο είναι 25 mg/l. Αυξημένες περιεκτικότητες σε νιτρικά ιόντα προκαλούν βλάβες στον οργανισμό. Τα πόσιμα νερά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών αλάτων μπορεί να προκαλέσουν στα παιδιά την ασθένεια μεθαιμογλοβιναιμία, λόγω της αναγωγής τους σε νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Τα νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα, στο περιβάλλον του στομάχου, σχηματίζουν νιτροζοενώσεις, που είναι καρκινογόνες. (Νταρακάς, 2010)

Άμεσα απαιτείται ο έλεγχος και η ορθολογικοποίηση της γεωργίας με εφαρμογή των κανόνων ορθής γεωργικής πρακτικής, καθώς και η προώθηση εναλλακτικών μορφών καλλιέργειας. ([www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr))

#### Θειικά (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Κύρια προέλευση των θειικών ανιόντων είναι η διάλυση της γύψου και του ανυδρίτη, η χρήση θειικών λιπασμάτων τύπου (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, καθώς και η οξείδωση θειούχων ενώσεων (πυριτών), που εμφανίζονται σε αργιλικά πετρώματα.

Σε μεγάλες περιεκτικότητες θειικών ιόντων το νερό δρα ως καθαριστικό. Περιεκτικότητα όμως μεγαλύτερη από 250 mg/L σε θειικά ιόντα καθιστά τη χρήση των νερών προβληματική για πόση (προσδίδει γεύση) και βιομηχανική χρήση. Γενικά το θείο και οι ενώσεις του ευθύνονται για τα προβλήματα οσμών και διαβρώσεων. Παρουσία οργανικής ύλης τα SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> μπορεί να αναχθούν, κυρίως σε υδρόθειο (H<sub>2</sub>S), το οποίο υδρόθειο έχει δυσάρεστη οσμή και διαβρώνει τους αγωγούς μεταφοράς νερού. ([www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr))

#### Όξινα ανθρακικά (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Τα όξινα ανθρακικά προέρχονται από ανθρακικά πετρώματα όταν αυτά διαλυθούν από νερό και από το CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας ή του εδάφους. Είναι το επικρατέστερο ανιόν στα γλυκά υπόγεια νερά.

Είναι σημαντικό ιόν για την ανθρώπινη υγεία γιατί ρυθμίζει το pH του οργανισμού σε κατάλληλες τιμές. Υπάρχουν και φυσικά ανθρακούχα νερά που περιέχουν σε μεγάλες περιεκτικότητες  $\text{HCO}_3^-$  και  $\text{CO}_2$ . (www.geo.auth.gr)

### Ειδικές παράμετροι – δείκτες

Πρόκειται για (Σούλιος, 2006):

- Ενεργός οξύτητα (pH)
- Δυναμικό οξειδο – αναγωγής (Eh)
- Σύνολο διαλυμένων στερεών (T.D.S.)
- Αλκαλικότητα – Οξύτητα
- Δείκτης κορεσμού
- Σκληρότητα νερού
- Διαλυμένα αέρια
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (B.O.D.)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (C.O.D.)
- Ολικά απαιτούμενο οξυγόνο (T.O.D.)
- Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.)

Η ενεργός οξύτητα (pH) του νερού εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα (παρουσία ανιόντων θείου, χλωρίου κ.ά., κατιόντων ασβεστίου, μαγνησίου κ.ά.), τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου, καθώς και από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (φωτοσύνθεση, αναπνοή) και την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Η μέτρηση του pH είναι μια από τις σημαντικότερες μετρήσεις κατά την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού. Όπως είναι γνωστό, το απολύτως καθαρό νερό περιέχει σε διάσταση ίσο αριθμό ιόντων  $\text{H}^+$  και  $\text{OH}^-$  έχει δηλαδή  $\text{pH} = 7$  (και επίσης  $\text{pOH} = 7$ , δηλαδή  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ ). Είναι δηλαδή ηλεκτρικά ουδέτερο. Όταν  $\text{pH} > 7$  τότε  $\text{pOH} < 7$  και αντίστροφα.

- ✓ Όταν  $\text{pH} = 7$  το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι ουδέτερο
- ✓ Όταν  $\text{pH} < 7$  το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι όξινο
- ✓ Όταν  $\text{pH} > 7$  το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι αλκαλικό

Τα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4,0 και 9,0, ενώ τιμές 6,5 - 8,5 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις οι καταλληλότερες για τους υδρόβιους οργανισμούς. Είναι αυτονόητο ότι τα υπόγεια νερά, ως φυσικά νερά (δηλαδή μη χημικώς καθαρά), ανάλογα με την πετρολογική σύσταση των σχηματισμών μέσα στους οποίους φιλοξενούνται και ρέουν, μπορεί να είναι όξινα ή αλκαλικά ή ουδέτερα. Ορισμένα πετρώματα όπως οι οφιόλιθοι, υπό φυσικές συνθήκες περιέχουν αλκαλικά νερά, ενώ άλλα όπως ασβεστολιθικά, αλλουβιακές αποθέσεις κλπ, περιέχουν κυρίως όξινα νερά (Σούλιος, 2006).

Το σύνολο των διαλυμένων στερεών (T.D.S.) μπορεί να εκφραστεί και διαφορετικά (αλλά όχι ακριβώς ταυτόσημα), ως συνολική αλατότητα. Εξαρτάται από τη διαλυτότητα των σχηματισμών, οι οποίοι περιέχουν το υπόγειο νερό ή έχουν διαρρεύσει από αυτό. Υπάρχουν σχηματισμοί, όπως π.χ. οι γρανιτικοί, στους οποίους τα φιλοξενούμενα υπόγεια νερά, έχουν πολύ μικρή τιμή (T.D.S.) (συνήθως 200 – 300 mg/l), ενώ άλλοι π.χ. ιζηματογενείς στους οποίους το (T.D.S.) είναι αρκετά μεγάλο (1000 – 1200 mg/l), χωρίς να αναφερόμαστε στα υφάλμυρα και πολύ περισσότερο στα αλμυρά νερά, στα οποία οι τιμές του T.D.S. είναι τεράστιες (30.000 mg/l στο αλμυρό νερό, έως 100.000 mg/l στα υπεράλμυρα νερά). Γενικά το T.D.S. στα υπόγεια νερά αυξάνεται με το χρόνο παραμονής στο υπέδαφος, άρα και με το μήκος της υπόγειας διαδρομής την οποία αυτά έχουν διανύσει. Αξιοσημείωτο, αλλά φυσικά αναμενόμενο, είναι ότι ανάμεσα στο T.D.S. και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) υπάρχει μία περίπου γραμμική σχέση, η οποία είναι **T.D.S. = 0,65 E.C.** (Βουδούρης, 2009). Τα αιωρούμενα στερεά (ή όποια άλλα υλικά) δεν συμπεριλαμβάνονται στο T.D.S., όπως τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια.

Αλκαλικότητα είναι η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει οξέα. Η αλκαλικότητα πρακτικά οφείλεται στη παρουσία ανθρακικών ( $\text{CO}_3^{--}$ ) και οξυανθρακικών ( $\text{HCO}_3^-$ ) ιόντων. Οξύτητα, είναι η ικανότητα του νερού να αντιδρά με ιόντα υδροξυλίου ( $\text{OH}^-$ ), δηλαδή να εξουδετερώνει βάσεις. Οξύτητα στο νερό προσδίδουν τα διαλυμένα οξέα ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ , κ.α.) και τα

διαλυμένα αέρια ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , κ.α.). Προέρχονται από την όξινη βροχή, από κυκλοφορία νερού σε ηφαιστειακά πετρώματα με ατμιδική δράση κλπ.

Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στη περιεκτικότητά του σε μεταλλικά ιόντα  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  και ενίοτε  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Sr}^{++}$ . Τα ως άνω μεταλλικά ιόντα είναι συνήθως ενωμένα με  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$ , και  $\text{NO}_3^-$ . Η σκληρότητα ονομάζεται "παροδική" όταν οφείλεται σε διάλυση από το νερό του  $\text{CaCO}_3$  και το  $\text{MgCO}_3$  κατά τη ροή του μέσα σε πετρώματα και "μόνιμη" όταν οφείλεται στη διάλυση  $\text{CaSO}_4$  και  $\text{MgSO}_4$  ιδίως σε περιοχές εβαποριτών ή με σηδιροπυρίτη. Ολική σκληρότητα είναι το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης. Όταν το νερό ρέει μέσα σε ένα σχηματισμό, π.χ. μέσα σε ένα ασβεστόλιθο ή σε ένα δολομίτη, τότε τον διαλύει αργά και εμπλουτίζεται σε ιόντα Ca και Mg μέχρις ότου κορεσθεί σε αυτά (δείκτης κορεσμού), δηλαδή αποκτήσει μία οριακή περιεκτικότητα που καθορίζεται κύρια από τη θερμοκρασία, την πίεση, και το σύνολο των άλλων διαλυμένων ιόντων. Το νερό συμπεριφέρεται ως διάλυμα. Όταν, υπό ορισμένες συνθήκες είναι ακόρεστο, τότε διαβρώνει και είναι «δραστικό» νερό. Όταν αντίθετα είναι υπερκορεσμένο, τότε αποθέτει άλατα και είναι «αποθετικό» νερό. Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών γιατί δείχνει την τάση για σχηματισμό ανθρακικών επικαθήσεων στους λέβητες και τις ψυκτικές δεξαμενές, την ικανότητα δέσμευσης σαπώνων και χρωμάτων κ.ά (www.geo.auth.gr). Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με καρδιακές παθήσεις.

### Βιολογικά χαρακτηριστικά

Στα βιολογικά χαρακτηριστικά θα μπορούσαμε να περιλάβουμε το B.O.D., το C.O.D., αλλά κυρίως την ύπαρξη μικροοργανισμών, όπως παθογόνα μικρόβια, βακτήρια, μύκητες, ιοί, πρωτόζωα, φύκη, σκώληκες, τροχόζωα, καρκινοειδή κλπ. Όλα τα παραπάνω αποτελούν σημαντικούς αρνητικούς παράγοντες για την ποιότητα του νερού. Αντίθετα υψηλές τιμές

του διαλυμένου οξυγόνου (D.O.), υποδηλώνουν φρέσκο νερό, κοντά σε ζώνες τροφοδοσίας.

### Σταθερότυπα ποσιμότητας

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σταθερότυπα των κύριων χημικών συστατικών, δεικτών και φυσικών μεγεθών για το πόσιμο νερό.

**Πίνακας 6.1.1.1:** Σταθερότυπα των κύριων χημικών συστατικών, δεικτών και φυσικών μεγεθών για το πόσιμο νερό

Ιδιότητα ή παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατο επιτρεπόμενο όριο	Παρατηρήσεις
<i>pH</i>	μονάδες pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	-	Δεν έχουν ισχύ στα συσκευασμένα νερά
<i>Θερμοκρασία</i>	°C	12	25	
<i>EC</i>	μS/cm	400	2500	Ανάλογα με τη μεταλλικότητα
<i>Cl</i>	mg/l	25		Επικίνδυνο σε συγκέντρωση πάνω από 200 mg/l
<i>SO4</i>	mg/l	25	250	
<i>Mg</i>	mg/l	30	50	
<i>Na</i>	mg/l	20	200	
<i>K</i>	mg/l	10	12	
<i>NO<sub>3</sub></i>	mg/l	25	50	
<i>Ca</i>	mg/l	100	-	
<i>NO<sub>2</sub></i>	mg/l		0,50	
<i>As</i>	μg/l		10	
<i>Fe</i>	μg/l		200	
<i>Cu</i>	mg/l		2	
<i>Pb</i>	μg/l		10	
<i>Hg</i>	μg/l		1	
<i>Mn</i>	μg/l		50	

(Πηγή: ΦΕΚ Β' 892/11.07.2001 <<Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης>> σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1998. Κοινή Υπουργική απόφαση Υ2/2600/2001)

### 6.1.2 Επεξεργασία-Μελέτη υδροχημικών δεδομένων

Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σε μεμονωμένα δείγματα νερού, εξάγονται άμεσα συμπεράσματα για την ποιοτική κατάσταση αυτού. Σε περιπτώσεις μεγάλου αριθμού δειγμάτων, με χωρική κατανομή ως προς την προέλευση αυτών, απαιτείται η επεξεργασία των αριθμητικών δεδομένων με βάση διαγράμματα και χάρτες κατανομής, που επιτρέπουν συγκρίσεις, κατατάξεις, χαρακτηρισμούς και γενικά εξαγωγή συμπερασμάτων (Σούλιος, 2006).

Υδροχημικοί χάρτες: Στην περίπτωση αναλύσεων δειγμάτων νερού που πάρθηκαν την ίδια χρονική περίοδο, από πολλά σημεία μιας περιοχής, για να διερευνήσουμε τη χωρική κατανομή των διαφόρων ιόντων και γενικά την ποιότητα, σχεδιάζουμε υδροχημικούς χάρτες (ένα χάρτη για κάθε ιόν) και τις χημικές μηκοτομές. Το υπόγειο νερό ακόμη και αυτό που βρίσκεται μέσα στο ίδιο υδροφόρο στρώμα που έχει την ίδια λιθολογία, δεν έχει ακριβώς την ίδια χημική σύσταση. Αυτή μεταβάλλεται χωρικά, λόγω ανάμιξης με νερά που έρχονται από γειτονικά στρώματα, αλλά και χρονικά δεδομένου, ότι όσο πιο πολύ παραμένει το νερό στο υπέδαφος τόσο περισσότερο φορτίζεται σε ιόντα. Οι υδροχημικοί χάρτες δίνουν τη χωρική κατανομή των διαφόρων ιόντων με τις ισοχημικές καμπύλες, οι οποίες αντιστοιχούν σε σημεία ίσης συγκέντρωσης στο υπόψη κάθε φορά ιόν, μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Οι χάρτες αυτοί δείχνουν την τάση μεταβολής της χημικής ποιότητας του υπόγειου νερού στο χώρο της εξεταζόμενης περιοχής και είναι κάθε φορά υπό διερεύνηση, αν οι μεταβολές οφείλονται σε φυσικές διαδικασίες ή και σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Σούλιος, 2006).

Υδροχημικά χρονοδιαγράμματα: Όταν έχουμε αναλύσεις από δείγματα νερού που πάρθηκαν από το ίδιο σημείο, αλλά σε διαφορετικά, τακτά ή όχι, χρονικά διαστήματα, για να δούμε τη χρονική διακύμανση κατασκευάζουμε τα υδροχημικά χρονοδιαγράμματα. Τα διαγράμματα αυτά συσχετίζονται με τη μεταβολή της στάθμης του υδροφορέα στο σημείο υδροληψίας, ή /και με το ύψος βροχόπτωσης σε γειτονικούς σταθμούς.



Συσχετιστικά διαγράμματα: Οι τιμές περιεκτικότητας (σε meq/l) του υπόγειου νερού σε διάφορα ιόντα κύρια ή δευτερεύοντα, εξεταζόμενα ανά ορισμένα ζεύγη, αυξάνονται ή μειώνονται παράλληλα, διατηρώντας μια περίπου σταθερή σχέση μεταξύ τους. Σε πολλά ζεύγη ιόντων, η συσχέτιση είναι συνήθης, ενώ σε άλλα συγκυριακή. Η συσχέτιση συνδέεται με τη χημική συγγένεια και τις ιδιότητες των ιόντων αυτών, αλλά και με τη λιθολογία του αντίστοιχου υδροφορέα. Σε αρκετές περιπτώσεις η περιεκτικότητα του υπόγειου νερού σε ορισμένα ιόντα συσχετίζεται με τη στάθμη του αντίστοιχου υδροφορέα (είτε πρόκειται για δείγματα από το ίδιο σημείο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές απέχουσες μεταξύ τους, είτε για δείγματα από διαφορετικά απέχοντα μεταξύ τους σημεία κατά την ίδια χρονική στιγμή), κυρίως του K ή του Na σε ρηγά υδροφόρα ή λόγω χρήσης λιπασμάτων, ή του Cl σε παράκτια υδροφόρα (Σούλιος, 2006).

Υδροχημικά διαγράμματα: Όπως προαναφέρθηκε, όταν διαθέτουμε αριθμητικά δεδομένα πολλών χημικών αναλύσεων, αυτά από μόνα τους δεν επιτρέπουν μια άμεση σύγκριση ή μια εποπτική εικόνα, αν και για το κάθε δείγμα χωριστά είναι διαφωτιστικά. Αυτό μπορεί να γίνει με τα διάφορα υδροχημικά διαγράμματα, τα οποία πέρα από τη σύγκριση, επιτρέπουν και την ταξινόμηση των αναλυθέντων δειγμάτων νερού και δίνουν πληροφορίες για την υδροχημική τους φάση.

## **6.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ - ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ**

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας όπως έχει ήδη αναφερθεί, τον Αύγουστο του 2012 πραγματοποιήθηκε επιτόπου επίσκεψη και απογραφή σε 26 υδροσημεία (9 πηγές, 10 γεωτρήσεις, 7 φρέατα) που συνεισφέρουν στην κάλυψη των υδατικών αναγκών της νήσου Κύθνου. Στα υδροσημεία αυτά μετρήθηκαν επιτόπου (in situ) κάποια φυσικά χαρακτηριστικά και ελήφθησαν ενδεικτικά δείγματα για εργαστηριακές χημικές αναλύσεις (προσδιορισμός κύριων ιόντων).

### 6.2.1 Μέθοδοι υδροχημικών αναλύσεων

Σε κάθε σημείο δειγματοληψίας μετρήθηκαν επί τόπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH και η θερμοκρασία του νερού με φορητά όργανα του οίκου WTW. Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας της Σχ. Μηχ. Μεταλλείων του Ε.Μ.Π., περιελάμβαναν τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης ιόντων Ασβεστίου, Μαγνησίου, Νατρίου, Καλίου, χλωριόντων, όξινων ανθρακικών, νιτρικών και θεικών και πραγματοποιήθηκαν με τις παρακάτω μεθόδους.

Τα νιτρικά και θειικά ιόντα προσδιορίστηκαν με Φασματοφωτόμετρο DR 2010 του Οίκου HACH, σε δείγμα 25ml, με τα αντιδραστήρια Nitruver 5 και Sulfaver 4 αντίστοιχα.

Τα χλωρίοντα προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της Τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με Τιτλοδότη AgNO<sub>3</sub> 2,256N της HACH.

Τα όξινα ανθρακικά προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της Τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με Τιτλοδότη H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,6 N της HACH.

Τα ιόντα Ασβεστίου και Μαγνησίου προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της Τιτλοδότησης, σε δείγμα 100ml με Τιτλοδότη EDTA 0,8 N της HACH.

Με φλογοφωτόμετρο Digital Flame Analyser προσδιορίστηκα τα ιόντα Νατρίου και Καλίου.

### 6.2.2 Επεξεργασία και παρουσίαση των χημικών αποτελεσμάτων

Για τα αποτελέσματα των αναλύσεων της περιόδου Αύγουστος 2012, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία με το πρόγραμμα Aqua Chem 5.0, από την οποία προέκυψαν τα διαγράμματα κατάταξης των υπόγειων νερών.

Για την απεικόνιση της χωρικής κατανομής της ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων νερών παρήχθησαν χάρτες ισοπαραμετρικών καμπυλών (E.C., Cl, και NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>), με τη βοήθεια των προγραμμάτων “Surfer 8” και “ARCGIS 10”. Στο “Surfer 8” οι καμπύλες προέκυψαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο παρεμβολής Kriging. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η βέλτιστη εκτίμηση

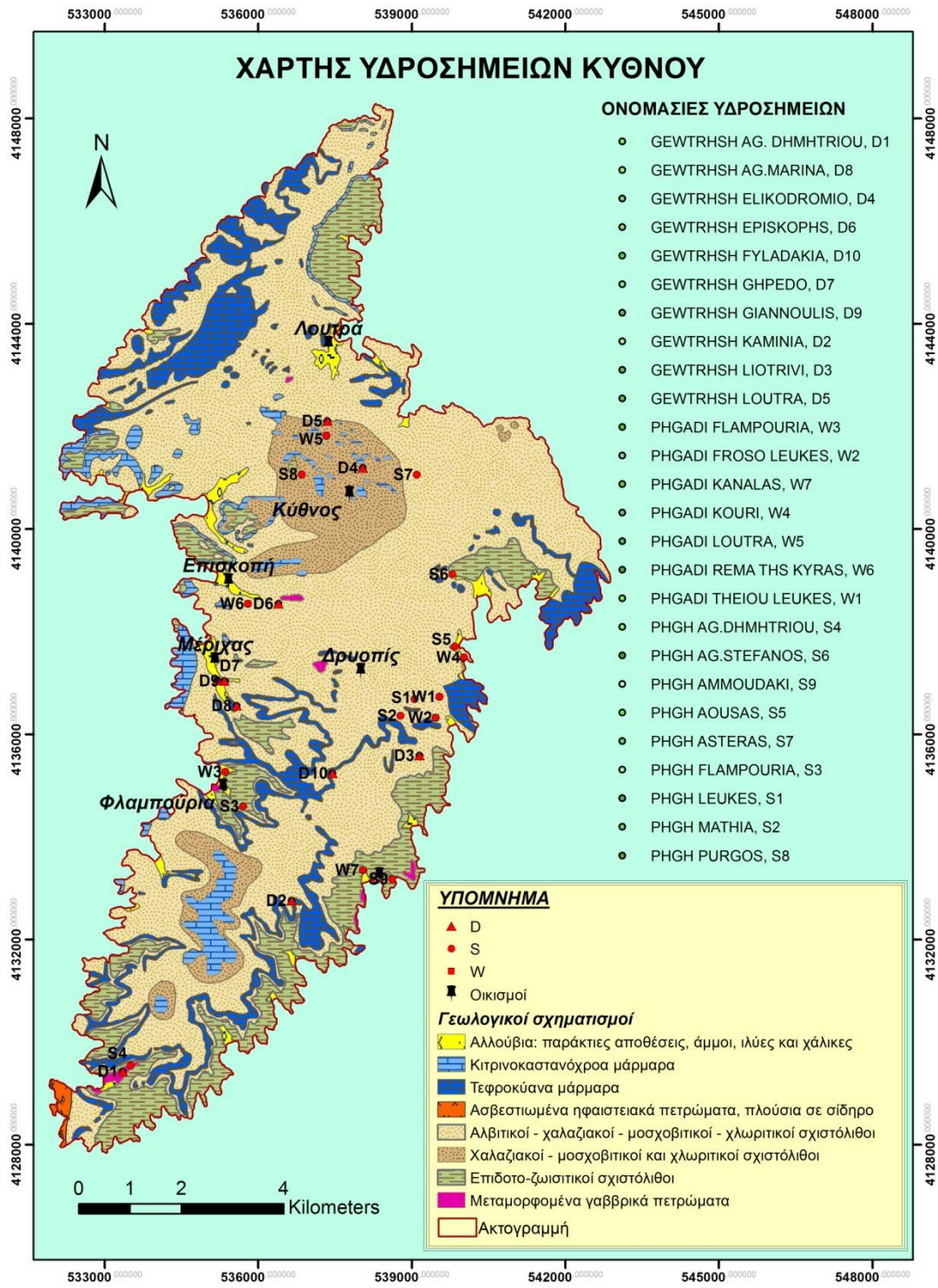
των μεταβολών ενός μεγέθους σε θέσεις που δεν υπάρχουν πραγματικές μετρήσεις, αξιοποιώντας τις υπάρχουσες τιμές του ίδιου μεγέθους.

### 6.3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συντεταγμένες και οι συμβολισμοί των υδροσημείων από τα οποία ελήφθησαν τα δείγματα, καθώς και τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων από τα σημεία αυτά.

**Πίνακας 6.3.1:** Συμβολισμοί και συντεταγμένες υδροσημείων

sample ID	Συμβολισμός	X	y
<i>Πηγή Λεύκες</i>	S1	539056.79	4136684.545
<i>Πηγάδι Θείου Λεύκες</i>	W1	539543.522	4136729.988
<i>Πηγάδι Φρόσω Λεύκες</i>	W2	539466.754	4136322.828
<i>Πηγή Μαθιά</i>	S2	538782.858	4136359.677
<i>Πηγάδι Φλαμπούρια</i>	W3	535359.09	4135262.73
<i>Πηγή Φλαμπούρια</i>	S3	535703.867	4134592.378
<i>Πηγή Αγ.Δημητρίου Σαρραίου</i>	S4	533510.218	4129547.703
<i>Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου</i>	D1	533353.184	4129423.804
<i>Γεώτρηση Καμίνια</i>	D2	536651.651	4132753.605
<i>Γεώτρηση Λιοτρίβι</i>	D3	539150.511	4135581.708
<i>Πηγή Αουσας</i>	S5	539841.35	4137705.253
<i>Πηγάδι Κουρί</i>	W4	540021.863	4137496.558
<i>Πηγή Αγ.Στέφανος</i>	S6	539790.338	4139116.471
<i>Πηγή Αστέρας</i>	S7	539097.713	4141057.802
<i>Γεώτρηση Ελικοδρόμιο</i>	D4	538045.087	4141185.435
<i>Πηγή Πύργος</i>	S8	536848.598	4141059.853
<i>Πηγάδι Λουτρά</i>	W5	537334.331	4141820.143
<i>Γεώτρηση Λουτρά</i>	D5	537350.261	4142103.741
<i>Πηγάδι Ρέμα της Κυράς</i>	W6	535797.74	4138540.036
<i>Γεώτρηση Επισκοπης</i>	D6	536395.06	4138540.036
<i>Γεώτρηση Γήπεδο</i>	D7	535201.462	4137055.648
<i>Γεώτρηση Αγ.Μαρίνα</i>	D8	535579.861	4136554.93
<i>Γεώτρηση Γιαννούλης</i>	D9	535339.266	4137034.66
<i>Γεώτρηση Φυλλαδάκια</i>	D10	537449.992	4135234.892
<i>Πηγάδι Κανάλας</i>	W7	538046.473	4133351.554
<i>Πηγή Αμμουδάκι</i>	S9	538616.64	4133175.824



Εικόνα 6.3.1: Χάρτης υδροσημείων νήσου Κύθου

Πίνακας 6.3.2: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερού

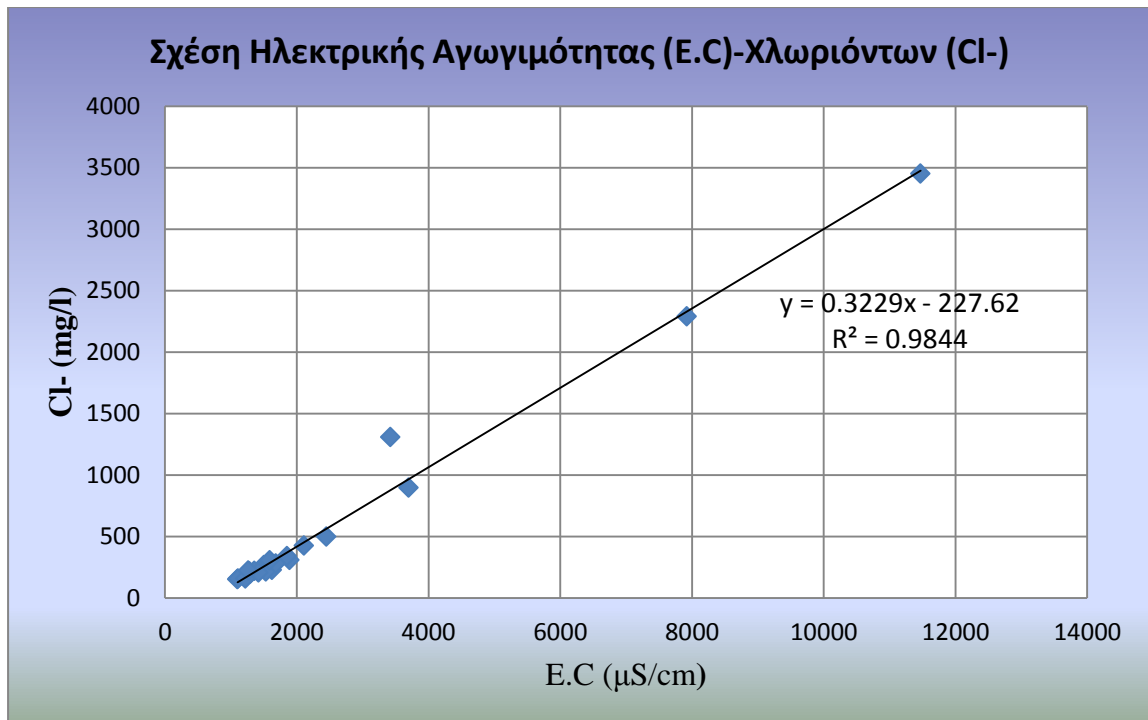
sample ID	symp	Temp (oC)	ph	E.c (μS/cm)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO3-(mg/l)	Cl-(mg/l)	SO4-(mg/l)	NO3-(mg/l)
Παραμετρική /Ενδεικτική τιμή		25		2500		50	200	12		250	250	50
Πηγή Λεύκες	S1	21.00	7.35	1543.00	121.75	25.27	147.00	11.50	273.28	245.00	117.26	<b>50.20</b>
Πηγάδι Θείου Λεύκες	W1	23.50	7.24	1504.00	153.79	5.83	153.50	7.10	372.10	<b>266.00</b>	68.97	1.70
Πηγάδι Φρόσω Λεύκες	W2	21.80	7.30	1890.00	153.79	23.33	192.50	4.60	413.58	<b>307.00</b>	112.50	3.40
Πηγή Ματιά	S2	23.00	7.46	1292.00	140.97	5.83	114.50	4.80	264.74	195.00	58.80	25.60
Πηγάδι Φλαμπούρια	W3	21.70	7.30	2110.00	182.62	9.72	199.50	10.10	335.50	<b>425.00</b>	87.71	4.30
Πηγή Φλαμπούρια	S3	23.50	7.84	1100.00	96.12	17.50	99.00	6.70	289.14	153.00	57.53	5.80
Πηγή Αγ.Δημητρίου	S4	23.20	7.47	1284.00	102.52	15.55	122.50	8.50	279.38	215.00	72.46	6.60
Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου	D1	24.90	7.20	<b>11470.00</b>	454.95	<b>281.88</b>	<b>1202.50</b>	<b>60.00</b>	250.10	<b>3452.00</b>	<b>568.12</b>	13.00
Γεώτρηση Καμίνια	D2	25.80	7.47	1850.00	115.34	40.82	155.50	<b>14.50</b>	363.56	<b>339.00</b>	65.79	6.80
Γεώτρηση Λιοτριβί	D3	25.70	7.71	1106.00	83.30	23.33	85.50	8.50	320.86	157.00	34.34	3.70
Πηγή Άουσας	S5	24.00	7.74	1356.00	112.14	15.55	109.50	7.10	313.54	219.00	51.49	5.00
Πηγάδι Κουρί	W4	25.50	7.13	1516.00	134.56	17.50	120.50	5.60	306.22	<b>262.00</b>	70.56	8.10
Πηγή Αγ.Στέφανος	S6	24.00	7.29	1595.00	112.14	23.33	137.00	7.10	335.50	<b>271.00</b>	72.15	4.70
Πηγή Αστέρας	S7	24.50	7.30	1535.00	118.54	11.66	129.00	7.50	296.46	<b>267.00</b>	62.93	10.60
Γεώτρηση Ελικοδρόμιο	D4	26.50	7.42	1564.00	102.52	15.55	136.00	<b>13.50</b>	326.96	248.00	109.64	25.10
Πηγή Πόργος	S8	23.50	7.17	1625.00	131.36	25.27	149.00	<b>12.00</b>	314.76	228.00	102.33	<b>58.80</b>
Πηγάδι Λουτρά	W5	29.50	7.35	1219.00	121.75	13.61	102.50	10.00	259.86	157.00	83.90	<b>62.40</b>
Γεώτρηση Λουτρά	D5	24.10	7.09	1533.00	131.36	7.78	138.00	10.00	383.08	215.00	131.56	9.00
Πηγάδι Ρέμα της Κοράς	W6	22.60	7.67	1680.00	134.56	25.27	165.50	7.00	380.64	<b>280.00</b>	80.09	3.70
Γεώτρηση Επισκοπης	D6	26.20	7.50	1590.00	124.95	19.44	158.50	9.00	364.78	<b>306.00</b>	72.78	6.00
Γεώτρηση Γήπεδο	D7	23.80	7.21	2450.00	102.52	<b>50.54</b>	<b>335.00</b>	<b>17.50</b>	326.96	<b>499.00</b>	117.58	12.00
Γεώτρηση Αγ.Μαρίνα	D8	23.20	7.36	1419.00	73.69	40.82	156.00	<b>13.00</b>	370.88	206.00	84.86	4.60
Γεώτρηση Γιαννούλης	D9	29.00	7.21	<b>3700.00</b>	160.19	<b>68.04</b>	<b>487.50</b>	<b>25.00</b>	326.96	<b>896.00</b>	165.24	25.10
Γεώτρηση	D10	24.40	7.91	1262.00	70.49	33.05	130.00	<b>12.00</b>	355.02	223.00	32.43	8.00

Φυλλαδάκια												
<b>Πηγάδι Κανάλας</b>	<b>W7</b>	25.10	6.73	<b>7920.00</b>	464.56	<b>184.68</b>	<b>822.50</b>	<b>15.00</b>	257.42	<b>2290.00</b>	<b>341.90</b>	21.60
<b>Πηγή Αμμονδάκι</b>	<b>S9</b>	26.60	7.69	<b>3420.00</b>	182.62	<b>83.59</b>	<b>360.00</b>	<b>20.00</b>	363.56	<b>1308.00</b>	169.05	<b>74.60</b>
<b>Μέση Τιμή</b>		24.48	7.39	2328.19	149.35	41.72	234.94	12.60	324.80	524.19	115.08	17.71
<b>Μέγιστη Τιμή</b>		29.50	7.91	11470.00	464.56	281.88	1202.50	60.00	413.58	3452.00	568.12	74.60
<b>Ελάχιστη Τιμή</b>		21.00	6.73	1100.00	70.49	5.83	85.50	4.60	250.10	153.00	32.43	1.70

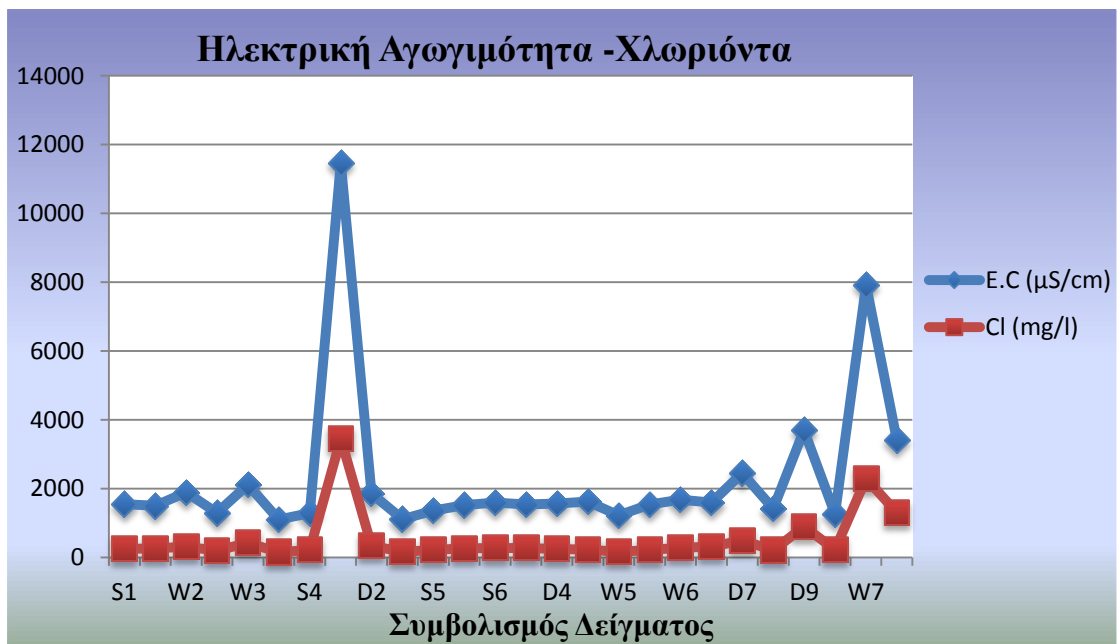
**Σημείωση:** Με σκούρα νούμερα απεικονίζονται οι τιμές που υπερβαίνουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας.

Από τη μελέτη των ανωτέρω δεδομένων διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

- ✓ Σε όλα τα δείγματα νερού που ελήφθησαν το pH είναι μεγαλύτερο από 7,09 υποδηλώνοντας αλκαλική συμπεριφορά των υπογείων νερών. Από τα δείγματα εξαιρείται εκείνο από το πηγάδι της Κανάλας με τιμή 6,73 (όξινο νερό).
- ✓ Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονται μεταξύ 1100μS/cm και 11470μS/cm που είναι και η μεγαλύτερη τιμή και συναντάται στην περιοχή του Αγίου Δημητρίου. Στα περισσότερα δείγματα η τιμή δεν ξεπερνάει τα 2000 μS/cm .Οι αυξημένες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας συσχετίζονται και με τις υψηλές τιμές ιόντων χλωρίου. Στην εικόνα 6.3.2 παρουσιάζεται η γραμμική σχέση που συνδέει την ηλεκτρική αγωγιμότητα με τα χλωριόντα. Όσο αυξάνονται τα χλωριόντα αυξάνεται και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού του δείγματος αφού αυξάνεται και ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Στην εικόνα 6.3.3 φαίνονται οι αναλογικές πορείες των χλωριόντων και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα δείγματα .



**Εικόνα 6.3.2:** Γραμμική σχέση ηλεκτρικής αγωγιμότητας-χλωριόντων



**Εικόνα 6.3.3:** Αναλογική πορεία ηλεκτρικής αγωγιμότητας -χλωριόντων

- ✓ Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου ( $Ca^{++}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 70,49 mg/l (γεώτρηση Φυλλαδάκια) και 464,56 mg/l (πηγάδι Κανάλας).

- ✓ Οι τιμές του μαγνησίου ( $Mg^{++}$ ) κυμαίνονται μεταξύ 5,83 mg/l και 281,88 mg/l. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στα δείγματα από τα υδροσημεία 'Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου', 'Γεώτρηση Γήπεδο', 'Γεώτρηση Γιαννούλης', 'Πηγάδι Κανάλας', 'Πηγή Αμμουδάκι' και είναι μεγαλύτερες του ανωτάτου επιτρεπόμενου ορίου συγκεντρώσεως των 50mg/l για υδρευτική χρήση.
- ✓ Σε όλα τα δείγματα, τα επικρατέστερα κατιόντα είναι εκείνα του ασβεστίου και του νατρίου και κυρίως του τελευταίου. Οι μέσες τιμές συγκέντρωσης των ιόντων νατρίου κυμαίνονται μεταξύ 85,50 mg/l και 1202,50 mg/l και ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο συγκεντρώσεως των 200 mg/l στα ίδια δείγματα που ξεπερνιέται και το ανώτατο όριο συγκεντρώσεως μαγνησίου. Οι υψηλές τιμές συναντώνται σε δείγματα με υψηλές τιμές αγωγιμότητας, από υδροληπτικά έργα που εντοπίζονται σε ζώνες με γεωργική δραστηριότητα, καθώς και σε περιοχές στις οποίες τα υπόγεια νερά έχουν επηρεασθεί από θαλάσσια διείσδυση.
- ✓ Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων καλίου ( $K^{+}$ ) βρίσκονται μεταξύ 4,6 mg/l και 60 mg/l. Σε δέκα από τα είκοσι έξι δείγματα οι τιμές ιόντων καλίου ξεπερνούν τα 12 mg/l που είναι το επιτρεπόμενο όριο ποσιμότητας. Αυξημένες τιμές ιόντων καλίου μπορεί να σχετίζονται και με καλιούχα λιπάσματα (π.χ πηγή Πύργος). Η έντονη παρουσία των αλκαλίων (κάλιο - νάτριο) συνδέεται και με τη διείσδυση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες.
- ✓ Στα δεκατέσσερα από τα είκοσι έξι δείγματα παρατηρείται συγκέντρωση ιόντων χλωρίου μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη τιμή ενώ δύο δείγματα είναι οριακά κάτω από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χλωριόντων (πηγή Λεύκες 245 mg/l, γεώτρηση Ελικοδρόμιο 248 mg/l). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει την έντονη παρουσία του φαινομένου της υφαλμύρινσης στους παράκτιους



υδροφόρους ορίζοντες. Ο βαθμός υφαλμύρισης ποικίλει από θέση σε θέση και εξαρτάται από το καθεστώς εκμετάλλευσης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε υδροληπτικού έργου. Υψηλές τιμές χλωριόντων παρόλα αυτά συναντώνται και σε μεγαλύτερα υψόμετρα (π.χ γεώτρηση Ελικοδρόμιο). Αυτό οφείλεται στα αερομεταφερόμενα σταγονίδια από τη θάλασσα αλλά και σε πιθανή ρύπανση από τη χρήση λιπασμάτων στην γύρω περιοχή κι από την ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων, καθώς στο νησί δεν υπάρχει εγκατεστημένος βιολογικός καθαρισμός. Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης των χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 25 mg/l και το ανώτατο 250 mg/l. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το νερό γίνεται γλυφό και ορισμένες επιδημιολογικές μελέτες αναφέρουν ότι προκαλούνται καρδιαγγειακά προβλήματα. Στο νησί η μικρότερη τιμή συγκέντρωσης χλωριόντων είναι 153 mg/l στην πηγή Φλαμπούρια (S3).

- ✓ Η συγκέντρωση θεικών ιόντων (SO<sub>4</sub>) κυμαίνεται από 32,43 mg/l με 568,12 mg/l. Η μέγιστη τιμή διαπιστώθηκε στη γεώτρηση του Αγίου Δημητρίου και ξεπερνά την ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή σε SO<sub>4</sub> που είναι 250 mg/l. Το ανώτατο όριο ξεπερνιέται και σε ακόμα ένα δείγμα νερού, σε αυτό από το πηγάδι της Κανάλας με τιμή 341,90 mg/l. Τα υψηλά επίπεδα θεικών στις περιοχές αυτές οφείλονται πρωτίστως στην εισαγωγή θαλασσινού νερού και σε μικρότερο ποσοστό σε ανθρωπογενείς πηγές και λιπάσματα.
- ✓ Οι τιμές των νιτρικών ιόντων δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές στα περισσότερα σημεία δειγματοληψίας. Η υψηλότερη τιμή (74,6 mg/l) παρατηρείται στην πηγή Αμμουδάκι στην ευρύτερη περιοχή της Κανάλας. Παρόμοιες (υψηλές) τιμές συγκέντρωσης νιτρικών διαπιστώθηκαν σε ακόμη τρία δείγματα (πηγή Πύργος, πηγή Λεύκες, πηγάδι Λουτρά). Σε αυτά τα δείγματα έχουμε υπέρβαση του ανώτατου επιτρεπόμενου ορίου συγκέντρωσης νιτρικών που έχει καθορισθεί στα 50 mg/l. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι το

επιθυμητό όριο  $\text{NO}_3$  είναι 25 mg/l θεωρούμε ότι σε ακόμη τρία δείγματα έχουμε πρόβλημα (πηγή Μαθιά, γεώτρηση Ελικοδρόμιο, γεώτρηση Γιαννούλης). Οι αυξημένες τιμές των νιτρικών οφείλονται κυρίως σε ρύπανση του υδροφόρου από λύματα καθώς εκτός από τη Χώρα και τη Δρυοπίδα που διαθέτουν αποχετευτικό δίκτυο, τις υπόλοιπες περιοχές εξυπηρετούν απορροφητικοί βόθροι.

- ✓ Διαπιστώνεται ότι με εξαίρεση έξι δείγματα, στα υπόλοιπα είκοσι δύο υπάρχει υπέρβαση του ανώτατου επιτρεπόμενου ορίου ποσιμότητας, από μία έως και σε έξι παραμέτρους, απ'αυτές που μετρήθηκαν. Τα σημεία που δεν διαπιστώθηκαν υπερβάσεις είναι τα εξής: πηγές Μαθιά (S2), Φλαμπούρια (S3), Αγ.Δημητρίου (S4), Άουσας (S5) και γεωτρήσεις Λιοτρίβι (D3) και Λουτρά (D5).

Στον πίνακα που ακολουθεί εξετάζονται και δύο ακόμα παράμετροι στα δείγματα που ελήφθησαν, η ολική σκληρότητα και η περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά .

**Πίνακας 6.3.3:** Ολική σκληρότητα και περιεκτικότητα δειγμάτων σε διαλυμένα στερεά

Υδροσημείο	Συμβολισμός	TDS (mg/l)	Ολική σκληρότητα (mg/l $\text{CaCO}_3$ )
<i>Πηγή Λεύκες</i>	S1	991.26	408.12
<i>Πηγάδι Θείου Λεύκες</i>	W1	1029	408.06
<i>Πηγάδι Φρόσω Λεύκες</i>	W2	1210.7	480.12
<i>Πηγή Μαθιά</i>	S2	810.24	376.06
<i>Πηγάδι Φλαμπούρια</i>	W3	1254.5	496.1
<i>Πηγή Φλαμπούρια</i>	S3	724.79	312.11
<i>Πηγή Αγ.Δημητρίου</i>	S4	822.51	320.07
<i>Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου</i>	D1	6282.55	2296.99
<i>Γεώτρηση Καμίνια</i>	D2	1101.3	456.15
<i>Γεώτρηση Λιοτρίβι</i>	D3	716.53	304.11
<i>Πηγή Άουσας</i>	S5	833.31	344.07

<i>Πηγάδι Κουρί</i>	W4	925.04	408.11
<i>Πηγή Αγ.Στέφανος</i>	S6	962.91	376.11
<i>Πηγή Αστέρας</i>	S7	903.69	344.06
<i>Γεώτρηση Ελικοδρόμιο</i>	D4	977.27	320.07
<i>Πηγή Πύργος</i>	S8	1021.5	432.12
<i>Πηγάδι Λουτρά</i>	W5	811.02	360.1
<i>Γεώτρηση Λουτρά</i>	D5	1025.8	360.09
<i>Πηγάδι ρέμα της κυράς</i>	W6	1076.8	440.11
<i>Γεώτρηση Επισκοπής</i>	D6	1061.5	392.1
<i>Γεώτρηση Γήπεδο</i>	D7	1461.1	464.16
<i>Γεώτρηση Αγ.Μαρίνα</i>	D8	949.84	352.13
<i>Γεώτρηση Γιαννούλης</i>	D9	2154	680.25
<i>Γεώτρηση Φυλλαδάκια</i>	D10	863.98	312.12
<i>Πηγάδι Κανάλας</i>	W7	4397.7	1920.71
<i>Πηγή Αμμουδάκι</i>	S9	2427.4	800.3

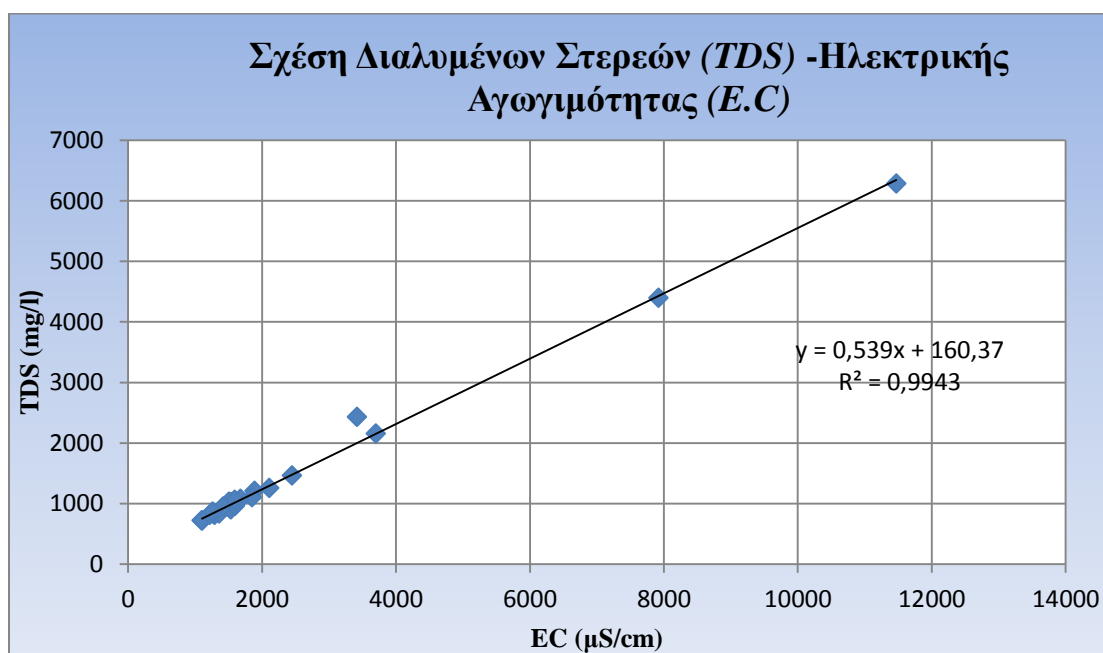
Οι τιμές της ολικής σκληρότητας κυμαίνονται από 304,11 (γεώτρηση Λιοτρίβι) έως 2296,99 mg/l CaCO<sub>3</sub> (γεώτρηση Αγίος Δημήτριος). Δεν υπάρχουν προδιαγραφές για την τιμή της σκληρότητας του πόσιμου νερού στην υγειονομική διάταξη. Αυτό που έχει διαπιστωθεί είναι ότι το σκληρό νερό δεν έχει καλή γεύση, εμποδίζει το βράσιμο των τροφίμων, δεν κάνει αφρό με το σαπούνι και δημιουργεί επικαθήσεις στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές. Η σκληρότητα του νερού μετριέται σε mg CaCO<sub>3</sub>/l , σε Γερμανικούς βαθμούς, και σε Γαλλικούς βαθμούς.([www.eyath.gr](http://www.eyath.gr))

**Πίνακας 6.3.4:** Χαρακτηρισμός νερού βάσει σκληρότητας (Πηγή: [www.eyath.gr](http://www.eyath.gr))

<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΝΕΡΟΥ</b>	<b>ΓΑΛΛΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ</b>	<b>ΓΕΡΜΑΝΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ</b>	<b>mg CaCO<sub>3</sub>/l</b>
<b>ΠΟΛΥ ΜΑΛΑΚΑ ΝΕΡΑ</b>	0-7,16	0-4	0-71,6
<b>ΜΑΛΑΚΑ</b>	7,16-14,32	4-8	71,6-143,2
<b>ΗΜΙΣΚΛΗΡΑ</b>	14,32-21,48	8-12	143,2-214,8
<b>ΣΧΕΤΙΚΑ ΣΚΛΗΡΑ</b>	21,48-32,22	12-18	214,8-322,2
<b>ΣΚΛΗΡΑ</b>	32,22-53,70	18-30	322,2-537,0
<b>ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΑ</b>	>53,70	>30	>537,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων μας (65 %) ταξινομείται στην κατηγορία των σκληρών νερών. Πέντε είναι τα δείγματα που εντάσσονται στην κατηγορία των σχετικά σκληρών νερών ενώ τέσσερα από τα δείγματα, εκείνα από τη γεώτρηση Αγίου Δημητρίου, από τη γεώτρηση Γιαννούλης, από το πηγάδι στην Κανάλα και από την πηγή Αμμουδάκι χαρακτηρίζονται ως πολύ σκληρά με τιμές μεγαλύτερες από 537 mg CaCO<sub>3</sub>/l.

Σε προηγούμενη παράγραφο κάναμε αναφορά στη γραμμική σχέση που συνδέει την ηλεκτρική αγωγιμότητα με την περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά. Η γραμμική αυτή σχέση φαίνεται και στην περίπτωση μας, στο διάγραμμα που ακολουθεί. Η μεγαλύτερη τιμή περιεκτικότητας σε διαλυμένα στερεά εμφανίζεται στο δείγμα από τη γεώτρηση του Αγίου Δημητρίου (6282,55 mg/l) και η μικρότερη στο δείγμα από τη γεώτρηση Λιοτρίβι (716,53mg/l).



**Εικόνα 6.3.4:** Σχέση διαλυμένων στερεών-ηλεκτρικής αγωγιμότητας δειγμάτων νερού

Οι δύο ως άνω εξισώσεις που συνδέουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C) με τα Cl<sup>-</sup> (εικόνα 6.3.2) και το σύνολο των διαλυμένων στερεών (TDS) (εικόνα 6.3.4), λόγω του λίαν υψηλού βαθμού συσχέτισης, έχουν ιδιαίτερη πρακτική αξία, διότι με μια απλή και εύκολη μέτρηση της E.C (με φορητό

αγωγιμόμετρο), μπορούμε να έχουμε τις τιμές των χλωριόντων και του συνόλου των διαλυμένων στερεών.

### 6.3.1 Χωρική κατανομή των στοιχείων

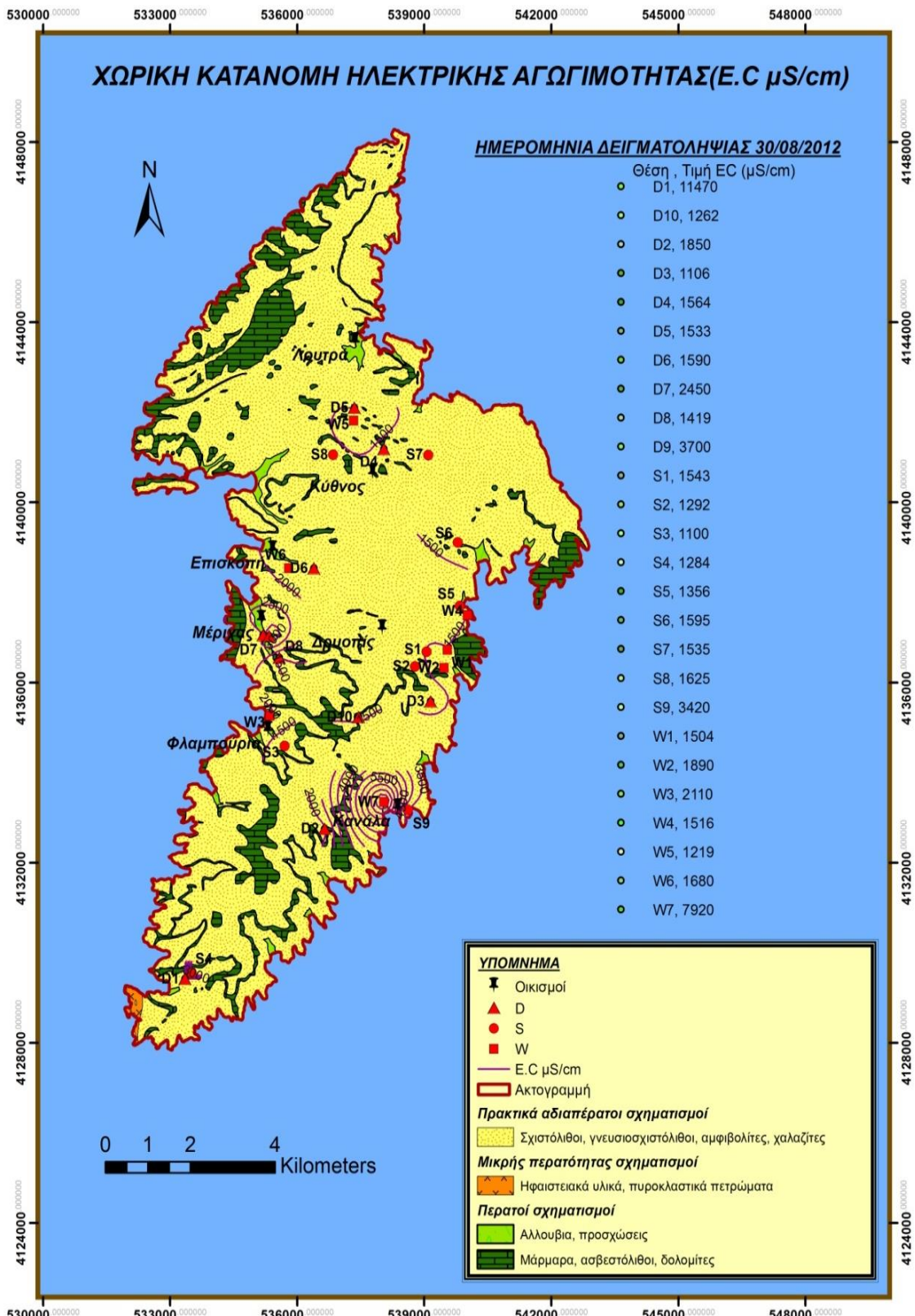
#### ◆ Υδροχημικοί χάρτες

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των υπόγειων νερών της περιόδου Αυγούστου 2012, παρήχθησαν οι παρακάτω υδροχημικοί χάρτες:

- Χάρτης κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Εικ.6.3.1.1)
- Χάρτης κατανομής χλωριόντων (Εικ.6.3.1.2)
- Χάρτης κατανομής νιτρικών ιόντων (Εικ.6.3.1.3)
- Χάρτης κατανομής θεικών ιόντων (Εικ.6.3.1.4)

Στους χάρτες έχουν συμπεριληφθεί τα αποτελέσματα των αναλύσεων των δειγμάτων, ενώ με διακριτό χρώμα απεικονίζονται οι καμπύλες ισοκατανομής για τα δείγματα . Η χωρική κατανομή των σημείων υδροληψίας δεν είναι ικανοποιητική για ασφαλή συμπεράσματα.

Χάρτης κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας

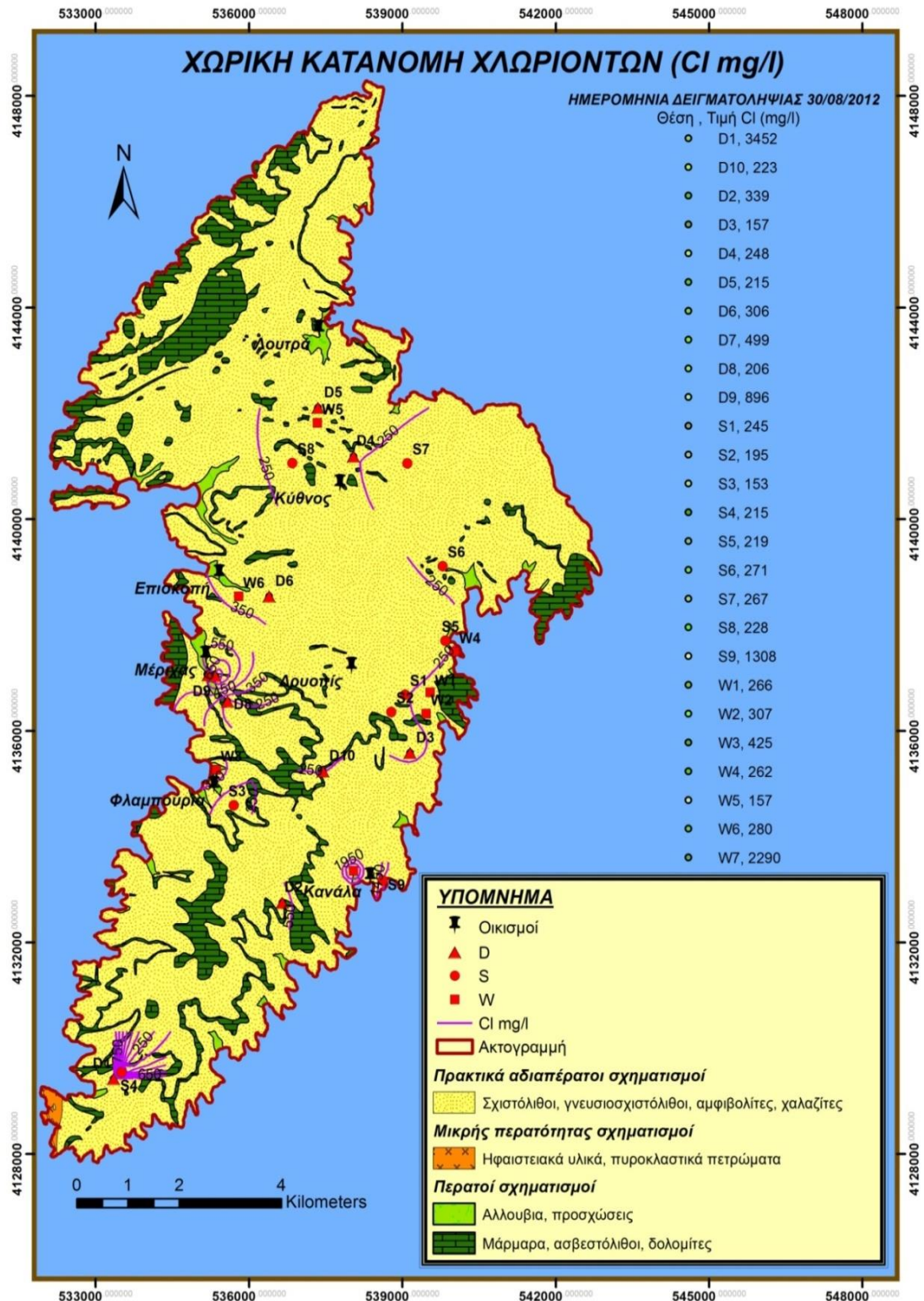


Εικόνα 6.3.1.1: Χάρτης χωρικής κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας δειγμάτων

Από τον χάρτη κατανομής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για την περιοχή έρευνας με βάση τα στοιχεία της περιόδου του Αυγούστου 2012 παρατηρούνται τα εξής:

- Μεγαλύτερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο νότιο τμήμα του νησιού.
- Στο βόρειο τμήμα του νησιού (Χώρα-Κύθνος , Λουτρά) δεν παρατηρείται κάποια εξαιρετικά μεγάλη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Οι τιμές κυμαίνονται από 1219 έως 1625  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Μεγαλύτερες τιμές από 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  παρατηρούνται σε υδροσημεία που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα με αποκορύφωμα τη γεώτρηση του Αγίου Δημητρίου (11470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
- Δύο από τα τρία υδροσημεία που συμμετέχουν στην κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών στην περιοχή της Κανάλας, παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. (S9 3420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  , W7 7920  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- Ικανοποιητικές είναι οι τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας που διαπιστώθηκαν στα δείγματα από τις περιοχές Άουσα, Κουρί, Άγιος Στέφανος, Καλό Λιβάδι (γεώτρηση Λιοτρίβι), Επισκοπή, Σκύλου (γεώτρηση Καμίνια). Οι τιμές E.C στις περιοχές αυτές κινούνται από 1106 έως 1890  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Στις δύο από τις τρεις γεωτρήσεις (D7 και D9), που καλύπτουν τις υδατικές ανάγκες στην περιοχή του Μέριχα εμφανίζονται αυξημένες τιμές E.C (2450 και 3700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  αντίστοιχα).
- Στην περιοχή των Φλαμπουριών οι τιμές είναι κάτω από το όριο των 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ενώ στον Άγιο Δημήτρη στο ένα από τα δύο υδροσημεία και συγκεκριμένα σε αυτό της γεώτρησης, η τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας ξεπερνά κατά πολύ το ανώτατο όριο (11470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

*Χάρτης κατανομής ιόντων χλωρίου*



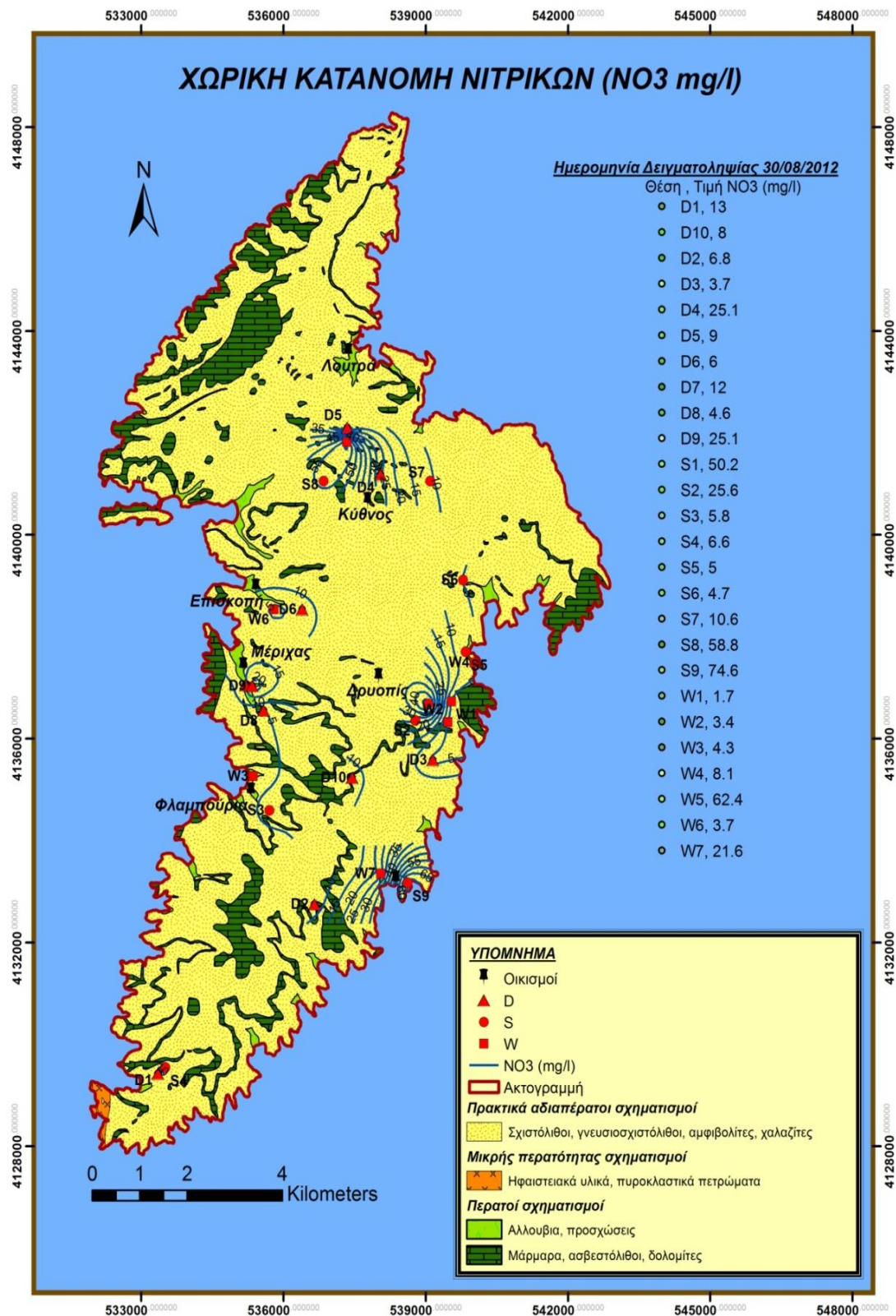
Εικόνα 6.3.1.2: Χάρτης χωρικής κατανομής χλωριόντων στα δείγματα



Από τον χάρτη κατανομής χλωριόντων διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

- Η χωρική κατανομή της συγκέντρωσης χλωριόντων, ακολουθεί σε γενικές γραμμές τη χωρική κατανομή των τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας.
- Στο βόρειο τμήμα του νησιού παρόλο που τα υδροσημεία δε βρίσκονται σε παράκτιους υδροφορείς, οι αυξημένες τιμές των χλωριόντων οφείλονται σε ρύπανση από γεωργικά λιπάσματα, στην ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων και λιγότερο σε αερομεταφερόμενα σταγονίδια από τη θάλασσα.
- Σε όλα τα δείγματα που προέρχονται από τεχνητά υδροληπτικά μέσα (γεωτρήσεις-φρέατα) και βρίσκονται κοντά στη θάλασσα παρατηρούνται αυξημένες τιμές χλωριόντων λόγω κυρίως της θαλάσσιας επίδρασης και του φαινομένου της υφαλμύρισης. Στο φαινόμενο αυτό έχει οδηγήσει η ανεξέλεγκτη άντληση από τα έργα αυτά ιδίως κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών.
- Πολλές πηγές παρόλο που βρίσκονται ιδιαίτερα κοντά σε γεωτρήσεις και φρέατα με αυξημένες τιμές χλωριόντων, οι ίδιες βρίσκονται στα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αυτές οι πηγές και οι γεωτρήσεις-φρέατα τροφοδοτούνται από διαφορετικούς υπόγειους υδροφορείς.
- Γενικά δεκαέξι δείγματα, δηλαδή ποσοστό 61%, εμφανίζουν ιδιαίτερα αυξημένες τιμές χλωριόντων 245-3452 (mg/l).

Χάρτης κατανομής νιτρικών ιόντων

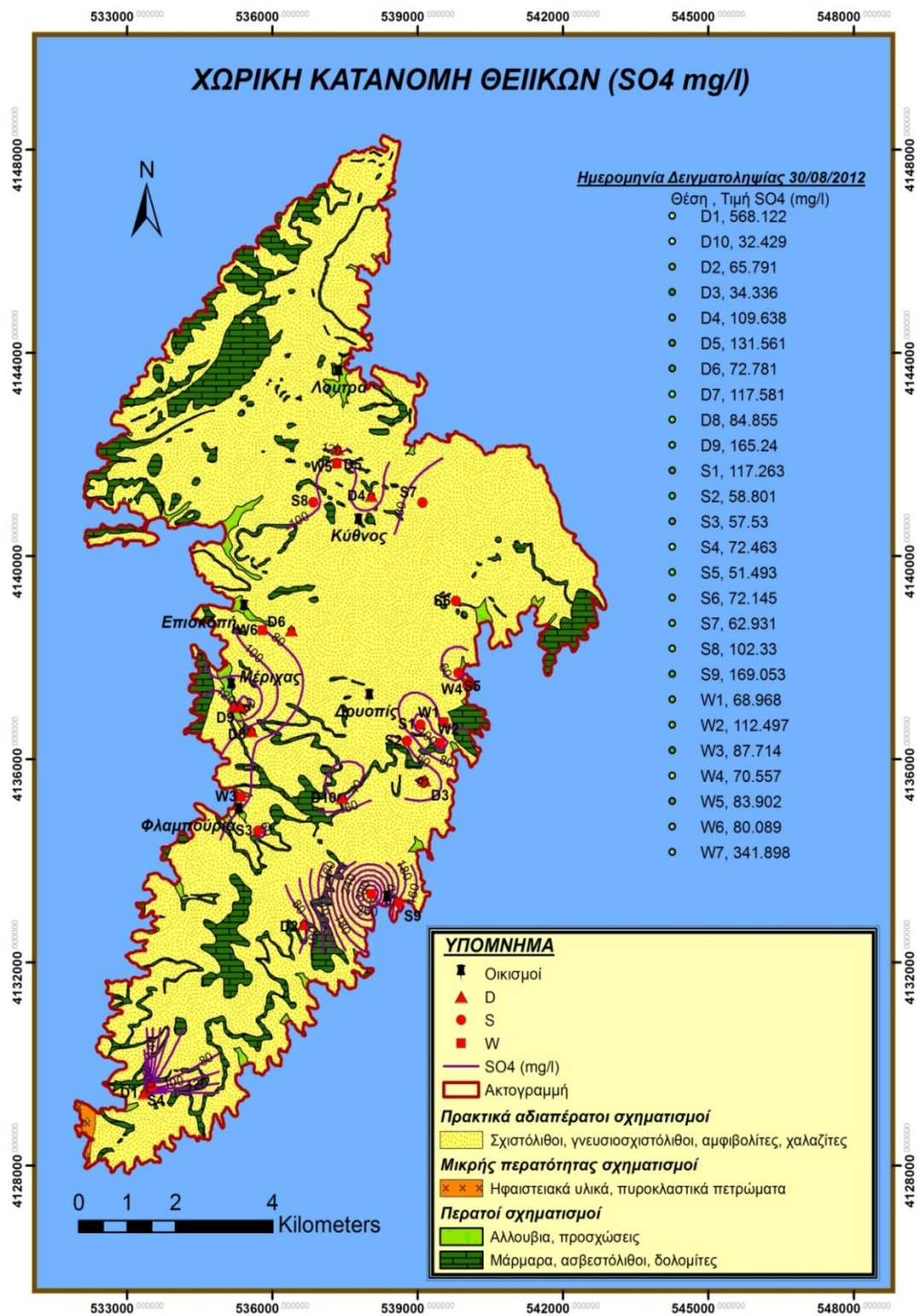


Εικόνα 6.3.1.3: Χάρτης χωρικής κατανομής νιτρικών ιόντων δειγμάτων

Από τον χάρτη κατανομής των νιτρικών ιόντων προκύπτουν τα εξής:

- Αυξημένες τιμές παρατηρούνται στις πηγές Λεύκες, Πύργος, Αμμουδάκι (S1,S8,S9). Στις δύο πρώτες οι αυξημένες τιμές οφείλονται κυρίως στα γεωργικά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις γύρω περιοχές ενώ στη δεύτερη κυρίως στους απορροφητικούς βόθρους .
- Αυξημένη είναι και η περιεκτικότητα σε νιτρικά του δείγματος που λήφθηκε από το πηγάδι στα Λουτρά (W5). Εδώ η αυξημένη τιμή οφείλεται κυρίως στα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται σε αμπέλια και χωράφια της γύρω περιοχής.
- Στα περισσότερα δείγματα η περιεκτικότητα σε νιτρικά είναι μέσα στα αποδεκτά όρια. Γενικά η περιοχή δεν εμφανίζει έντονα πρόβλημα νιτρορύπανσης.

Χάρτης κατανομής θειικών ιόντων



Εικόνα 6.3.1.4: Χάρτης χωρικής κατανομής θειικών ιόντων δειγμάτων

Από τον χάρτη κατανομής των θεικών ιόντων προκύπτουν τα εξής:

- Ιδιαίτερα αυξημένες τιμές παρατηρούνται στα δείγματα από τη γεώτρηση του Αγίου Δημητρίου και από το πηγάδι στην Κανάλα (D1 και W7 αντίστοιχα). Στα δύο αυτά υδροσημεία, οι αυξημένες τιμές οφείλονται σε θαλάσσιας διείσδυση.
- Στα υπόλοιπα δείγματα η περιεκτικότητα σε θειικά είναι μέσα στα αποδεκτά όρια.

### 6.3.2 Προέλευση των στοιχείων - Ιοντικοί λόγοι

Ο λόγος της περιεκτικότητας του υπόγειου νερού σε ένα ορισμένο ιόν, ως προς αυτήν σε κάποιο άλλο επίσης ιόν, με άλλα λόγια ο ιοντικός λόγος παίρνει είτε τιμές που σχετίζονται με τα πετρώματα μέσα στα οποία φιλοξενείται το νερό, ή και μέσα από τα οποία πέρασε, είτε τιμές που σχετίζονται με το βαθμό ανανέωσης του ή την ανάμιξη του με θαλασσινό νερό κλπ. Η ισορροπία των διαφόρων ιόντων μέσα στο νερό, ή ιοντική ισορροπία εκφράζεται με τους ιοντικούς λόγους και είναι δηλωτική, για πολλά πράγματα, όπως την υπόγεια πορεία του νερού, το χρόνο παραμονής του, την ανάμιξη του ιδίως με θαλασσινό κ.λ.π. Οι κυριότεροι ιοντικοί λόγοι είναι οι εξής (Καλλέργης 2001):

**Πίνακας 6.3.2.1:** Ιοντικοί λόγοι (Πηγή: Καλλέργης 2001)

<i>Ιοντικός λόγος Mg/Ca : μας δείχνει αν το νερό προέρχεται από ασβεστολιθικά ή μαγνησιούχα πετρώματα</i>		
<b>Mg/Ca</b>	< 0,5-0,7	Αντιστοιχούν σε νερό από ασβεστολιθικά υδροφόρα
<b>Mg/Ca</b>	= 0,7-0,9	Αντιστοιχούν σε δολομιτικά υδροφόρα στρώματα
<b>Mg/Ca</b>	>0,9	Αντιστοιχούν σε υδροφόρους οφιολιθικών σχηματισμών ή πυριτικών πλούσιων σε Mg
<i>Ιοντικός λόγος Na/Cl : σχετίζεται με την υφαλμύρωση και τη διείσδυση θαλασσινού νερού</i>		
<b>Na/Cl</b>	0,876±10%	Κανονικό υπόγειο νερό

Na/Cl	>1	Νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα
Na/Cl	<0,876±10%	Υφαλμύρωση υδροφορέα
<i>Ιοντικός λόγος Na/K : σχετίζεται με το αν το νερό είναι θαλασσινό ή βρόχινο ή αν υπάρχει περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων</i>		
Na/K	=47	Θαλασσινό νερό
Na/K	10	Βρόχινο νερό
Na/K	=15-25	Νερό σε περιοχή εμπλουτισμού υδροφορέων
Na/K	=50-70	Νερό σε κατάντη τμήμα του υδροφορέα σε σχέση με τη διεύθυνση ροής
<i>Ιοντικός λόγος Cl/SO<sub>4</sub>: σχετίζεται με την υφαλμύριση και την ύπαρξη υπολειμματικών αλάτων στους υδροφορείς</i>		
Cl/SO <sub>4</sub>	=10	Θαλασσινό νερό
Cl/SO <sub>4</sub>	>5	Νερό χλωριούχο
Cl/SO <sub>4</sub>	=1-5	Νερό χλωροθειούχο
Cl/SO <sub>4</sub>	=0,2-1	Νερό θειούχο-χλωριούχο
Cl/SO <sub>4</sub>	<0,2	Νερό θειούχο
<i>Ιοντικός λόγος (Ca+Mg)/(Na+K): σχετίζεται με την τροφοδοσία του υπόγειου νερού</i>		
(Ca+Mg)/(Na+K)	>1,	υδροφόρο στρώμα με συνεχή τροφοδοσία
(Ca+Mg)/(Na+K)	<1,	παλιό νερό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα

Πίνακας 6.3.2.2: Ιοντικοί λόγοι δειγμάτων υδροσημείων Κύθνου

Συμβολισμός	Mg/Ca	Na/Cl	Na/K	Cl/So <sub>4</sub>	(Ca+Mg)/(Na+K)
S1	0.34	0.92	21.73	2.83	1.22
W1	0.06	0.89	36.70	5.21	1.19
W2	0.25	0.97	70.93	3.70	1.13
S2	0.07	0.91	40.49	4.47	1.47
W3	0.09	0.72	33.64	6.55	1.11
S3	0.30	1.00	25.20	3.60	1.39
S4	0.25	0.88	24.56	4.01	1.15
D1	1.02	0.54	34.08	8.22	0.85
D2	0.58	0.71	18.22	6.98	1.28
D3	0.46	0.84	17.14	6.15	1.54

<b>S5</b>	0.23	0.77	26.15	5.78	1.39
<b>W4</b>	0.21	0.71	36.64	5.03	1.51
<b>S6</b>	0.34	0.78	32.75	5.09	1.22
<b>S7</b>	0.16	0.75	29.22	5.75	1.19
<b>D4</b>	0.25	0.85	17.16	3.07	1.02
<b>S8</b>	0.32	1.01	21.11	3.02	1.27
<b>W5</b>	0.18	1.01	17.42	2.53	1.53
<b>D5</b>	0.10	0.99	23.44	2.21	1.15
<b>W6</b>	0.31	0.91	40.22	4.73	1.19
<b>D6</b>	0.26	0.80	29.96	5.68	1.10
<b>D7</b>	0.81	1.03	32.52	5.75	0.62
<b>D8</b>	0.91	1.17	20.45	3.28	0.99
<b>D9</b>	0.70	0.84	33.19	7.35	0.62
<b>D10</b>	0.77	0.90	18.40	9.25	1.05
<b>W7</b>	0.66	0.55	93.18	9.07	1.06
<b>S9</b>	0.76	0.47	30.59	9.79	0.99

Από τα στοιχεία του ανωτέρω Πίνακα διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

Οι τιμές του λόγου Mg/Ca, κυμαίνονται από 0,006 έως 1,02. Τα περισσότερα δείγματα λοιπόν, ανήκουν στην περιοχή των τιμών Mg/Ca<0,5-0,7, που φανερώνει υπόγεια νερά που έχουν κινηθεί σε σχηματισμούς πλούσιους σε ασβεστιτικό υλικό. Τα υπόλοιπα δείγματα διαφοροποιούνται ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής στη λιθολογία των μεταλλικών σχηματισμών, δολομιτικών και οφιολιθικών στοιχείων. Τα νερά από δύο δείγματα (γεώτρηση Αγία Μαρίνα, γεώτρηση Γιαννούλης) φιλοξενούνται σε σχηματισμούς πλούσιους σε υλικά οφιολιθικής προέλευσης, ενώ τα υπόλοιπα τέσσερα από τα είκοσι έξι δείγματα (15,4%) υποδηλώνουν κίνηση των υπόγειων νερών σε σχηματισμούς πλούσιου σε δολομιτικό υλικό.

Οι τιμές του λόγου Na/Cl, κυμαίνονται από 0,47 έως 1,17. Το 23,1% των δειγμάτων εντάσσεται στην περιοχή τιμών του λόγου Na/Cl>1 που φανερώνει υπόγεια νερά που βρίσκονται στη φάση ιοντικής ανταλλαγής μεταξύ Ca και Mg με Na, ενώ εννέα δείγματα, δηλαδή το 34,62% των δειγμάτων, εντάσσεται στην περιοχή τιμών του λόγου Na/Cl<0,876±10%. Οι τιμές αυτές σχετίζονται με ρύπανση του υδροφόρου από θαλάσσια διείσδυση. Για τα δείγματα που δεν βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές οι υψηλές τιμές χλωριόντων οφείλονται σε πιθανή ρύπανση του υδροφόρου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες αλλά και

στα αερομεταφερόμενα θαλάσσια σταγονίδια (έμμεση επίδραση). Στην περιοχή τιμών  $Na/Cl=0,876\pm 10\%$ , που χαρακτηρίζουν κανονικά υπόγεια νερά, εντάσσεται το 42,3% των δειγμάτων.

Οι τιμές του λόγου  $Na/K$  κυμαίνονται από 17,14 έως 93,18. Στην περιοχή τιμών του λόγου  $Na/K=15-25$ , που αντιστοιχεί σε υπόγεια νερά από περιοχές εμπλουτισμού των υδροφόρων, εντάσσεται το 38,46% των δειγμάτων (10 στα 26 δείγματα). Για το 53,85% των δειγμάτων οι τιμή του ιοντικού λόγου  $Na/K$  λαμβάνει τιμές από 25 έως 50, οι οποίες φανερώνουν νερά μείζης. Το 7,7% των δειγμάτων εντάσσεται στην περιοχή τιμών του λόγου  $Na/K>50$ , που αντιστοιχεί σε νερά στο κατάντι, ως προς τη διεύθυνση ροής, τμήμα του υδροφόρου.

Οι τιμές του λόγου  $Cl/So_4$  κυμαίνονται μεταξύ 2,21 και 9,79. Τα δεκαπέντε από τα είκοσι έξι δείγματα ανήκουν στην κατηγορία των χλωριούχων νερών ( $Cl/So_4>5$ ), ενώ τα υπόλοιπα ανήκουν στην κατηγορία των χλωριοθειούχων νερών ( $Cl/So_4=1-5$ ).

Όσον αφορά στα αποτελέσματα σχετικά με την τροφοδοσία των υδροφορέων ο λόγος  $(Ca+Mg)/(Na+K)$  έδειξε ότι η πλειονότητα των υδροσημείων (21/26) ανήκουν σε υδροφόρους με συνεχή τροφοδοσία (εμπλουτισμός).

Στον πίνακα 6.3.2.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για το σύνολο των δειγμάτων, βάσει των ιοντικών λόγων που αναλύθηκαν παραπάνω.

**Πίνακας 6.3.2.3:** Αποτελέσματα για το σύνολο των δειγμάτων βάσει των ιοντικών λόγων

Υδροσημείο	Συμβολισμός	Mg/Ca	Na/Cl	Na/K	Cl/So <sub>4</sub>	(Ca+Mg)/(Na+K)
Πηγή Λεύκες	S1	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
Πηγάδι Θείου Λεύκες	W1	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	νερό μείζης	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
Πηγάδι Φρόσω Λεύκες	W2	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα	κανονικό υπόγειο νερό	κατάντι, ως προς τη διεύθυνση	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού



		υδροφόρα στρώματα		ροής		
<b>Πηγή Μαδιά</b>	S2	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	νερό μείξης	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγάδι Φλαμπούρια</b>	W3	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγή Φλαμπούρια</b>	S3	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα	νερό μείξης	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγή Αγ.Δημητρίου</b>	S4	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου</b>	D1	υδροφόροι σε οφιολιθικούς σχηματισμούς ή γενικά πυριτικά πλούσια σε Mg	υπολείμματα αλμυρών	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	παλιό νερό
<b>Γεώτρηση Καμίνια</b>	D2	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Γεώτρηση Λιοτρίβι</b>	D3	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγή Άουσας</b>	S5	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγάδι Κουρί</b>	W4	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγή Αγ.Στέφανος</b>	S6	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγή Αστέρας</b>	S7	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Γεώτρηση Ελικοδρόμιο</b>	D4	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγή Πύργος</b>	S8	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγάδι Λουτρά</b>	W5	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Γεώτρηση Λουτρά</b>	D5	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού

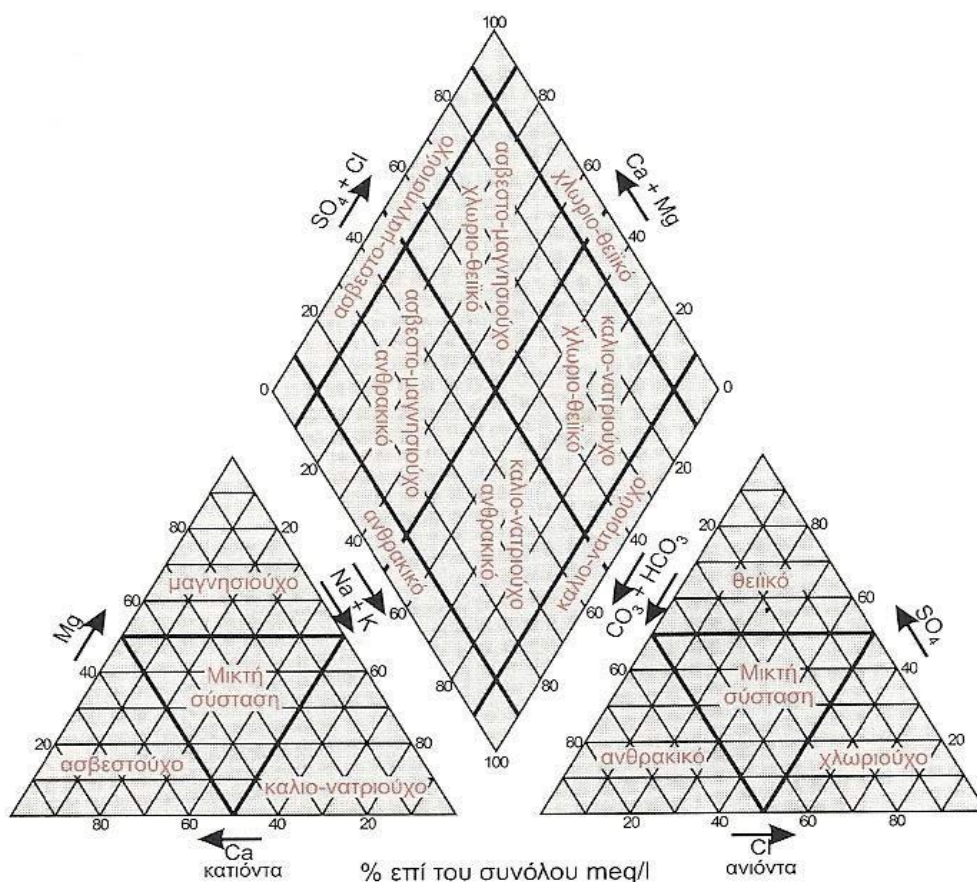
			πετρώματα			
<b>Πηγάδι ρέμα της κυράς</b>	W6	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	νερό μείξης	Χλωροθειούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Γεώτρηση Επισκοπής</b>	D6	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Γεώτρηση Γήπεδο</b>	D7	νερό από δολομιτικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	παλιό νερό
<b>Γεώτρηση Αγ.Μαρίνα</b>	D8	υδροφόροι σε οφιολιθικούς σχηματισμούς ή γενικά πυριτικά πλούσια σε Mg	νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	Χλωροθειούχο νερό	παλιό νερό
<b>Γεώτρηση Γιαννούλης</b>	D9	νερό από δολομιτικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	παλιό νερό
<b>Γεώτρηση Φυλλαδάκια</b>	D10	νερό από δολομιτικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	κανονικό υπόγειο νερό	περιοχή εμπλουτισμού υδροφόρων	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγάδι Κανάλας</b>	W7	νερό από ασβεστολιθικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	κατάντι, ως προς τη διεύθυνση ροής	χλωριούχο νερό	περιοχές εμπλουτισμού
<b>Πηγή Αμμουδάκι</b>	S9	νερό από δολομιτικά ή μεταμορφωμένα υδροφόρα στρώματα	υπολείμματα αλμυρών	νερό μείξης	χλωριούχο νερό	παλιό νερό

## 6.4 ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

### 6.4.1 Ταξινόμηση κατά Piper

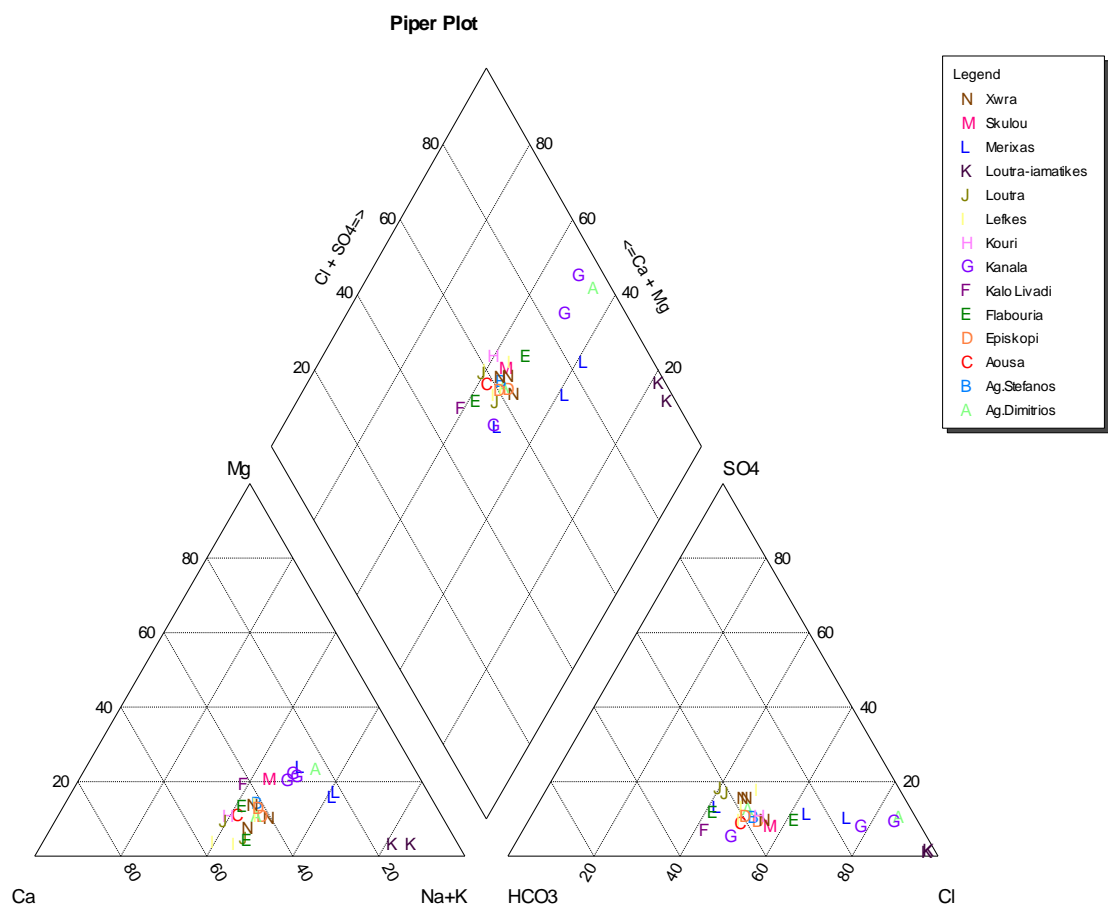
Το διάγραμμα Piper δημιουργήθηκε από τον Piper (1944). Αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα και ένα ενδιάμεσο ρομβικό που στο σύνολο συνιστούν ένα τρίγωνο (Εικ. 6.4.1.1). Η θέση του αντίστοιχου δείγματος νερού στο διάγραμμα το κατατάσσει σε μία κατηγορία, τόσο ως προς τα κατιόντα ή ανιόντα όσο ως προς το σύνολο. Δίνει επομένως την υδροχημική φάση του δείγματος. Το διάγραμμα Piper επιτρέπει τόσο την άμεση, εποπτική σύγκριση διαφόρων δειγμάτων νερού, όσο και την ταξινόμησή τους σε κατηγορίες (φάσεις), ακόμα και όταν έχουμε πολλά και διαφορετικά δείγματα νερού.

Στο διάγραμμα Piper, τα κατιόντα  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$  με βάση τη συγκέντρωσή τους ως ποσοστό επί τοις εκατό (%) του συνόλου των κατιόντων προβάλλονται στο αριστερό τρίγωνο, ενώ τα ανιόντα  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  και  $\text{SO}_4^{--}$ , στο δεξί τρίγωνο. Τα δύο αυτά σημεία (ένα σε κάθε τρίγωνο) προβάλλονται στη συνέχεια στον κεντρικό ρόμβο παράλληλα προς τις δύο πάνω πλευρές του. Το σημείο τομής των δύο προβολών δίδει τη συνολική εικόνα της ιοντικής κατανομής (Σούλιος 2006).



**Εικόνα 6.4.1.1:** Διάγραμμα Piper – Ταξινόμηση υπόγειου νερού (Πηγή: Σούλιος 2006)

Η προβολή των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων στο διάγραμμα Piper, έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος “Aquachem”, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές συγκέντρωσης των ανιόντων  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  και  $\text{SO}_4^{--}$  και των κατιόντων  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$  σε meq/l %.



**Εικόνα 6.4.1.2:** Διάγραμμα Piper – Ταξινόμηση υπόγειου νερού δειγμάτων Κύθνου

Από το ανωτέρω διάγραμμα διαπιστώνεται, ότι τα υπόγεια νερά στα οποία ανήκουν τα δείγματα που ελήφθησαν, έχουν τους τύπους που παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 6.4.1.1:** Χημικοί τύποι νερού δειγμάτων Κύθνου

Υδροσημείο	Περιοχή	Σύμβολο στο διάγραμμα	Τύπος Νερού
<i>Πηγή Λεύκες</i>	Λεύκες	I	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>
<i>Πηγάδι Θείου Λεύκες</i>	Λεύκες	I	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<i>Πηγάδι Φρόσω Λεύκες</i>	Λεύκες	I	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>
<i>Πηγή Μαθιά</i>	Λεύκες	I	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<i>Πηγάδι Φλαμπούρια</i>	Φλαμπούρια	E	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<i>Πηγή Φλαμπούρια</i>	Φλαμπούρια	E	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
<i>Πηγή Αγ.Δημητρίου</i>	Άγιος Δημήτριος	A	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>

<b>Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου</b>	Άγιος Δημήτριος	A	Na-Mg-Ca-Cl
<b>Γεώτρηση Καμίνια</b>	Σκύλου	M	Na-Ca-Mg-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Γεώτρηση Λιοτριβί</b>	Καλό Λιβάδι	F	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
<b>Πηγή Άουσα</b>	Άουσα	C	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Πηγάδι Κουρί</b>	Κουρί	H	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Πηγή Αγ.Στέφανος</b>	Άγιος Στέφανος	B	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Πηγή Αστέρας</b>	Χώρα	N	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Γεώτρηση Ελικοδρόμιο</b>	Χώρα	N	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Πηγή Πύργος</b>	Χώρα	N	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Πηγάδι Λουτρά</b>	Λουτρά	J	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Γεώτρηση Λουτρά</b>	Λουτρά	J	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
<b>Πηγάδι ρέμα της κυράς</b>	Επισκοπή	D	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Γεώτρηση Επισκοπής</b>	Επισκοπή	D	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Γεώτρηση Γήπεδο</b>	Μέριχας	L	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Γεώτρηση Αγ.Μαρίνα</b>	Μέριχας	L	Na-Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
<b>Γεώτρηση Γιαννούλης</b>	Μέριχας	L	Na-Ca-Cl
<b>Γεώτρηση Φυλλαδάκια</b>	Κανάλα	G	Na-Ca-Mg-Cl-HCO <sub>3</sub>
<b>Πηγάδι Κανάλας</b>	Κανάλα	G	Na-Ca-Mg-Cl
<b>Πηγή Αμμουδάκι</b>	Κανάλα	G	Na-Ca-Cl
<b>Ιαματική Πηγή Αγ.Αναργύρων</b>	Λουτρά	K	Na-Cl
<b>Ιαματική Πηγή Κάκκαβου</b>	Λουτρά	K	Na-Cl

Η πλειοψηφία των δειγμάτων (22 στα 28) ανήκουν στην κατηγορία των γαιοαλκαλικών νερών, με υψηλό ποσοστό αλκαλίων και ειδικότερα στην ομάδα των οξυανθρακικών νερών και έχουν έναν από τους ακόλουθους υδροχημικούς τύπους Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl , Na-Ca-Cl-HCO<sub>3</sub>, Na-Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl , Na-Ca-Mg-Cl-HCO<sub>3</sub>. Από το άθροισμα των κατιόντων επικρατούν τα ιόντα ασβεστίου και νατρίου, ενώ από τα ανιόντα επικρατούν τα όξινα ανθρακικά και τα χλωριόντα. Πρόκειται για υπόγεια νερά ακαθόριστου τύπου και θεωρούνται νερά μείξης, στα οποία οι διαδικασίες κατιοανταλλαγής βρίσκονται σε στάδιο εξέλιξης.

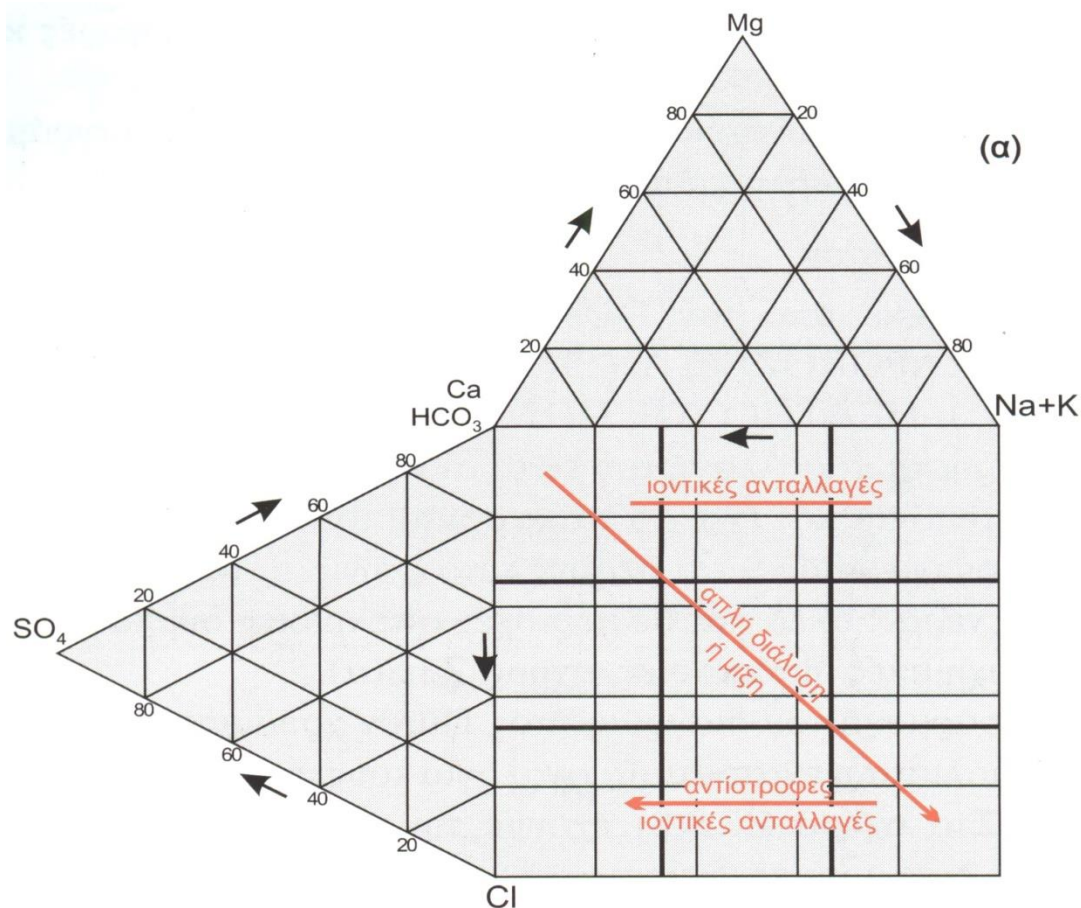
Δύο δείγματα και συγκεκριμένα αυτά από την πηγή Αμμουδάκι και από τη γεώτρηση Γιαννούλης, ανήκουν στην ομάδα των αλκαλικών νερών και ειδικότερα στην ομάδα των χλωριοθεικών. Τα δείγματα από τα δύο αυτά υδροσημεία εμφανίζουν τον υδροχημικό τύπο Na-Ca-Cl και δείχνουν έντονα την παρουσία του φαινομένου της υφαλμύρισης. Στις ιαματικές πηγές που γνωρίζουμε κι από προηγούμενα ότι χαρακτηρίζονται ως αλιπηγές, υπερτερούν κατά πολύ τα ιόντα νατρίου και χλωρίου και ο υδροχημικός τύπος είναι Na-Cl και

Τα υπόλοιπα δύο δείγματα από το πηγάδι της Κανάλας και από τη γεώτρηση του Αγίου Δημητρίου κατατάσσονται στην κατηγορία των γαιοαλκαλικών νερών, με υψηλό ποσοστό αλκαλίων και συγκεκριμένα στην ομάδα των χλωριοθεικών με τύπο Na-Ca-Mg-Cl και Na-Mg-Ca-Cl αντίστοιχα. Από τα ανιόντα επικρατούν αισθητά τα χλωριόντα και είναι ξεκάθαρη η θαλάσσια διείσδυση στους συγκεκριμένους υδροφορείς.

#### 6.4.2 Ταξινόμηση κατά Durov

Το διάγραμμα πρωτοεισήχθει από τον Durov, S.A. (1948) και τροποποιήθηκε από τον Hem, από τον Zarogozec, και από τους Loyd – Heathcote. Η πιο εύχρηστη παραλλαγή του είναι αυτή με δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα ανιόντα και ένα για τα κατιόντα, που συνδέονται με ένα τετραγωνικό, διαχωριζόμενο σε 9 επί μέρους τετραγωνίδια, τα οποία αντιστοιχούν σε κατηγορίες νερού, αλλά και σε περιοχές στις οποίες συμβαίνουν στο νερό διάφορες υδροχημικές διαδικασίες (Εικ. 6.4.2.1).

Προβάλλονται στα χωριστά τρίγωνα τα ανιόντα και κατιόντα σε meq/l (%). Στη συνέχεια, η προέκταση των καθέτων στις βάσεις των ισόπλευρων τριγώνων, που ξεκινούν από τα σημεία που παριστάνουν την % περιεκτικότητα του νερού σε ανιόντα και κατιόντα, τέμνονται σε ένα σημείο που παριστάνει την κύρια ιοντική συγκέντρωση % στο νερό.



**Εικόνα 6.4.2.1:** Διάγραμμα Durov

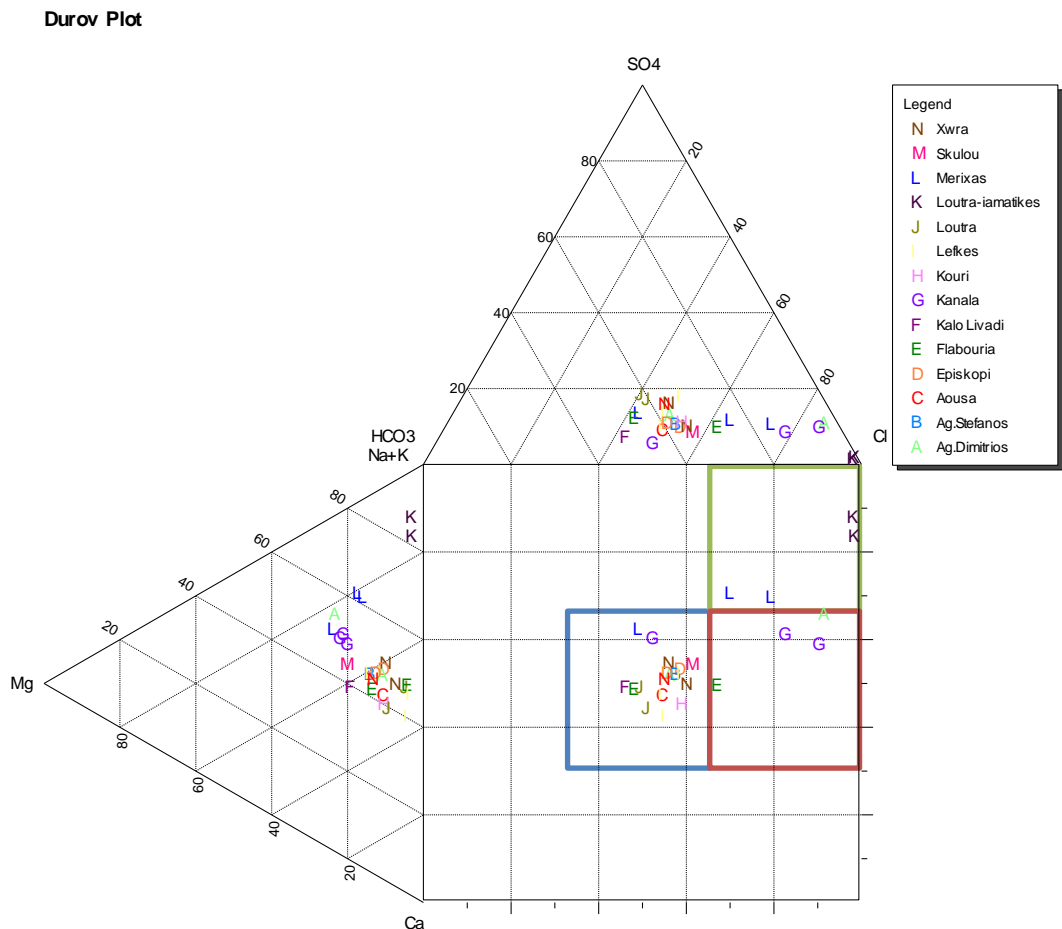
Τα 9 πεδία του διαγράμματος Durov είναι τα ακόλουθα:

1. Στο πεδίο αυτό, από τα κατιόντα επικρατεί το  $\text{Ca}^{++}$  και από τα ανιόντα τα όξινα ανθρακικά. Πρόκειται για φρέσκα νερά φυσικής τροφοδοσίας, που κατεισδύουν σε ασβεστολίθους, ψαμμίτες και άλλα ανθρακικά πετρώματα.
2. Από τα ανιόντα επικρατούν τα όξινα ανθρακικά, ενώ από τα κατιόντα, είτε το  $\text{Mg}^{++}$ , είτε κανένα κατιόν. Πρόκειται για νερά που φιλοξενούνται ή έχουν κινηθεί μέσα σε δολομιτικά πετρώματα. Όταν παρατηρείται αύξηση των ιόντων νατρίου, αρχίζει να ενεργοποιείται ο μηχανισμός της κατιοανταλλαγής.
3. Από τα ανιόντα επικρατούν τα όξινα ανθρακικά, ενώ από τα κατιόντα το Νάτριο. Στο πεδίο αυτό το φαινόμενο της κατιοανταλλαγής βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη.

4. Επικρατεί το  $\text{Ca}^{++}$  και είτε η  $\text{SO}_4^{--}$ , είτε κανένα ανιόν. Όταν έχουμε επικράτηση τόσο των  $\text{Ca}^{++}$  όσο και των  $\text{SO}_4^{--}$ , τα υπόγεια νερά προέρχονται από ζώνες τροφοδοσίας μέσω ηφαιστειακών λαβών ή γύψων. Σε διαφορετική περίπτωση, πρόκειται για μεικτά υπόγεια νερά, ή νερά διαλυτοποίησης.
5. Δεν επικρατεί κανένα ιόν. Πρόκειται για μικτά νερά ή νερά διαλυτοποίησης.
6. Επικρατεί το  $\text{Na}^+$  και τα  $\text{SO}_4^{--}$ , ή κανένα άλλο ανιόν. Πρόκειται για υπόγειο νερό που συναντάται σπάνια και τις περισσότερες φορές είναι προϊόν μείξης.
7. Επικρατούν τα  $\text{Ca}^{++}$  και τα  $\text{Cl}^-$ . Σπάνιο υπόγειο νερό εκτός και αν έχει προέλθει σαν τελικό προϊόν αντίστροφης κατιοανταλλαγής από νερά
8. Επικρατεί το  $\text{Cl}^-$ , χωρίς επικράτηση κάποιου κατιόντος. Πρόκειται για υπόγεια νερά στα οποία το φαινόμενο της αντίστροφης κατιοανταλλαγής βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη.
9. Επικρατούν τα ιόντα Νατρίου και Χλωρίου. Πρόκειται για υπόγεια νερά από ζώνες εκφόρτισης παράκτιων υδροφόρων.

Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή των υδρογεωχημικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων του νησιού, με βάση την ταξινόμησή τους κατά *duro*.





**Εικόνα 6.4.2.2:** Διάγραμμα Durov δειγμάτων Κύθνου

Σύμφωνα με το διάγραμμα Durov, η πλειοψηφία των δειγμάτων ανήκει στο 5<sup>ο</sup> πεδίο που υποδηλώνει ότι δεν επικρατεί κανένα ιόν. Πρόκειται δηλαδή, για μικτά νερά ή νερά διαλυτοποίησης και ο γενικός χημικός τύπος είναι Na-Mg-Ca-Cl-HCO<sub>3</sub>.

Στο νερό από τις ιαματικές πηγές, τη γεώτρηση του Αγίου Δημητρίου, τη γεώτρηση Γιαννούλης και γεώτρηση Γήπεδο, επικρατούν τα ιόντα Νατρίου και Χλωρίου, δηλαδή πρόκειται για υπόγεια νερά από ζώνες εκφόρτισης παράκτιων υδροφόρων. Τα δείγματα αυτά προβάλλονται στο 9<sup>ο</sup> πεδίο του διαγράμματος, είναι υδροχημικού τύπου Na-Cl και έχουν δεχθεί έντονη επίδραση από θαλάσσια διεύσδυση.

Τέλος, τα δείγματα από το πηγάδι της Κανάλας, από την πηγή Αμμουδάκι και από το πηγάδι στα Φλαμπούρια προβάλλονται στο 8<sup>ο</sup> Πεδίο του διαγράμματος. Στα δείγματα αυτά επικρατεί το Cl<sup>-</sup>, χωρίς επικράτηση κάποιου

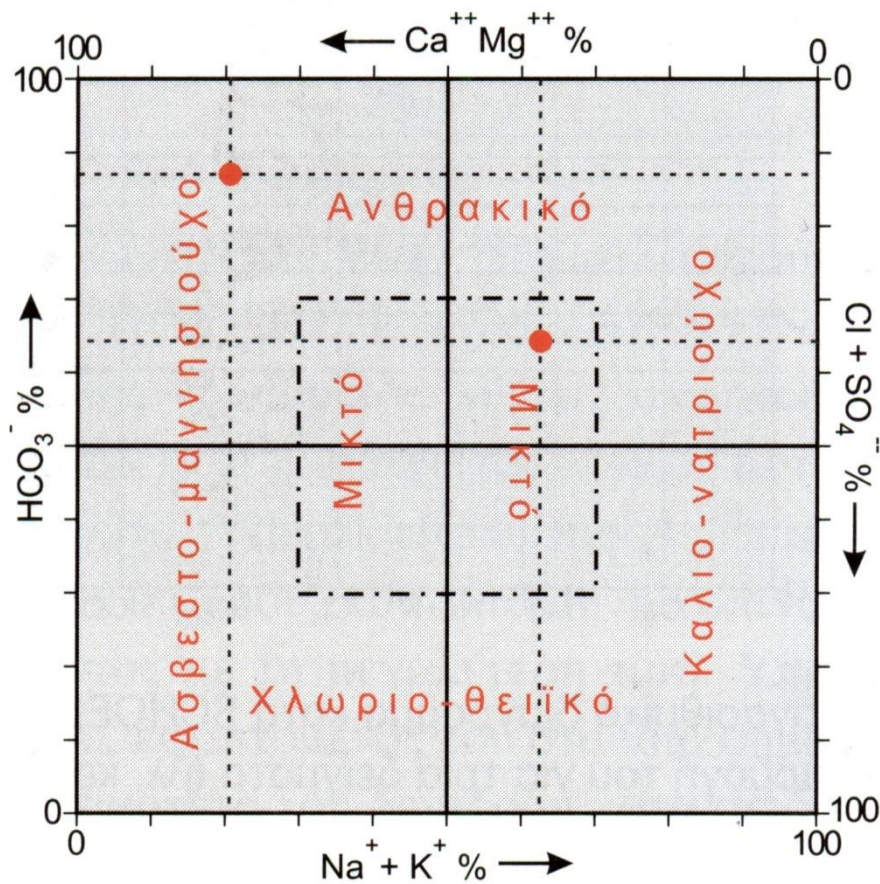
κατιόντος και πρόκειται για υπόγεια νερά στα οποία το φαινόμενο της αντίστροφης κατιοανταλλαγής βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη.

#### 6.4.3 Ταξινόμηση κατά Ludwig Langelier (1942)

Το διάγραμμα Ludwig Langelier εμφανίζει την κατανομή των δειγμάτων σε σχέση με το χλωριο – θειικό και καλιο – νατριούχο χαρακτήρα τους.

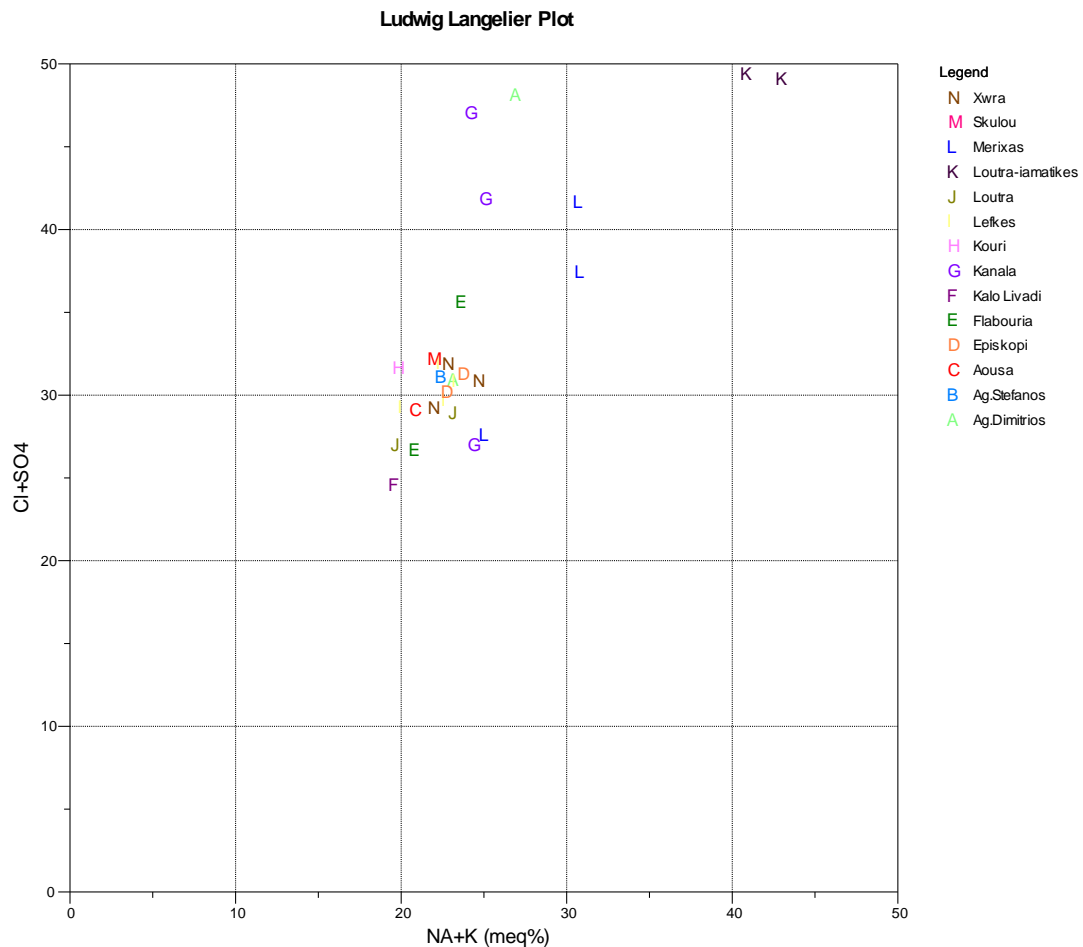
Όσο τα δείγματα απομακρύνονται από την αρχή των αξόνων τόσο ισχυροποιείται ο χαρακτήρας που έχουν (σε όσα δείγματα πλησιάζουν τον άξονα των  $Cl + SO_4$  υπερισχύει ο χλωριο – θειικός χαρακτήρας και αντίστοιχα σε όσα πλησιάζουν τον άξονα  $Na - K$  υπερισχύει ο καλιο – νατριούχος, ενώ σε αυτά που σχεδόν ισαπέχουν ο χαρακτήρας είναι ισομερής, δηλαδή χλωριο – θειικός και καλιο – νατριούχος). Αντικαθιστώντας του άξονες του διαγράμματος με  $Ca - Mg$  και  $HCO_3$  αντίστοιχα, θα δημιουργούνταν η κατανομή των δειγμάτων με βάση τον ασβεστο – μαγνησιούχο και ανθρακικό χαρακτήρα τους.

Στη μορφή που το διάγραμμα έχει και τους τέσσερις άξονες ( $HCO_3$ ,  $Na - K$ ,  $Ca - Mg$ ,  $Cl - SO_4$ ) εμφανίζεται η κατανομή των δειγμάτων και ως προς τους τέσσερις υδροχημικούς χαρακτήρες. Κάθε τομή των αξόνων σε σχέση με το κέντρο του διαγράμματος ορίζει μια τετραγωνική περιοχή όπου υπερισχύουν κάθε φορά δύο από τους τέσσερις χαρακτήρες. Στο κέντρο του διαγράμματος ορίζεται και μία μικτή περιοχή που όλοι σχεδόν οι χαρακτήρες είναι ισομερείς.



**Εικόνα 6.4.3.1:** Διάγραμμα Ludwig Langelier

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, όπως φαίνεται στο διάγραμμα Ludwig Langelier που ακολουθεί, παρατηρούμε ότι στην πλειοψηφία των δειγμάτων που ελήφθησαν υπερισχύει ο χλωριοθεικός τους χαρακτήρας. Αυτό ήταν αναμενόμενο, αφού όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενη παράγραφο τα χλωριόντα είναι ιδιαίτερα αυξημένα στα περισσότερα υδροσημεία από τα οποία πήραμε δείγματα και το φαινόμενο της θαλάσσιας διείσδυσης έντονα παρατηρημένο.



**Εικόνα 6.4.3.2:** Διάγραμμα Ludwig Langelier δειγμάτων Κύθνου

#### 6.4.4 Ταξινόμηση κατά Wilcox (1955)

Το διάγραμμα Wilcox (Εικ. 6.4.4.1), αποτελεί μία σημαντική μέθοδο ελέγχου της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών. Χρησιμοποιεί το δείκτη S.A.R. και την ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.

Με βάση το διάγραμμα αυτό μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες αρδευτικού νερού:

A: C1-S1. Ποιότητα καλή.

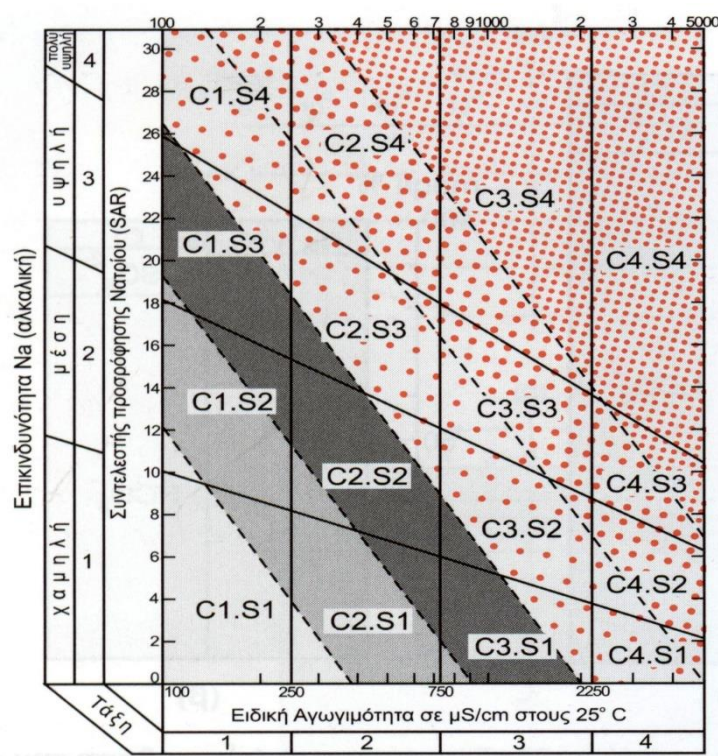
B: C1-S2, C2-S1. Ποιότητα καλή έως μέτρια. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.

Γ: C1-S3, C2-S2, C3-S1. Ποιότητα μέτρια έως πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται παίρνοντας μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή πρέπει να προστίθεται σε αυτό γύψος.

Δ: C1-S4, C2-S3, C3-S2, C4-S1. Ποιότητα πολύ μέτρια έως κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ευαίσθητα φυτά, ούτε γενικά για βαριά εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης σε ελαφρά εδάφη που αποστραγγίζονται καλά ή να προστίθεται γύψος.

Ε: C2-S4, C3-S3, C4-S2. Ποιότητα κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καθώς αποστραγγιζόμενα, με προσθήκη γύψου.

Ζ: C3-S4, C4-S3, C4-S4. Πολύ κακή ποιότητα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση.



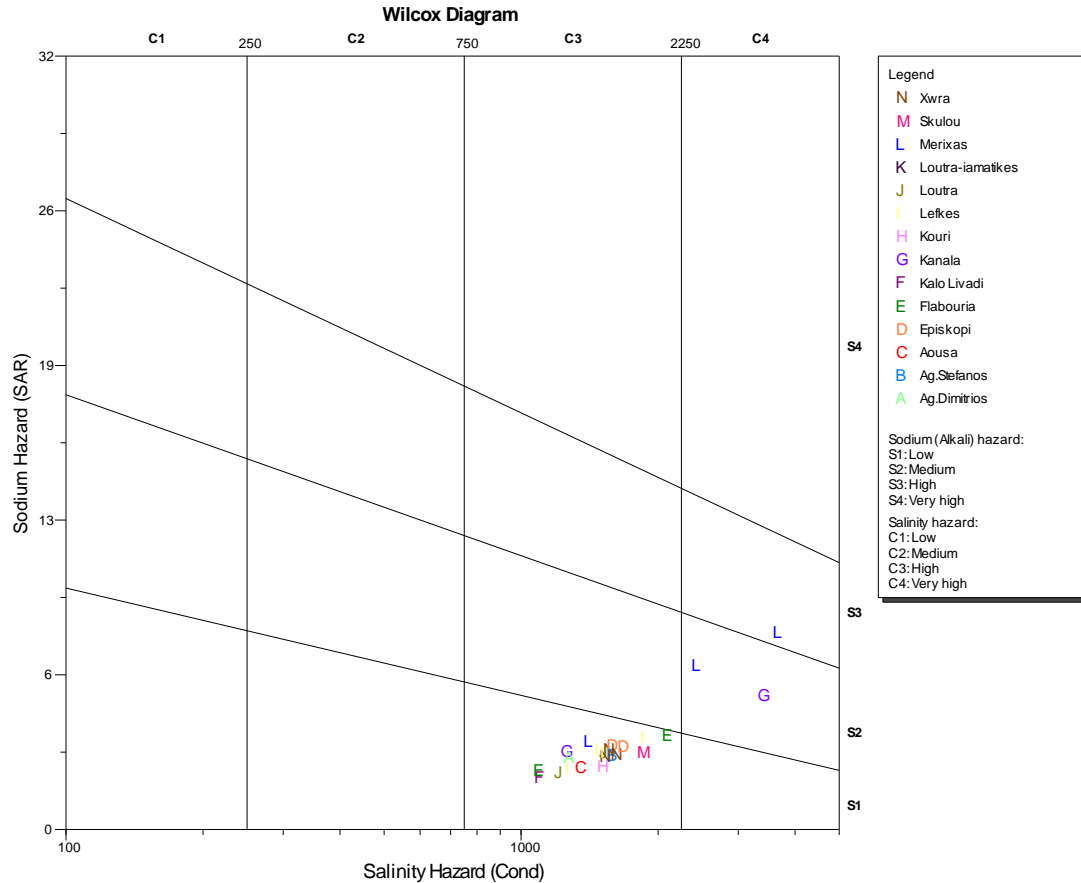
**Εικόνα 6.4.4.1:** Διάγραμμα Wilcox

Σύμφωνα με το διάγραμμα Wilcox που ακολουθεί, η πλειοψηφία των δειγμάτων ανήκει στην κατηγορία C1-S3, δηλαδή τα νερά έχουν ποιότητα μέτρια έως πολύ μέτρια. Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται παίρνοντας

μέτρα προφύλαξης και το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή πρέπει να προστίθεται σε αυτό γύψος.

Δύο μόνο δείγματα (Πηγάδι Κανάλα, Γεώτρηση Γιαννούλης) ταξινομούνται στην κατηγορία C4-S2 κι ένα τελευταίο δείγμα ανήκει στην κατηγορία C4-S3 (Γεώτρηση Γήπεδο). Οι κατηγορίες αυτές δείχνουν νερό κακής ποιότητας. Το νερό από τα συγκεκριμένα υδροσημεία δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα, με προσθήκη γύψου.

Το δείγμα από τη γεώτρηση του Αγίου Δημητρίου και αυτό από την πηγή Αμμουδάκι δεν εμφανίζονται στο διάγραμμα Wilcox. Το ίδιο συμβαίνει και για τα δείγματα από τις ιαματικές πηγές. Αυτό είναι σχετικά αναμενόμενο, αφού η ηλεκτρική αγωγιμότητα των συγκεκριμένων δειγμάτων είναι ιδιαίτερα αυξημένη και ξεφεύγει από τα όρια του διαγράμματος. Έτσι είναι δεδομένο ότι το νερό από τα συγκεκριμένα υδροσημεία δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση για αρδευτική χρήση.

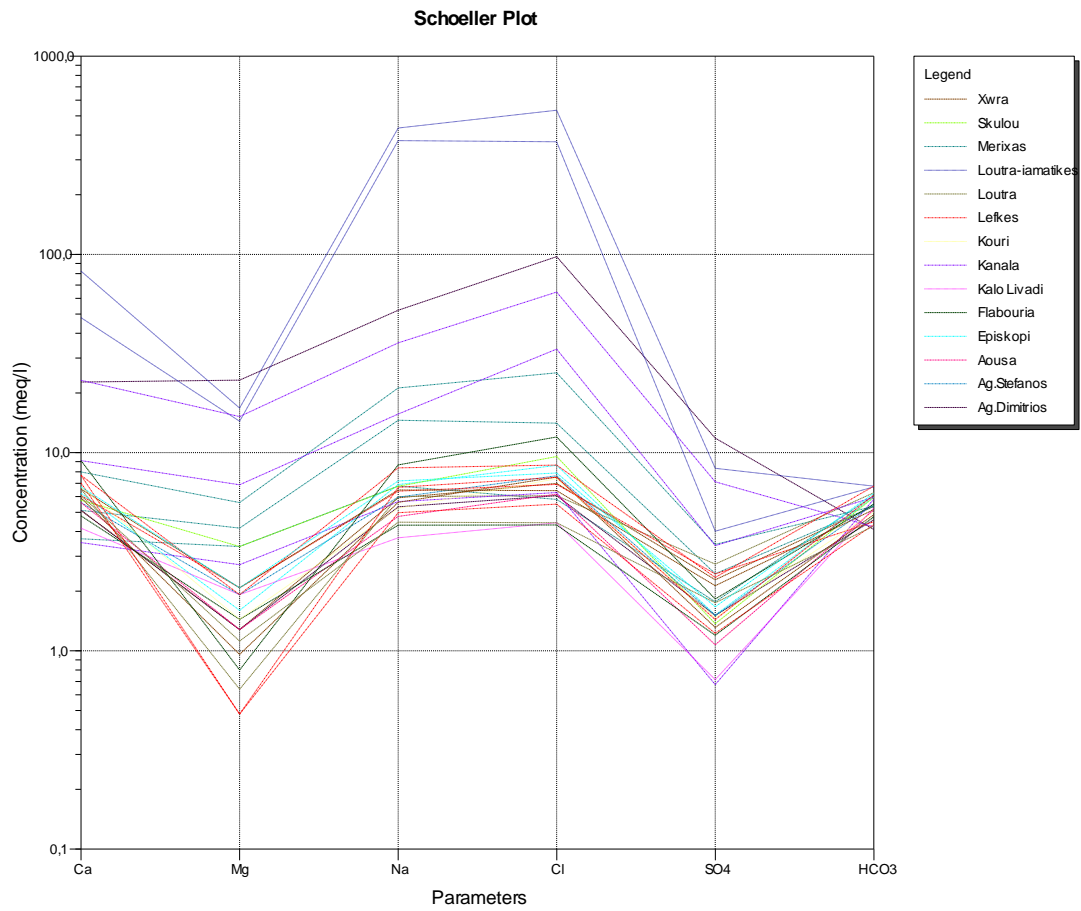


**Εικόνα 6.4.4.2:** Διάγραμμα Wilcox δειγμάτων Κύθνου

### 6.4.5 Ταξινόμηση κατά Schoeller (1963)

Πρόκειται για ένα διάγραμμα που στον κατακόρυφο άξονα έχει τιμές διαφόρων ιόντων σε ημιλογαριθμική κλίμακα και στον οριζόντιο σε δεκαδική κλίμακα τα διάφορα ιόντα με την εξής σειρά: Ca, Mg, Na+K, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>. Οι τιμές των ιόντων κάθε δείγματος ενώνονται στο διάγραμμα με μία καμπύλη γραμμή. Όταν η καμπύλη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα επάνω το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο το νερό είναι γλυκό. Ακόμη όσο πιο «πάνω» βρίσκεται αυτή, τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα (δηλαδή ουσιαστικά το T.D.S.).

Στην περίπτωση μας φαίνεται ότι το νερό σε όλα τα υδροσημεία από τα οποία ελήφθησαν τα δείγματα είναι υφάλμυρο, πράγμα αναμενόμενο για την περιοχή μελέτης μας.



**Εικόνα 6.4.5.1:** Διάγραμμα Schoeller δειγμάτων Κύθνου



*ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>*  
*ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ*  
*ΠΟΡΩΝ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ*



## **7.ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΝΗΣΟΥ ΚΥΘΝΟΥ**

### **7.1 ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ-ΖΗΤΗΣΗΣ**

Το ισοζύγιο προσφοράς – ζήτησης, είναι η συνεκτίμηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων και της ζήτησης για τη χρήση νερού σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο, με σκοπό τον προγραμματισμό της ανάπτυξης των υδατικών πόρων και τον προσανατολισμό των χρήσεων. Η προσαρμογή των οικονομικών και αναπτυξιακών σχεδίων στις δυνατότητες της λεκάνης απορροής-νησιωτικής έκτασης ορίζει την αειφορική διαχείριση-βιώσιμη ανάπτυξη. Ο στόχος είναι η ζήτηση του νερού να μην υπερβαίνει την προσφορά.

Το υδατικό ισοζύγιο των νησιών των Κυκλάδων παρουσιάζει σοβαρά ελλείμματα κυρίως από την περίοδο που ο τουρισμός άρχισε να αναπτύσσεται ραγδαία. Αυτό σημαίνει ότι η ζήτηση του νερού κατά περιόδους ξεπερνά την δεδομένη προσφορά ,δηλαδή το μέρος των κατακρημνίσεων που εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς (κατείσδυση) κατά το τμήμα που αξιοποιείται και των επιφανειακών υδάτινων συστημάτων (επιφανειακή απορροή) που γίνεται εκμετάλλευση. Τα συνεχώς διευρυνόμενα αυτά ελλείμματα καλύπτονται με υπεράντληση των υδροφορέων, γεγονός που οδήγησε στην υφαλμύριση και στην καταστροφή σημαντικών παρακτίων υπόγειων νερών και στην εξάντληση σε μεγάλο βαθμό των οικονομικά εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων νερού (γεωλογικά αποθέματα).

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται κατά προσέγγιση το ισοζύγιο προσφοράς-ζήτησης της νήσου Κύθνου. Σε προηγούμενο κεφάλαιο ο υπολογισμός της προσφοράς νερού πραγματοποιήθηκε για το σύνολο του νησιού κι επομένως κι ο υπολογισμός του ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης θα γίνει για το σύνολο του νησιού .

### 7.1.1 Ζήτηση

#### ◆ Υδατικές ανάγκες μόνιμου και εποχικού πληθυσμού

Από τον πίνακα καταναλώσεων (Πίν.7.1.1.1) του δήμου Κύθνου, φαίνεται ότι οι ανάγκες ύδρευσης για το μόνιμο πληθυσμό και τον τουρισμό για το σύνολο του δήμου το 2012 ήταν **120.000 m<sup>3</sup>**, χωρίς να περιλαμβάνονται στον αριθμό αυτό οι καταναλώσεις για την άρδευση, την κτηνοτροφία και τη βιομηχανία.

Σύμφωνα με τους υπεύθυνους του δήμου Κύθνου οι υδρευτικές καταναλώσεις τα τελευταία χρόνια κυμαίνονται γύρω από τις τιμές αυτές ,οπότε θεωρούμε τις καταναλώσεις του 2012 ως αντιπροσωπευτικές ζητούμενες ποσότητες ύδατος για ύδρευση του μόνιμου και εποχιακού πληθυσμού.

**Πίνακας 7.1.1.1:**Καταναλώσεις ύδρευσης για τον μόνιμο και τον εποχικό πληθυσμό της νήσου Κύθνου για το έτος 2012 (Πηγή: Δήμος Κύθνου)

<b>Πίνακας κατανάλωσης ύδρευσης ανά Δημοτικό Διαμέρισμα νήσου Κύθνου για το έτος 2012</b>	
<b>Οικισμός</b>	<b>Κατανάλωση (m3)</b>
Λουτρά	16087
Χώρα	23992
Μέριχας	33453
Δρυοπίδα	16471
Κανάλα	3169
Άγιος Δημήτριος	3212
Αγία Ειρήνη	287
Φλαμπούρια	2466
Ζογκάκι	611
Άουσα	1791
Λεύκες	9821
Λιοτρίβι	1313
Σκύλου	686
Κουρί	52
Επισκοπή	4183
Άγιος Στέφανος	2409
<i>Σύνολο</i>	<i>120003</i>

Ο υπολογισμός της ζήτησης για τις υδρευτικές ανάγκες του μόνιμου και του εποχικού πληθυσμού θεωρήθηκε σκόπιμο να βασιστεί σε στοιχεία πραγματικών καταναλώσεων κι όχι σε μια θεωρητική προσέγγιση, καθώς δεν διατίθενται ουσιαστικές πληροφορίες για τον τουρισμό. Η κατανάλωση του νερού ύδρευσης του εποχιακού πληθυσμού ο οποίος διαμένει σε ξενοδοχεία και ενοικιαζόμενα δωμάτια υπολογίζεται κατά βάση από τις διανυκτερεύσεις που παρέχει η ΕΣΥΕ και τις θεωρητικές υδατοκαταναλώσεις. Τα στοιχεία της ΕΣΥΕ για τις διανυκτερεύσεις στη νήσο Κύθνο δεν είναι πρόσφατα κι ακόμη πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι υπάρχει ένας αριθμός τουριστών, οι οποίοι διαμένουν σε ενοικιαζόμενα δωμάτια, τα οποία δεν είναι πιστοποιημένα από τον ΕΟΤ και δεν καταγράφονται στα στοιχεία των διανυκτερεύσεων της ΕΣΥΕ. Τέλος, σημαντικό ρόλο στη ζήτηση νερού ύδρευσης ασκούν και οι κάτοικοι, οι οποίοι διαμένουν στα νησιά τους καλοκαιρινούς μόνο μήνες σε ιδιόκτητα σπίτια (γηγενής τουρισμός). Στο νησί της Κύθνου ο αριθμός αυτός είναι ιδιαίτερα υψηλός χωρίς να υπάρχουν όμως ακριβή στοιχεία.

Στην περιοχή του Δήμου Κύθνου, φορέας ύδρευσης-αποχέτευσης είναι ο δήμος ο οποίος τηρεί αρχεία κατανάλωσης και τιμολόγησης ανά έτος, χωρίς όμως να εξασφαλίζεται η ακριβής και ασφαλής καταμέτρηση της κατανάλωσης ύδατος. Η εποχιακή κατανάλωση-ζήτηση κατά τους θερινούς μήνες που επικρατούν και οι δυσμενέστερες συνθήκες δεν καταγράφεται, ενώ στις ποσότητες ύδατος που καταναλώνονται δεν περιλαμβάνονται και οι αρδευτικές καταναλώσεις, αφού ως επί το πλείστον οι αρδευτικές ανάγκες καλύπτονται πλημμελώς από ιδιωτικά φρέατα και γεωτρήσεις που δεν είναι καταγεγραμμένα από το δήμο.

Ακόμη, το νησί διαθέτει δίκτυο ύδρευσης κατασκευασμένο από υλικά με βάση τον αμίαντο, η καταγραφή του οποίου είναι ιδιαίτερα δύσκολη, κυρίως λόγω της παλαιότητας, αλλά και εξαιτίας της παρέμβασης των κατοίκων στην πάροδο των ετών, με την αυθαίρετη εγκατάσταση αγωγών και την γενικότερη αλλοίωση του δικτύου ύδρευσης. Αξιοσημείωτη είναι η ύπαρξη πολλών μικρών δικτύων στην έκταση του νησιού για τα οποία δεν υπάρχουν στοιχεία

στη Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου. Ακόμη, τα εσωτερικά δίκτυα ύδρευσης των οικισμών λόγω παλαιότητας έχουν σημαντικές απώλειες.

Οι απώλειες του δικτύου κυμαίνονται στο 30% σύμφωνα με τις διαθέσιμες πληροφορίες κι επομένως θεωρούμε ότι το νερό που καταναλώθηκε για ύδρευση είναι  $120.000 \cdot 1,3 = 156.000 \text{ m}^3$ .

#### Χρέωση νερού ύδρευσης

Οι πληροφορίες για την τιμολόγηση του νερού στο Δήμο Κύθνου συγκεντρώθηκαν έπειτα από επικοινωνία με τον Δήμο. Σύμφωνα με τα συλλεχθέντα στοιχεία προκύπτει πως στην νήσο Κύθνου εφαρμόζεται κλιμακωτή χρέωση ανάλογα με το νερό που καταναλώνεται.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, στις τιμές κόστους περιλαμβάνεται το λειτουργικό κόστος του Δήμου και τα έξοδα συντήρησης και λειτουργίας δικτύου και εξωτερικών υδραγωγείων. Με την παραδοχή πως η χρέωση γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτονται τα λειτουργικά και διοικητικά έξοδα του Δήμου καθώς και τα έξοδα συντήρησης, μπορεί να εκτιμηθεί πως η χρέωση του νερού αντικατοπτρίζει κατά προσέγγιση το κόστος διάθεσης του νερού. Στις περιπτώσεις που η χρέωση γίνεται με κλιμακωτό τιμολόγιο, τότε η βασική χρέωση είναι αυτή που ισοδυναμεί με το κόστος του νερού.

Το κόστος του νερού για τον Δήμο Κύθνου δεν είναι γνωστό. Αν υποθεθεί πως η χρέωση αντικατοπτρίζει το κόστος παραγωγής του νερού, τότε το κόστος εκτιμάται περί τα 0,35 ευρώ ανά  $\text{m}^3$ .

**Πίνακας 7.1.1.2:** Κλιμακωτή χρέωση νερού για οικιακή χρήση στη νήσο Κύθνο (Πηγή: Δήμος Κύθνου)

Κλίμακα	Χρέωση	Πάγιο
$\text{m}^3$	(€/ $\text{m}^3$ )	(€/ year)
0-30	0,35	17,74
31-100	0,37	
101-200	0,80	
>201	1,69	

### Υδατικές ανάγκες κτηνοτροφίας

Η κτηνοτροφία όπως έχει προαναφερθεί, αποτελεί βασική δραστηριότητα των κατοίκων στο νησί της Κύθνου, με την εκτροφή σχετικά μεγάλου αριθμού βοοειδών και αμνοεριφίων. Για τον υπολογισμό των αναγκών νερού στην κτηνοτροφία είναι απαραίτητη η γνώση του αριθμού των ζώων.

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία της ΕΣΥΕ για το 2008 οι βοσκότοποι καλύπτουν 29.395,5 στρέμματα και στο νησί εκτρέφονται 309 βοοειδή, 12.646 αιγοπρόβατα, 546 χοίροι, 3.200 πουλερικά, 692 κουνέλια, 283 ιπποειδή .

**Πίνακας 7.1.1.3 :** Πληθυσμοί κτηνοτροφικών-πτηνοτροφικών μονάδων στο δήμο Κύθνου (Πηγή: ΕΣΥΕ)

	ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ ΖΩΑ		
ΔΗΜΟΣ	ΜΕΓΑΛΑ	ΜΙΚΡΑ	ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ
ΣΥΝΟΛΟ	1138	13338	3200

Σύμφωνα με τα διαχειριστικά προγράμματα λαμβάνονται υπόψη οι εξής καταναλώσεις για τα ζώα :

**Πίνακας 7.1.1.4:** Καταναλώσεις ανά κατηγορία ζώων

<b>Μεγάλα ζώα</b>	<b>40 l/day</b>
<b>Μικρά ζώα</b>	5 l/day
<b>Πουλερικά</b>	5 l ανά 100 πτηνά

**Πίνακας 7.1.1.5:** Ανάγκες ύδρευσης στο κλάδο της κτηνοτροφίας

ΔΗΜΟΣ	ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ m <sup>3</sup>
ΔΗΜΟΣ ΚΥΘΝΟΥ	41.540,65

### ◆ Υδατικές καταναλώσεις βιομηχανίας

Στην νήσο Κύθνο έχουν καταγραφεί 2 βιομηχανίες, οι οποίες ανήκουν στις κατηγορίες:

- Παραγωγή έτοιμου σκυροδέματος
- Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος

Στη νήσο Κύθνο, το ποσό ύδατος που καταναλώνεται από τη βιομηχανία ανέρχεται στα 3.480m<sup>3</sup> ετησίως σύμφωνα με τους υπεύθυνους και είναι σχετικά σταθερό με την πάροδο των χρόνων. Οι καταναλώσεις ανά παραγωγικό κλάδο, στο σύνολο της νήσου, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 7.1.1.6:** Κατανάλωση νερού ανά παραγωγικό κλάδο

<b>Παραγωγικός Κλάδος</b>	<b>Νερό σε m<sup>3</sup>/έτος</b>
<b>Δομικά Υλικά</b>	
Παραγωγή έτοιμου σκυροδέματος	3.000
<b>Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος</b>	
Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος	480

### ◆ Υδατικές ανάγκες για άρδευση

Τα τελευταία χρόνια στα νησιά του Αιγαίου κερδίζει συνεχώς έδαφος η μέθοδος άρδευσης με «τοπικές αρδεύσεις». Με τον όρο «τοπικές αρδεύσεις» νοούνται οι αρδεύσεις με σταγόνες «στάγδην άρδευση» και με χρήση «μπεκ», οι οποίες επιτυγχάνουν εξοικονόμηση στην κατανάλωση του νερού.

Κατά την άρδευση των εδαφών με τοπικές μεθόδους, οι απώλειες στο χωράφι υπολογίζονται 5% περίπου της ποσότητας νερού που χορηγείται και οι απώλειες για την μεταφορά του νερού με κλειστούς αγωγούς 5% επίσης. Τέλος, λόγω της ιδιομορφίας του συστήματος εφαρμογής του νερού (τοπικές αρδεύσεις), λαμβάνεται ποσοστό διαβροχής 70% των εκτάσεων σε αντίθεση με



το 100% που γινόταν με άλλες μεθόδους με αποτέλεσμα την μείωση της εξατμισοδιαπνοής και κατά συνέπεια των απωλειών.

Οι μέθοδοι άρδευσης στο νησί της Κύθνου είναι οι «τοπικές μέθοδοι» που περιγράφηκαν. Σαν αρδευτική περίοδος για το σύνολο των καλλιεργειών θεωρείται το διάστημα από 15 Μαρτίου έως 15 Οκτωβρίου. Ωστόσο, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως στο νησί δεν υπάρχει κάποιο οργανωμένο αρδευτικό δίκτυο ούτε έχει κατασκευαστεί κάποιο έργο αποταμίευσης ύδατος που προορίζεται για άρδευση. Η άρδευση γίνεται πλημμελώς από ιδιωτικά πηγάδια και ιδιωτικές γεωτρήσεις .

Για τον υπολογισμό των αναγκών άρδευσης απαραίτητο στοιχείο είναι η γνώση των αρδευόμενων στρεμμάτων. Συνολικά στο νησί υπάρχουν 271 στρέμματα αρδευόμενων εκτάσεων σε σύνολο 20800 στρεμμάτων γεωργικής γής. Οι αρδευόμενες εκτάσεις κατά κύριο λόγο βρίσκονται στην περιοχή μεταξύ των δύο οικισμών του νησιού της Δρυοπίδας και της Χώρας. Βάσει στοιχείων της ΕΣΥΕ υπάρχουν 256 στρέμματα αρδευόμενων κηπευτικών, 10 στρέμματα αρδευόμενων οπωρώνων και 5 στρέμματα αρδευόμενων αμπέλων.

Ως αντιπροσωπευτικές αρδευτικές ανάγκες θεωρήσαμε εκείνες που υπολογίζονται στα πλαίσια του διαχειριστικού προγράμματος του ΥΠΑΝ και παρουσιάζονται στον πίνακα 7.1.1.6. κάνοντας την παραδοχή ότι δεν παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές με την πάροδο των χρόνων.

**Πίνακας 7.1.1.7:** Ετήσιες Ανάγκες Νερού ανά Είδος Καλλιέργειας, ανά Δήμο (Πηγή: Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2005)

ΔΗΜΟΣ	ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (m <sup>3</sup> )					
	Αροτριάιες	Κηπευτικά	Οπωρώνες	Ελιές	Άμπελοι	ΣΥΝΟΛΟ
ΚΥΘΝΟΥ	0	160484	11806	0	2350	174540
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>0</b>	<b>160484</b>	<b>11806</b>	<b>0</b>	<b>2350</b>	<b>174540</b>

Έτσι οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού άρδευσης για την νήσο Κύθνο υπολογίζονται σε 174540m<sup>3</sup>. (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2005)

### Συνολική Ζήτηση

Στον πίνακα 7.1.1.7 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι υδατικές ανάγκες για τις διάφορες χρήσεις.

**Πίνακας 7.1.1.8:** Ετήσιες ανάγκες νερού ανά είδος κατανάλωσης (Πηγή: Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2005)

ΣΚΟΠΟΣ	ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ m <sup>3</sup>
Ανάγκες μόνιμου και εποχικού πληθυσμού	156.000
Κτηνοτροφία	41.540
Άρδευση	174.540
Βιομηχανία	3.480
Σύνολο	375.560

Έτσι, οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού προσεγγιστικά για την νήσο Κύθνο υπολογίζονται σε 375.560 m<sup>3</sup>. Η αύξησή τους στο μέλλον δεν αναμένεται να είναι σημαντική, με εξαίρεση ίσως αυτή που θα προκύψει από την πιθανή αύξηση του θερινού τουρισμού.

### 7.1.2 Προσφορά

Όπως έχει προαναφερθεί, από τα διαθέσιμα κλιματικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Κέας υπολογίστηκε το μέσο υδατικό ισοζύγιο της περιοχής έρευνας. Έτσι προέκυψε ότι από τα 43,207\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> βρόχινου νερού που πέφτουν κατά προσέγγιση το χρόνο στο νησί, τα 3,936\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> κατεισδύουν, τα 7,587\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> απορρέουν επιφανειακά, ενώ τα 31,683\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής.

Για τον υπολογισμό των υπόγειων εκμεταλλεύσιμων ποσοτήτων ύδατος, λαμβάνεται το ποσοστό που αναφέρεται στο "Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας" και ανέρχεται στο 25%. Το κύριο χαρακτηριστικό πολλών νησιών όπως και της Κύθνου είναι η ύπαρξη περιορισμένης έκτασης υδροφορέων, κυρίως καρστικών, που αναπτύσσονται σε ανθρακικούς σχηματισμούς (μάρμαρα, δολομίτες, ασβεστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους) και εμφανίζονται συχνά σε εναλλαγές με

αδιαπέρατους σχηματισμούς (στην περίπτωση μας σχιστόλιθους). Οι καρστικοί υδροφορείς εκφορτίζονται είτε σε πηγές επαφής, όταν οι αντίστοιχοι ανθρακικοί σχηματισμοί είναι κλειστοί προς τη θάλασσα, είτε σε παραθαλάσσιες ή υποθαλάσσιες πηγές, όταν είναι ανοικτοί προς αυτήν, οπότε υπάρχουν και προβλήματα υφαλμύρισης. Έτσι, η εκτιμηθείσα από το υδρολογικό ισοζύγιο ποσότητα ανανεώσιμου υπόγειου νερού δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθεί παρά μόνο σ' ένα μικρό ποσοστό. Το ποσοστό αυτό κυμαίνεται στα διάφορα νησιά και εξαρτάται από το ανάγλυφο, τη διαμόρφωση υδρογεωλογικών λεκανών με υδραυλικό φράγμα προς τη θάλασσα, και από τη γεωλογία και την τεκτονική της περιοχής.

Το ποσοστό αξιοποίησης των επιφανειακών νερών είναι γενικά μικρότερο αυτού των υπόγειων και εκτιμάται ότι είναι της τάξεως του 10%. Η κύρια αιτία αυτής της κατάστασης είναι η ύπαρξη πολλών παράκτιων ρεμάτων, που αποστραγγίζουν το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού καθιστώντας δύσκολη την εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών. (ΥΠΑΝ, ΙΓΜΕ, ΕΜΠ, ΚΕΠΕ, 2008)

Άρα, από τη συνολική επιφανειακή απορροή της περιοχής θεωρούμε ότι μπορούμε να εκμεταλλευτούμε περίπου το 10% ,ενώ από την συνολική κατείσδυση περίπου το 25%. Δηλαδή :

**Επιφανειακή Απορροή**=  $7,587 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος} * 10\% = 0,7587 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$

**Κατείσδυση** =  $3,936 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος} * 25\% = 0,984 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$

**Συνολική προσφερόμενη ποσότητα**=  $11,523 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$

**Συνολική εκμεταλλεύσιμη προσφερόμενη ποσότητα**= $1,7427 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$

### 7.1.3 Συμπεράσματα ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης

Από τα νούμερα αυτά ,βλέπουμε πως το ισοζύγιο υπολογίζεται να είναι πλεονασματικό, καθώς οι ζητούμενες ποσότητες ( $375.560 \text{ m}^3$  ) είναι σαφώς λιγότερες από τις προσφερόμενες ( $1,7427 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) και το νησί δεν χαρακτηρίζεται ως ελλειμματικό στο σύνολό του κατά τη διάρκεια του έτους.

Παρόλο όμως που το ισοζύγιο είναι πλεονασματικό, αξίζει να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη περιοχή δεν υπάρχει κάποιο έργο ταμίευσης, οπότε τα ύδατα της επιφανειακής απορροής καταλήγουν στη θάλασσα και οι υδατικές ανάγκες του νησιού καλύπτονται αποκλειστικά από τα υπόγεια ύδατα ( $0,984 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). Η μη κατασκευή του φράγματος που είχε προγραμματιστεί παλαιότερα λόγω της αντίδρασης των κατοίκων και η υπεράντληση των εκμεταλλεύσιμων υδροφορέων δημιουργεί ήδη μεγάλα προβλήματα στο νησί που έχουν ενταθεί πολλές φορές κατά τη θερινή περίοδο λόγω των αυξημένων αναγκών.

Έτσι, ενώ ενδεικτικά οι ανάγκες για νερό φαίνεται ότι καλύπτονται, από πληροφορίες του δήμου υπήρξαν χρονιές που η ανάγκη για εξεύρεση επιπλέον νερού ήταν επιτακτική για να καλυφθεί το καλοκαίρι επαρκώς η ζήτηση.

Οι αρδευτικές, οι υδρευτικές και οι κτηνοτροφικές ανάγκες καλύπτονται όπως προαναφέρθηκε αποκλειστικά από υπόγεια ύδατα, δηλαδή από πηγές, γεωτρήσεις και φρέατα χωρίς όμως να υπάρχει καταγραφή της συνολικής απόδοσης και κατανάλωσης από τις πηγές – γεωτρήσεις.

Η υδροδότηση του νησιού είναι οργανωμένη ανά οικισμό και το νερό από τα υδραυλικά έργα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μη πόσιμο στις περισσότερες περιπτώσεις, καθώς οι χημικές αναλύσεις καταδεικνύουν υπερβάσεις ορίων αγωγιμότητας, χλωριόντων και νιτρικών, ενώ δεν διατίθεται ούτε σύστημα απολύμανσης (χλωρίωσης). Το νερό στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ενδείκνυται ακόμα και για αρδευτική χρήση όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Έτσι, οι κάτοικοι ναι μεν καλύπτουν τις οικιακές τους ανάγκες με το νερό του δικτύου αλλά τις ανάγκες τους για πόσιμο νερό τις καλύπτουν με τη χρήση εμφιαλωμένου νερού. (Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου, 2005) Αν θεωρήσουμε ότι ένας άνθρωπος καταναλώνει γύρω στα 150 l/ημέρα, αυτό σημαίνει ότι οι 1456 κάτοικοι της Κύθνου καταναλώνουν ετησίως γύρω στα  $79.716 \text{ m}^3$  νερού και δαπανούν γύρω στα 79.716.000 ευρώ (1 ευρώ/ 1 L) για να καλύψουν τις ανάγκες τους για πόση .

Είναι ξεκάθαρο, ότι η εικόνα του ισοζυγίου που παρουσιάζεται δεν είναι ακριβής και δεν μπορεί ούτε να γίνει, λόγω της ανεπάρκειας των διαθέσιμων

δεδομένων τόσο της προσφοράς όσο και της ζήτησης. Συνέπεια τούτου, είναι η διαχείριση των συστημάτων υδατικών πόρων για την Κύθνο και η εκπόνηση μελετών σχετικών με νέα υδραυλικά έργα στην περιοχή αναφοράς να γίνονται με χρήση παρωχημένων ή, έστω, υπεραπλουστευμένων μεθοδολογιών, οι οποίες βασίζονται σε ελλιπή δεδομένα και σε αυθαίρετες παραδοχές.

Η κακή διαχείριση των υδάτινων πόρων που θεωρείται από τα σημαντικότερα αίτια της λειψυδρίας, οφείλεται στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων, στην έλλειψη σχεδίου διαχείρισης, στην κακή υποδομή όσον αφορά στα δίκτυα ύδρευσης και αποθήκευσης νερού, στις διαρροές των δικτύων, αλλά και στην τάση για προσωρινές και μη αποτελεσματικές λύσεις.

Τα υπόγεια νερά αποτελούν σημαντικό μέρος του αξιοποιήσιμου υδατικού δυναμικού της Κύθνου για ύδρευση και άρδευση. Τις τελευταίες δεκαετίες αυξήθηκε η εκμετάλλευσή τους χωρίς την ανάλογη εντατικοποίηση της έρευνας του δυναμικού και της ποιότητάς τους, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν νέα προβλήματα και να οξυνθούν παλαιότερα. Συγκεκριμένα:

- Η πτώση της στάθμης οδηγεί προοδευτικά στην εξάντληση των υπόγειων υδροφορέων, με αποτέλεσμα να πρέπει να προωθηθούν υδροληπτικά έργα μεγάλου βάθους, γεγονός που αυξάνει σημαντικά το κόστος εκμετάλλευσης.

- Η υπερεκμετάλλευση των υδροφορέων έχει ως αποτέλεσμα και την σημαντική και ταχεία ποιοτική υποβάθμισή τους στις παράκτιες περιοχές, όπου παρατηρείται και συνεχής μετακίνηση της διεπιφάνειας γλυκών-αλμυρών νερών προς την ενδοχώρα. Στις περιπτώσεις αυτές, καθίσταται αδύνατη η χρήση τους ακόμα και για σκοπούς άρδευσης

Επειδή η υποβάθμιση των υπόγειων νερών είναι κρίσιμη, πρέπει να ληφθούν **ριζικά μέτρα προστασίας των υδροφορέων** από περαιτέρω υποβάθμιση, αλλά και ανάκαμψης της κακής κατάστασης, όπου αυτό είναι δυνατό, σύμφωνα με το πνεύμα της πρόσφατης Οδηγίας της ΕΕ για την προστασία των υπογείων υδάτων. Οι μέθοδοι για το σκοπό αυτό και για την επίτευξη αειφορικής διαχείρισης των υπόγειων υδατικών πόρων είναι:

- Η διακοπή λειτουργίας κάποιων γεωτρήσεων και γενικότερα η ουσιαστική μείωση των αντλήσεων υπόγειου νερού.
- Η εφαρμογή μέτρων μείωσης των σημειακών (π.χ.βόθροι), αλλά και διάχυτων πηγών ρύπανσης (φυτοφάρμακα, νιτρικά).
- Η υποκατάσταση των υπόγειων νερών με αξιοποίηση των επιφανειακών.
- Ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφορέων, λύση που από τη φύση της μπορεί να συνδυαστεί και με την αμέσως προηγούμενη λύση.

## 7.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων περιβαλλοντικού χαρακτήρα, πρέπει να πραγματοποιηθούν δράσεις και να ληφθούν τα αναγκαία μέτρα στους συναφείς τομείς των υποδομών αποχέτευσης και καθαριότητας καθώς και να προωθηθούν μέτρα αειφορικής ανάπτυξης και κάλυψης των υδατικών αναγκών του νησιού. Προτείνονται τα εξής :

- ✓ Περιορισμός της υδροληψίας (μείωση της παροχής άντλησης και των ωρών λειτουργίας) σε γεωτρήσεις και φρέατα που παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε χλωριόντα (π.χ στις περιοχές Αγίου Δημητρίου και Κανάλας)
- ✓ Ανάπτυξη δικτύου συστηματικής παρακολούθησης των σχετικών παραμέτρων των υπόγειων νερών. Μεταξύ των παραμέτρων που πρέπει να παρακολουθούνται, οι σημαντικότερες είναι οι:
  - στάθμη
  - παροχή
  - αγωγιμότητα
  - νιτρικά
  - θερμοκρασία.

Επιβάλλεται επίσης η παρακολούθηση και άλλων παραμέτρων όπως τα βαρέα μέταλλα και το μικροβιακό φορτίο. Η εγκατάσταση του δικτύου αυτού θα πρέπει να γίνει σε δύο φάσεις:

- Η πρώτη φάση περιλαμβάνει απογραφή όλων των υδροληπτικών έργων ,καταγραφή των χαρακτηριστικών τους, αξιολόγηση και ορθολογική διαχείριση του υφιστάμενου δικτύου (όπου υπάρχει).
  - Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει διεύρυνση του δικτύου π.χ με νέες γεωτρήσεις ή νέες πηγές, την εκμετάλλευσή τους και την παρακολούθηση των τάσεων εξέλιξης της πιεζομετρίας και της ποιότητας του νερού.
- ✓ Εκτεταμένη υδρογεωλογική έρευνα με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων για την ακριβέστερη χωροθέτηση νέων υδρογεωτρήσεων και την αναζήτηση νερού σε υδατοπιθανές περιοχές.
  - ✓ Καταγραφή και αξιοποίηση όλων των πηγών του νησιού και κατασκευή υπερχειλιστών για τη συνεχή καταγραφή των παροχών των πηγών και δύο αντιπροσωπευτικών ρεμάτων, προκειμένου να προσδιορίζονται με ικανοποιητική ακρίβεια οι κρίσιμες συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου, όπως η επιφανειακή απορροή .Οι υπερχειλιστές θα πρέπει να συνοδεύονται από σύγχρονους ηλεκτρονικούς σταθμηγράφους και βροχογράφους.
  - ✓ Εγκατάσταση σύγχρονου μετεωρολογικού σταθμού σε κατάλληλη θέση του νησιού, για την καταγραφή των ατμοσφαιρικών παραμέτρων , οι οποίες θα συμβάλουν στην ορθότερη εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των υδατικών πόρων.
  - ✓ Λεπτομερή καταγραφή και αποτύπωση του δικτύου ύδρευσης του νησιού, καταγραφή ιδιωτικών παρεμβάσεων στο δίκτυο και αποκατάσταση των τελευταίων.

- ✓ Αντικατάσταση πεπαλαιωμένου και φθαρμένου δικτύου ύδρευσης με την απόσυρση των αμιαντοσωλήνων, λόγω του ότι ο αμιάντος είναι εξαιρετικά επιβλαβής για την υγεία.
- ✓ Τοποθέτηση υδρομετρητών σε όλες τις γεωτρήσεις και τις κεντρικές δεξαμενές ύδρευσης για τον έλεγχο των απολήψεων και στεγανοποίηση των τελευταίων για την αντιμετώπιση διαρροών.
- ✓ Συστηματική καταμέτρηση οικιακής κατανάλωσης νερού με τοποθέτηση υδρομετρητών σε όλες τις οικίες και τα ξενοδοχειακά καταλύματα για τον ακριβή προσδιορισμό της ζήτησης.
- ✓ Συλλογή βρόχινου νερού στην οροφή των σπιτιών και των δημόσιων κτιρίων που θα μεταφέρεται σε επιφανειακές ή υπόγειες δεξαμενές αφού υποστεί φίλτρωση. Το συλλεγόμενο νερό μπορεί είτε να αποθηκεύεται και να χρησιμοποιείται για την κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών, είτε να διοχετεύεται προς απορρόφηση από το έδαφος για την αναπλήρωση του υδροφόρου ορίζοντα.
- ✓ Κατασκευή αγροτικών ομβροδεξαμενών για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών και του περιορισμού των εκτεταμένων υπεραντλήσεων από τα ιδιωτικά υδροληπτικά έργα (γεωτρήσεις-φρέατα) .
- ✓ Επέκταση του υπάρχοντος δικτύου αποχέτευσης, κατασκευή δικτύων αποχέτευσης σε Μέριχα, Λουτρά , Κανάλα όπου χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα απορροφητικοί βόθροι και κατασκευή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων προκειμένου να προστατευτεί το υπόγειο υδατικό δυναμικό και γενικότερα το περιβάλλον από περαιτέρω ποιοτική υποβάθμιση.
- ✓ Άμεση αξιοποίηση μέρους του επιφανειακού υδατικού δυναμικού με την επανεξέταση της κατασκευής φράγματος με πραγματικά δεδομένα και στοιχεία. Εναλλακτικά θα μπορούσε να εξεταστεί η κατασκευή εξωποτάμιας λιμνοδεξαμενής στην περιοχή. Οι εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές είναι ταμιευτήρες επιφανειακών υδάτων που κατασκευάζονται έξω από τις κοίτες χειμάρρων σε φυσικές ή τεχνητές



λεκάνες κατάκλυσης. Το έργο αυτό, ενδεχομένως θα απαιτεί σημαντικά μικρότερο κόστος κατασκευής λόγω μεγαλύτερης απλότητας κατασκευής και η λεκάνη κατάκλυσης θα καταλαμβάνει σαφώς μικρότερη έκταση. Ακόμα, από γεωτεχνικής πλευράς η λύση της λιμνοδεξαμενής προσφέρεται για εφαρμογές σε ποικίλες γεωλογικές συνθήκες, ενώ περιβαλλοντικά είναι αποδεκτή λόγω της περιορισμένης ανάγκης εκχέρσωσης περιοχών δανειοθαλάμων και της ασήμαντης επίδρασης στα οικοσυστήματα που υπάρχουν κατά μήκος των ποταμών καθώς και στις κατάντη περιοχές που τυχόν τροφοδοτούνται από τις απορροές του χειμάρρου. Το προτεινόμενο έργο θα πρέπει να υποστηριχτεί από όλες τις απαραίτητες οικονομοτεχνικές, υδρογεωλογικές, περιβαλλοντικές και γεωτεχνικές μελέτες.

- ✓ Κατασκευή μικρών φραγμάτων ανάσχεσης σε κατάλληλες θέσεις για τον εμπλουτισμό των υδροφόρων. Με μικρά φράγματα-πεζούλες από ξερολιθιές, πέτρες, ξύλα, σε χαράδρες και ρέματα, είναι δυνατό να πραγματοποιείται ανάσχεση στη ροή του νερού της βροχής που χάνεται ανεκμετάλλευτο στη θάλασσα και να διευκολυνθεί η κατείσδυσή του. Με τον τρόπο αυτό, θα αυξηθούν οι ποσότητες νερού στους υπόγειους υδροφορείς και θα επιτευχθεί ο εμπλουτισμός τους.
- ✓ Προστασία παράκτιων υδροφορέων από την περαιτέρω διείσδυση της θάλασσας με μείωση των αντλήσεων και πιθανή κατασκευή υδρομαστευτικών έργων, που σκοπό έχουν να διακόψουν την απευθείας θαλάσσια διείσδυση.
- ✓ Κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης στο Μέριχα. Αφορά την εφαρμογή της μελέτης που έχει εγκριθεί για την εγκατάσταση 2 συστημάτων εξυγίανσης νερού (αφαλάτωση) δυναμικότητας 300 m<sup>3</sup>/ημέρα έκαστο, στην περιοχή του Γηπέδου Ποδοσφαίρου της Ν. Κύθνου καθώς και τα συνοδά τεχνικά έργα που απαιτούνται. Η αφαλάτωση είναι μια διαδικασία ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό, υφάλμυρο ή χαμηλής ποιότητας νερό, μέσω διεργασιών αφαίρεσης αλάτων από τα

αλατούχα ύδατα. (Δαγκαλίδης, 2009). Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μονάδων αφαλάτωσης σε σχέση με άλλες μεθόδους είναι ότι μπορούν να λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα τις βροχοπτώσεις. Κατά τη διαστασιολόγηση των δικτύων σωληνώσεων (υλικό, πίεση λειτουργίας, διάμετρος κ.λ.π.), ελήφθη υπόψη η εξασφάλιση της δυνατότητας μελλοντικής προσθήκης νέας μονάδας σε παράλληλη λειτουργία με την παλιά χωρίς να είναι αναγκαία η αντικατάσταση των σωληνώσεων, παρά μόνο των αντλιών. Σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα καθώς και από τη λειτουργική εμπειρία παρόμοιων συστημάτων, προκύπτει ότι για την παραγωγή  $2 \times 300 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  καθαρού νερού απαιτείται άντληση θαλασσινού νερού  $2 \times 900 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ , ενώ η παραγόμενη άλμη είναι  $2 \times 600 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  (Α' Φάση). Συνεπώς, η διαστασιολόγηση των δικτύων σωληνώσεων έγινε για την παραγωγή  $1200 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  καθαρού νερού (Β' Φάση) με μελλοντική προσθήκη και άλλης μονάδας αφαλάτωσης. Για την παραγωγή  $1200 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$  καθαρού νερού (Β' Φάση) απαιτείται άντληση θαλασσινού νερού  $3600 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ , ενώ η παραγόμενη άλμη θα είναι  $2400 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ . Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 1.612.400 ευρώ.

- ✓ Αποφυγή της μεταφοράς νερού από γειτονικά υδατικά διαμερίσματα. Το μεγάλο πρόβλημα της λύσης αυτής δεν είναι άλλο από το οικονομικό κόστος. Στα μειονεκτήματα θα πρέπει να συμπεριληφθεί και το περιβαλλοντικό κόστος στη περίπτωση που η μεταφορά γίνεται με υδροφόρα πλοία, καθώς επιβαρύνουν τη θάλασσα με απόβλητα και καυσαέρια (Σαμακίδης, 2009), ενώ αποτελεί και αβέβαιη λύση καθώς εξαρτάται από εξωτερικούς παράγοντες. Στη νήσο Κύθνο δεν έχει εφαρμοστεί αυτή η λύση εκτός από ιδιαίτερες περιπτώσεις όπως το καλοκαίρι του 2001 που είχε σημειωθεί μεγάλη ξηρασία και θα πρέπει να θεωρηθεί ως λύση εξαιρετικά έκτακτης ανάγκης αφού αναμφισβήτητα, οι εκτροπές νερού αποτελούν επεμβάσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια απαιτούν προσεκτική εκτίμηση και

τεκμηρίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ελαχιστοποίηση των αρνητικών από αυτές, με τους όρους και προϋποθέσεις που προβλέπονται στην Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

- ✓ Ενημέρωση των εμπλεκόμενων φορέων, που πολλές φορές προσπαθούν να λύσουν πιθανά προβλήματα σε τοπικό επίπεδο, αλλά και των πολιτών που πολλές φορές αντιτίθεται στη δημιουργία κάποιου έργου ή σε κάποιες αλλαγές ενός ήδη υπάρχοντος λόγω κάποιων αντιλήψεων.

*ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>*  
*ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ*

## 8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Την Ελλάδα χαρακτηρίζουν τα ιδιαίτερα νησιωτικά της συμπλέγματα όπου κυριαρχούν ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες, Μεσογειακού τύπου. Στα περισσότερα από τα νησιά του Αιγαίου παρουσιάζεται εποχιακό πρόβλημα (κυρίως λόγω τουρισμού), ενώ υπάρχουν κι άλλα που παρουσιάζουν έλλειμμα υδροδότησης, όλους τους μήνες του χρόνου. Η συνεχής και πλήρη κάλυψη της ζήτησης είναι πρωταρχικό μέλημα στα νησιά αυτά και οι πόροι-μέθοδοι που έρχονται να δώσουν λύση κατά κύριο λόγο είναι τα υπόγεια ύδατα, τα όμβρια ύδατα, τα έργα εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων, τα έργα συγκέντρωσης και αποθήκευσης νερού, η αφαλατώσεις και η μεταφορά νερού από άλλες περιοχές.

Η περιοχή που μελετήθηκε, η νήσος Κύθνος, βρίσκεται στο βορειοδυτικό μέρος του νομού Κυκλάδων, ανάμεσα στην Κέα (Τζιά) και τη Σέριφο κι έχει έκταση 99,4 km<sup>2</sup> και 1.456 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011.

Γεωμορφολογικά, πρόκειται για ένα ημιορεινό νησί με επίμηκες και πεπλατυσμένο σχήμα στα βορειοδυτικά, με σχετικά ήπιες μορφολογικές κλίσεις και μικρά επίπεδα διάβρωσης.

Στη διαμόρφωση της νήσου Κύθνου συμμετέχουν δύο κυρίως ενότητες γεωλογικών σχηματισμών. Η ανώτερη αλλουβιακή ενότητα επικάθεται ασύμφωνα επί των στρωμάτων της δεύτερης ενότητας, που αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα, μάρμαρα και σχιστολίθους. Η χαμηλή υδροπερατότητα των εκτεταμένων επιφανειακά σχιστολιθικών πετρωμάτων που εμφανίζονται στο νησί έχει δημιουργήσει συνθήκες πυκνού υδρογραφικού δικτύου και μεγάλο σχετικά ποσοστό επιφανειακής απορροής, ενώ η υπόγεια

υδροφορία αναπτύσσεται, κατά κύριο λόγο, σε ρωγματικά και ανθρακικά υδρογεωλογικά περιβάλλοντα. Το ρωγματικό υδροσύστημα, που αναπτύσσεται σε σχιστολιθικά πετρώματα, είναι χαμηλής σχετικά απόδοσης και η υδροφορία διαμορφώνεται στον αποσαθρωμένο μανδύα των σχιστολιθικών πετρωμάτων. Εντός του σχιστολιθικού αυτού συστήματος παρεμβάλλονται ορίζοντες μαρμάρου με ικανοποιητική σχετικά υδροφορία.

Το δίκτυο ύδρευσης του δήμου Κύθνου τροφοδοτείται αποκλειστικά από υπόγεια ύδατα (πηγές, γεωτρήσεις, φρέατα) ενώ για πόση χρησιμοποιούνται κατά βάση εμφιαλωμένα νερά. Από τα 17 συνολικά φρέατα και γεωτρήσεις που απεγράφησαν για την παρούσα εργασία, 11 εκμεταλλεύονται την ασθενή υδροφορία των σχιστολιθικών σχηματισμών, 4 την προσχωματική υδροφορία, μία γεώτρηση την καρστική υδροφορία των μαρμάρων, και μία γεώτρηση την ασθενή υδροφορία των μεταμορφομένων γαββρικών πετρωμάτων. Οι εννέα πηγές, που έχουν απογραφεί εκφορτίζουν τον ασθενή υδροφόρο των σχιστολίθων. Η συνηθέστερη περίπτωση υποβάθμισης της ποιότητας του νερού ενός παράκτιου υδροφόρου, είναι η διείσδυση της θάλασσας και στην περίπτωση της νήσου Κύθνου σε υδροληπτικά έργα που παρατηρούνται χαμηλά απόλυτα υψόμετρα στάθμης, το φαινόμενο της υφαλμύρισης είναι αναμενόμενο να παρουσιάζεται.

Για την κατάρτιση του υδρολογικού ισοζυγίου, αντιπροσωπευτικά θεωρήθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία (ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας) από το μετεωρολογικό σταθμό της νήσου Κέας, καθώς στο νησί απουσιάζει ο μετεωρολογικός σταθμός. Για την περίοδο αυτή η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται στα 434,55 mm και η μέση ετήσια θερμοκρασία σε 18,25 °C. Η εφαρμογή του μοντέλου του Thornthwaite έδωσε πραγματική εξατμισοδιαπνοή ίση με 318,54 mm ή ίση με το 73,3% του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης. Με χρήση συντελεστών κατεΐσδυσης από τη βιβλιογραφία, καταρτίστηκε το υδρολογικό ισοζύγιο και προέκυψε ότι από τα  $43,207 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  νερού που πέφτουν στο νησί τα  $3,936 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  κατεΐσδύουν, τα  $7,587 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  απορρέουν επιφανειακά, ενώ τα  $31,683 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  χάνονται μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής.

Σε ό,τι αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, στα δεκατέσσερα από τα είκοσι έξι δείγματα που ελήφθησαν για την παρούσα εργασία, παρατηρείται συγκέντρωση ιόντων χλωρίου μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη τιμή (250 mg/l) ενώ δύο δείγματα είναι οριακά κάτω από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χλωριόντων (πηγή Λεύκες 245 mg/l, γεώτρηση Ελικοδρόμιο 248 mg/l). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει την έντονη παρουσία του φαινομένου της υφαλμύρινσης στους παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες του νησιού, ενώ οι υψηλές τιμές χλωριόντων που συναντώνται σε μεγαλύτερα υψόμετρα (π.χ γεώτρηση Ελικοδρόμιο), οφείλονται στα αερομεταφερόμενα σταγονίδια από τη θάλασσα αλλά και σε ρύπανση από τη χρήση λιπασμάτων στην γύρω περιοχή κι από την ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων, καθώς στο νησί δεν υπάρχει εγκατεστημένος βιολογικός καθαρισμός. Γενικά, χαρακτηρίζονται ως προς την καταλληλότητα τους για άρδευση, ως νερά υψηλού κινδύνου αλατότητας και χαμηλού κινδύνου αλκαλίωσης. Ενίοτε παρατηρείται και αυξημένη συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων, εξαιτίας αγροκτηνοτροφικών δραστηριοτήτων και έλλειψης αποχετευτικού δικτύου και ως εκ τούτου το νερό καθίσταται ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση χωρίς την κατάλληλη επεξεργασία, που στο νησί δεν γίνεται.

Το ισοζύγιο προσφοράς – ζήτησης, είναι η συνεκτίμηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων και της ζήτησης για τη χρήση νερού σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο, με σκοπό τον προγραμματισμό της ανάπτυξης των υδατικών πόρων και τον προσανατολισμό των χρήσεων. Σε ό,τι αφορά τη νήσο Κύθνο τα επιφανειακά και υπόγεια διαθέσιμα ετήσια υδατικά αποθέματα εκτιμάται ότι δεν υπερβαίνουν τα  $11,523 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  κατά μέσο όρο .Ωστόσο, σημαντικό μέρος νερού καταλήγει ανεκμετάλλευτο στη θάλασσα, εξαιτίας της μη δυνατότητας απόληψής του. Η συνολική εκμεταλλεύσιμη προσφερόμενη ποσότητα εκτιμούμε ότι ανέρχεται σε  $1,7427 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ . Οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, για την άρδευση, την κτηνοτροφία και τη βιομηχανία, προσεγγιστικά εκτιμούμε ότι ανέρχονται σε  $375.560,7 \text{ m}^3$  για την νήσο Κύθνο. Η εικόνα του ισοζυγίου -αν και πλεονασματικό- δεν είναι αντιπροσωπευτική λόγω της ανεπάρκειας των

διαθέσιμων δεδομένων τόσο της προσφοράς όσο και της ζήτησης. Συνέπεια είναι, η διαχείριση των συστημάτων υδατικών πόρων για την Κύθνο και η εκπόνηση μελετών σχετικών με νέα υδραυλικά έργα στην περιοχή αναφοράς να γίνονται με χρήση παρωχημένων ή, έστω, υπεραπλουστευμένων μεθοδολογιών, οι οποίες βασίζονται σε ελλιπή δεδομένα και σε αυθαίρετες παραδοχές.

Στην περιοχή δεν υπάρχει κάποιο έργο ταμίευσης, η υπεράντληση των εκμεταλλεύσιμων υδροφορέων δημιουργεί ήδη μεγάλα προβλήματα στο νησί που έχουν ενταθεί πολλές φορές κατά τη θερινή περίοδο λόγω των αυξημένων αναγκών, ενώ η καταγραφή του υδρευτικού δικτύου είναι ιδιαίτερα δύσκολη, κυρίως λόγω της παλαιότητας, αλλά και εξαιτίας της παρέμβασης των κατοίκων στην πάροδο των ετών, με την αυθαίρετη εγκατάσταση αγωγών και την γενικότερη αλλοίωση του δικτύου ύδρευσης.

Για την αειφορική ανάπτυξη και κάλυψη των υδατικών αναγκών του νησιού προτείνονται:

- ✓ Μείωση των αντλήσεων σε γεωτρήσεις και φρέατα που παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε χλωριόντα, κυρίως με ελάττωση της παροχής άντλησης, ώστε η πτώση της στάθμης να είναι μικρότερη.
- ✓ Ανάπτυξη δικτύου συστηματικής παρακολούθησης των σχετικών παραμέτρων των υπόγειων νερών.
- ✓ Εκτεταμένη υδρογεωλογική και γεωφυσική έρευνα με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων για την σωστή χωροθέτηση νέων υδρογεωτρήσεων.
- ✓ Καταγραφή και αξιοποίηση όλων των πηγών του νησιού.
- ✓ Εγκατάσταση σύγχρονου μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή.
- ✓ Λεπτομερής καταγραφή και αποτύπωση του δικτύου ύδρευσης.
- ✓ Τοποθέτηση υδρομετρητών σε όλες τις γεωτρήσεις και τις κεντρικές δεξαμενές ύδρευσης.
- ✓ Συστηματική καταμέτρηση οικιακής κατανάλωσης νερού με τοποθέτηση υδρομετρητών.



- ✓ Συλλογή βρόχινου νερού από την οροφή των σπιτιών και των δημόσιων κτιρίων και αποθήκευση σε δεξαμενές.
- ✓ Κατασκευή αγροτικών ομβροδεξαμενών.
- ✓ Επέκταση του υπάρχοντος δικτύου αποχέτευσης και κατασκευή μονάδας επεξεργασίας λυμάτων.
- ✓ Άμεση αξιοποίηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού με κατασκευή μικρών ταμιευτήρων.
- ✓ Κατασκευή φραγμάτων ανάσχεσης για τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων.
- ✓ Προστασία παράκτιων υδροφορέων από την περαιτέρω διείσδυση της θάλασσας, με μείωση των αντλήσεων και εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού
- ✓ Κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης για την εξασφάλιση πόσιμου νερού.
- ✓ Αποφυγή της μεταφοράς νερού από γειτονικά υδατικά διαμερίσματα.
- ✓ Ενημέρωση των εμπλεκόμενων φορέων αλλά και των πολιτών για την ορθολογική χρήση του νερού, την προστασία από ποιοτική υποβάθμιση και την εξάλειψη της σπατάλης του.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Βουδούρης Κ., 2009. Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος – Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιώλα, Θεσσαλονίκη
- Γιαννουλόπουλος Π., 2000. Υπόγεια υδραυλική και Μαθηματικά μοντέλα στο Αργολικό Πεδίο. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Τομέας Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- Δαγκαλίδης Α., 2009. Κλαδική μελέτη 12 – Αφαλάτωση νερού, Μονάδα οικονομικής ανάλυσης και αγορών , Τράπεζα Πειραιώς, Αθήνα
- ΙΓΜΕ, 2010. Καταγραφή και Αποτίμηση των Υδρογεωλογικών Χαρακτήρων των Υπόγειων Νερών και των Υδροφόρων Συστημάτων της Χώρας ,Υποέργο 7: Αποτίμηση Υδατικών Πόρων Αιγαίου, Ποιοτικοί Έλεγχοι και Προτάσεις Αξιοποίησης (Υ.Δ. 14)
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2007. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων Δάφνη, Νήσος Μύκονος
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2006. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων Δάφνη, Νήσος Σύρος
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2007. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων Δάφνη, Νήσος Κύθνος
- Καλδέλλης Ι.Κ., Κονδύλη Αιμ., Κορμπάκης Γ., 2004, "Διαχείριση Υδάτινων Πόρων στα Νησιά του Αιγαίου: Αξιολόγηση Εναλλακτικών Λύσεων", 7ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Μυτιλήνη
- Καλλέργης Γ., 2001. Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Έκδοση ΤΕΕ, Τρεις τόμοι
- Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου ,2005. Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικού διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου. Α΄ Φάση: Συλλογή, επεξεργασία και διαχείριση δεδομένων, Τεύχος 20 : Νήσος Κύθνος, Νομός Κυκλάδων, Περιφέρεια Νότιου Αιγαίου, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα.

- Κ/Ξ Υδατοσυστημάτων Αιγαίου ,2006. Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου, Β΄ Φάση: Ανάλυση Υποδομών και Χρήσεων & Δεδομένα Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων ,Τεύχος 20 : Νήσος Κύθνος, Νομός Κυκλάδων , Περιφέρεια Νότιου Αιγαίου, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα
- Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος Θ., 1999. Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Μανωλάκος Δ., 2009. Συστήματα Αφαλάτωσης στον νησιωτικό χώρο, Ημερίδα για τη Χωροθέτηση των ΑΠΕ, για τους υδάτινους πόρους στο Αιγαίο και την αφαλάτωση, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- Μαρκαντώνης Κ., 2012. Υδρογεωλογικό Καθεστώς Ανατολικής Κορινθίας και Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Μιχαλακόπουλος Α., 2010. Ενεργειακή Προσομοίωση και Τεχνοοικονομική Μελέτη Υβριδικού Υδροηλεκτρικού Συστήματος Αφαλάτωσης και Παραγωγής Υδρογόνου, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών , Τομέας Ρευστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Μουτάφης Π., 2008. Κάλυψη της ζήτησης ενέργειας και νερού με αιολική ενέργεια και αφαλάτωση στη νήσο Σίκινο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Ρευστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Νταρακάς Ε., 2010. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Διεργασίες Επεξεργασίας Νερού, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Πολύζου Ο., Κουμαντάκης Ι., Σταματάκη Σ., 2002. Εφαρμογή των G.I.S. στην ταξινόμηση και αξιολόγηση των θερμομεταλλικών πηγών της Ελλάδας
- Σαμακίδης Δ, 2009. Αυτόνομο σύστημα αφαλάτωσης με χρήση ΑΠΕ, Διαστασιολόγηση και στρατηγικές ελέγχου, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ , Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Σιώρας Π., 2005. Διαχείριση υδατικών πόρων και κάλυψη του υδατικού ελλείματος των άνυδρων νησιών του Αιγαίου, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών ‘Επιστήμη και Τεχνολογία των Υδατικών Πόρων’, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Σαμπατακάκης Π., 2001. Υπόγεια νερά – Το παρόν και το μέλλον στα νησιά του Αιγαίου, Συμπόσιο «Αιγαίο – νερό – βιώσιμη ανάπτυξη» ,Υπουργείο Αιγαίου
- Σούλιος Γ., 1986. Γενική Υδρογεωλογία, Πρώτος Τόμος, Θεσσαλονίκη

- Σούλιος Γ., 2006. Γενική Υδρογεωλογία, Τέταρτος Τόμος, ζ. Ποιότητα Υπόγειου Νερού, η. Ρύπανση – Μόλυνση Υπόγειου Νερού, Εκδοτικός Οίκος Αφ.Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη
- Σπύρου Ι., 2009. Ανάπτυξη Αλγορίθμου για Προσομοίωση και Βέλτιστο Σχεδιασμό, Αυτόνομου Συστήματος Αφαλάτωσης Τροφοδοτούμενο από Υβριδικό Σύστημα Α.Π.Ε. με Αντλησιοταμίευση, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Ρευστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2002. Δημιουργία Συστήματος Παροχής Υπηρεσιών Ύδρευσης Αποχέτευσης στα Νησιά των Κυκλάδων, Αθήνα
- Τσακίρης Γ., 1995. Υδατικοί Πόροι-Τεχνική Υδρολογία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- ΥΠΑΝ, ΙΓΜΕ, ΕΜΠ, ΚΕΠΕ, 2008. Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- ΥΠΑΝ, ΙΓΜΕ, ΕΜΠ, ΚΕΠΕ, 2003. Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας, Υπουργείο Ανάπτυξης – Διεύθυνση Υδατικού δυναμικού και φυσικών πόρων, Αθήνα
- Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών Πόρων, 1984. “Θερμομεταλλικές Πηγές της Χώρας”, Αθήνα
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2006. Τα Φράγματα και οι Λιμνοδεξαμενές του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, Β’ Έκδοση-Νέα Έργα, Ειδική γραμματεία Γ’ Κ.Π.Σ
- Υφαντής Ν.Δ., Υφαντής Δ.Κ., 2008. Σχεδιασμός και Λειτουργία Μονάδας Αφαλάτωσης με Αντίστροφη Όσμωση Υψηλής Απόδοσης και Φιλικής Προς το Περιβάλλον, SYCHEM Α.Ε., Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας ΙΙΙ Επιστήμη και Τεχνική των Υλικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

### Διεθνής Βιβλιογραφία

- Assimacopoulos D., Zervos A., 2000. Estimating the Cost of Water Produced by RES powered Desalination Systems, Mediterranean Conference on Renewable Energy Sources for Water Production, Santorini, Greece

- Kaldellis J.K., Kondili E.M., 2007, "The water shortage problem in the Aegean Archipelago islands: cost-effective desalination prospects", *Desalination*, Vol.216(1-3), pp.123-138.
- Keiter M., Tomaschek F. & Ballhaus C., 2008. The structural evolution of Kythnos Island (Cyclades, Greece) a reconnaissance. *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 159/3, p.513 – 520
- **EEA**, 2004. Corine land cover 2000 (CLC 2000). European Environmental Agency
- **Smeth J.** (1973): Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Ν. Κύθνος, κλ. 1:50.000, Ι.Γ.Μ.Ε.

### Διαδικτυακοί Ιστοί

- <http://www.e-telescope.gr>
- <http://www.ergon-energia.gr>
- <http://ecoanemos.wordpress.com>
- <http://news.kathimerini.gr/>
- <http://www.geo.auth.gr/763/ch6.htm>
- [http://www.enthesis.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=569:enthesis7956&catid=10:water&Itemid=4](http://www.enthesis.net/index.php?option=com_content&view=article&id=569:enthesis7956&catid=10:water&Itemid=4)
- [http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros\\_papers/sampatakakis.pdf](http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/sampatakakis.pdf)
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%AC%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7>
- [www.iama.gr](http://www.iama.gr)
- [www.kythnos.gr](http://www.kythnos.gr)
- [http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=667.](http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=667)
- <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/>
- [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

- [http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA\\_1.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_1.pdf)
- [http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA\\_3.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_3.pdf)
- [www.eyath.gr](http://www.eyath.gr)
- <http://el.wikipedia.org>
- [www.ekke.gr](http://www.ekke.gr)
  
- [www.ecofinder.gr](http://www.ecofinder.gr)

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.2.1: Αντιπροσωπευτικές ημερήσιες διανομές ζήτησης νερού στις διάφορες εποχές του έτους για απομονωμένο νησί του Αιγαίου .....	21
Εικόνα 1.2.2: Δείκτης κατανάλωσης νερού στο Αιγαίο .....	21
Εικόνα 1.2.1.1: Εποχιακή διακύμανση στις εισαγόμενες ποσότητες νερού το 1998 και 2005 στις Κυκλάδες .....	25
Εικόνα 1.2.2.1: Χάρτης Υφαλμύρωσης Ελλάδας .....	29
Εικόνα 1.2.4.1: Χάρτης με τα κατασκευασμένα Φράγματα και Λιμνοδεξαμενές του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων .....	35
Εικόνα 1.2.5.1 :Παραγωγή αφαλατωμένου νερού στην Ελλάδα.....	41
Εικόνα 1.2.5.2: Η «Υδριάδα», η πρώτη παγκοσμίως πλωτή μονάδα αφαλάτωσης ...	44
Εικόνα 2.1.1 :Η θέση της νήσου Κύθνου στις Κυκλάδες.....	46
Εικόνα 2.1.1: Ραβδόγραμμα πυκνότητας πληθυσμού ανά έτος απογραφής.....	49
Εικόνα 2.1.2: Διάγραμμα τάσης πληθυσμού .....	49
Εικόνα 2.1.3: Ηλικιακή κατανομή το 2001 .....	50
Εικόνα 2.2.1: Χάρτης τοπογραφικός νήσου Κύθνου.....	51
Εικόνα 2.2.2: Χάρτης μορφολογικών κλίσεων νήσου Κύθνου .....	53
Εικόνα 2.2.3: Χάρτης υψομετρικών ζωνών νήσου Κύθνου .....	54
Εικόνα 2.3.1: Χάρτης γεωλογικός νήσου Κύθνου) .....	57
Εικόνα 2.3.2: Γεωλογικές τομές νήσου Κύθνου.....	58
Εικόνα 2.4.1: Χάρτης Υδρογραφικού δικτύου Κύθνου.....	59
Εικόνα 2.5.1: Διάγραμμα ποσοστών χρήσεων γης νήσου Κύθνου (Corine 2000).....	61
Εικόνα 2.5.2: Χάρτης χρήσεων γης νήσου Κύθνου (Corine 2000).....	61
Εικόνα 3.3.1: Χάρτης υδροσημείων νήσου Κύθνου.....	76
Εικόνα 3.3.2: Διάγραμμα κατανομής υδρομαστευτικών έργων ανά υδροφορέα .....	77
Εικόνα 3.3.3: Διάγραμμα απόλυτων υψομέτρων γεωτρήσεων νήσου Κύθνου .....	78
Εικόνα 3.3.4: Διάγραμμα απόλυτων υψομέτρων φρεάτων νήσου Κύθνου.....	79
Εικόνα 4.1.1: Θερμομεταλλικές πηγές στην Ελλάδα .....	84
Εικόνα 4.2.2: Νερό ιαματικής πηγής Αγίων Αναργύρων και ιαματικής πηγής Κάκκαβου .....	91
Εικόνα 4.2.3: Το ξενοδοχείο ΞΕΝΙΑ και οι εγκαταστάσεις των ιαματικών λουτρών στα Λουτρά Κύθνου.....	93
Εικόνα 5.2.1:Διάγραμμα μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης για τα έτη 2008-2013 μετεωρολογικού σταθμού Κέας.....	98
Εικόνα 5.2.2: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης μετεωρολογικού σταθμού Κέας .....	98
Εικόνα 5.2.3: Διάγραμμα εποχικής κατανομής βροχοπτώσεων μετεωρολογικού σταθμού Κέας .....	99

Εικόνα 5.3.1: Διάγραμμα μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας του αέρα (°C) για τα έτη 2008-2013 μετεωρολογικού σταθμού Κέας.....	100
Εικόνα 5.3.2: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας του αέρα (oC) μετεωρολογικού σταθμού Κέας.....	101
Εικόνα 5.3.3: Ομβροθερμικό διάγραμμα μετεωρολογικού σταθμού Κέας (2008-2013) .....	102
Εικόνα 5.4.1.1: Απλοποιημένη γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου.....	103
Εικόνα 5.4.5.1.1: Διάγραμμα μηνιαίας δυναμικής εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Thornthwaite για το μετεωρολογικό σταθμό Κέας με το λογισμικό “Υδρογνώμων” .....	112
Εικόνα 5.4.5.2.1. : Διάγραμμα υδατικού ισοζυγίου στο μετεωρολογικό σταθμό της Κέας. ....	117
Εικόνα 6.3.1: Χάρτης υδροσημείων νήσου Κύθνου.....	137
Εικόνα 6.3.2: Γραμμική σχέση ηλεκτρικής αγωγιμότητας-χλωριόντων .....	140
Εικόνα 6.3.3: Αναλογική πορεία ηλεκτρικής αγωγιμότητας –χλωριόντων.....	140
Εικόνα 6.3.4: Σχέση διαλυμένων στερεών-ηλεκτρικής αγωγιμότητας δειγμάτων νερού .....	145
Εικόνα 6.3.1.1: Χάρτης χωρικής κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας δειγμάτων. ....	147
Εικόνα 6.4.1.1: Διάγραμμα Piper – Ταξινόμηση υπόγειου νερού .....	160
Εικόνα 6.4.1.2: Διάγραμμα Piper – Ταξινόμηση υπόγειου νερού δειγμάτων Κύθνου .....	161
Εικόνα 6.4.2.1: Διάγραμμα Durov .....	166
Εικόνα 6.4.2.2: Διάγραμμα Durov δειγμάτων Κύθνου .....	166
Εικόνα 6.4.3.1: Διάγραμμα Ludwig Langelier .....	168
Εικόνα 6.4.3.2: Διάγραμμα Ludwig Langelier δειγμάτων Κύθνου .....	169
Εικόνα 6.4.4.1: Διάγραμμα Wilcox .....	170
Εικόνα 6.4.5.1: Διάγραμμα Schoeller δειγμάτων Κύθνου.....	173



## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.2.1.1: Μεταβολή κόστους μονάδας μεταφερόμενου νερού στις Κυκλάδες και στα Δωδεκάνησα .....	24
Πίνακας 1.2.1.2: Μεταφερόμενες ποσότητες και τα αντίστοιχα κόστη νερού στα νησιά του Αιγαίου .....	27
Πίνακας 1.2.2.1: Πόροι και μέθοδοι κάλυψης υδατικών αναγκών .....	30
Πίνακας 1.2.5.1 :Σημαντικότερες μονάδες αφαλάτωσης στην Ελλάδα .....	40
Πίνακας 2.1.1: Οι οικισμοί και οι νησίδες που αποτελούν το δήμο Κύθνου .....	47
Πίνακας 2.1.2: Ο πληθυσμός των οικισμών που αποτελούν το δήμο Κύθνου.....	48
Πίνακας 3.3.1: Συντεταγμένες ,συμβολισμός ,σκοπός χρήσης υδροσημείων και γεωλογικό περιβάλλον περιοχής.....	74
Πίνακας 4.2.1: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερού ιαματικών πηγών νήσου Κύθνου.....	89
Πίνακας 4.2.2: Συμβολισμός και συντεταγμένες ιαματικών πηγών νήσου Κύθνου ...	89
Πίνακας 5.2.1: Μηνιαίες και μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης στο μετεωρολογικό σταθμό της Κέας.....	97
Πίνακας 5.3.1: Μηνιαίες και μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας του αέρα (°C) στο μετεωρολογικό σταθμό της Κέας.....	100
Πίνακας 5.4.5.1.1: Μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm με τη μέθοδο Thornthwaite για το μετεωρολογικό σταθμό Κέας.....	111
Πίνακας 5.4.5.2.1 :Υδατικό ισοζύγιο κατά Thornthwaite στο μετεωρολογικό σταθμό Κέας. ....	116
Πίνακας 5.4.5.3.1: Κατείδυση ανά γεωλογικό σχηματισμό στη λεκάνη απορροής της νήσου Κύθνου.....	120
Πίνακας 5.4.5.3.2: Όγκοι νερού και ποσοστό νερού ανά παράμετρο υδατικού ισοζυγίου στη λεκάνη απορροής της νήσου Κύθνου.....	120
Πίνακας 6.1.1.1: Σταθερότυπα των κύριων χημικών συστατικών, δεικτών και φυσικών μεγεθών για το πόσιμο νερό .....	132
Πίνακας 6.3.1: Συμβολισμοί και συντεταγμένες υδροσημείων.....	136
Πίνακας 6.3.2: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερού.....	138
Πίνακας 6.3.3: Ολική σκληρότητα και περιεκτικότητα δειγμάτων σε διαλυμένα στερεά .....	143
Πίνακας 6.3.4: Χαρακτηρισμός νερού βάσει σκληρότητας .....	144
Πίνακας 6.3.2.1: Ιοντικοί λόγοι .....	155
Πίνακας 6.3.2.2: Ιοντικοί λόγοι δειγμάτων υδροσημείων Κύθνου .....	155
Πίνακας 6.3.2.3: Αποτελέσματα για το σύνολο των δειγμάτων βάσει των ιοντικών λόγων .....	157
Πίνακας 6.4.1.1: Χημικοί τύποι νερού δειγμάτων Κύθνου .....	161
Πίνακας 7.1.1.1:Καταναλώσεις ύδρευσης για τον μόνιμο και τον εποχικό πληθυσμό της νήσου Κύθνου για το έτος 2012 .....	177

Πίνακας 7.1.1.2: Κλιμακωτή χρέωση νερού για οικιακή χρήση στη νήσο Κύθνο....	179
Πίνακας 7.1.1.3 : Πληθυσμοί κτηνοτροφικών-πτηνοτροφικών μονάδων στο δήμο Κύθνου .....	180
Πίνακας 7.1.1.4: Καταναλώσεις ανά κατηγορία ζώων.....	180
Πίνακας 7.1.1.5: Ανάγκες ύδρευσης στο κλάδο της κτηνοτροφίας.....	180
Πίνακας 7.1.1.6: Κατανάλωση νερού ανά παραγωγικό κλάδο.....	181
Πίνακας 7.1.1.7: Ετήσιες Ανάγκες Νερού ανά Είδος Καλλιέργειας, ανά Δήμο .....	182
Πίνακας 7.1.1.8: Ετήσιες ανάγκες νερού ανά είδος κατανάλωσης .....	183

## *ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ*

## Αποτελέσματα Aqua Chem

### Sample Summary Report

Sample ID	Drill
	Ag.Marina
Sample Date	
Station	Merixas
Location	
Geology	
Watertype	Na-Ca-Mg-HCO3-Cl
Temperature (°C)	23,20
pH	7,36
Conductivity	1419,00 uS/cm

Sum of Anions	13,73 meq/L
Sum of Cations	14,15 meq/L
Balance	1,52 %

Total dissolved solids	949,84 mg/L
Total hardness	352,13 mg/l CaCO3
Alkalinity	304,19 mg/l CaCO3

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	156,00	6,79	6,79
K	13,00	0,332	0,332
Ca	73,69	1,84	3,68
Mg	40,82	1,68	3,36
Cl	206,00	5,81	5,81
SO4	84,85	0,88	1,77
NO3	4,60	0,07	0,07
HCO3	370,88	6,08	6,08

Ratios	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1,81	1,09	0.319	0.194
Ca/SO4	0,87	2,08	0.152	0.364
Na/Cl	0,76	1,17	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Drill elikodromio			
Sample Date				
Station	Xwra			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	26,50			
pH	7,42			
Conductivity	1564,00 uS/cm			
Sum of Anions	15,04	meq/L		
Sum of Cations	12,66	meq/L		
Balance	-8,61	%		
Total dissolved solids	977,27	mg/L		
Total hardness	320,07	mg/l CaCO3		
Alkalinity	268,17	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	136,00	5,92	5,92	
K	13,50	0,345	0,345	
Ca	102,52	2,56	5,12	
Mg	15,55	0,64	1,28	
Cl	248,00	7,00	7,00	
SO4	109,64	1,14	2,28	
NO3	25,10	0,40	0,40	
HCO3	326,96	5,36	5,36	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6,59	4,00	0.319	0.194
Ca/SO4	0,94	2,24	0.152	0.364
Na/Cl	0,55	0,85	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Drill Giannoulis			
Sample Date				
Station	Merixas			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Cl			
Temperature (°C)	29,00			
pH	7,21			
Conductivity	3700,00	uS/cm		
Sum of Anions	34,48	meq/L		
Sum of Cations	35,44	meq/L		
Balance	1,37	%		
Total dissolved solids	2154,03	mg/L		
Total hardness	680,25	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Alkalinity	268,17	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	487,50	21,21	21,21	
K	25,00	0,639	0,639	
Ca	160,19	4,00	7,99	
Mg	68,04	2,80	5,60	
Cl	896,00	25,27	25,27	
SO <sub>4</sub>	165,24	1,72	3,44	
NO <sub>3</sub>	25,10	0,40	0,40	
HCO <sub>3</sub>	326,96	5,36	5,36	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,35	1,43	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	0,97	2,32	0.152	0.364
Na/Cl	0,54	0,84	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Drill gipedo			
Sample Date				
Station	Merixas			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	23,80			
pH	7,21			
Conductivity	2450,00 uS/cm			
Sum of Anions	22,08	meq/L		
Sum of Cations	24,29	meq/L		
Balance	4,78	%		
Total dissolved solids	1461,10	mg/L		
Total hardness	464,16	mg/l CaCO3		
Alkalinity	268,17	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	335,00	14,57	14,57	
K	17,50	0,448	0,448	
Ca	102,52	2,56	5,12	
Mg	50,54	2,08	4,16	
Cl	499,00	14,08	14,08	
SO4	117,58	1,22	2,45	
NO3	12,00	0,19	0,19	
HCO3	326,96	5,36	5,36	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,03	1,23	0.319	0.194
Ca/SO4	0,87	2,09	0.152	0.364
Na/Cl	0,67	1,04	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:



## Sample Summary Report

Sample ID Drill Loutra  
 Sample Date  
 Station Loutra  
 Location  
 Geology  
 Watertype Ca-Na-HCO3-Cl  
 Temperature (°C) 24,10  
 pH 7,09  
 Conductivity 1533,00 uS/cm

Sum of Anions 15,23 meq/L  
 Sum of Cations 13,45 meq/L  
 Balance -6,19 %

Total dissolved solids 1025,78 mg/L  
 Total hardness 360,09 mg/l CaCO3  
 Alkalinity 314,19 mg/l CaCO3

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	138,00	6,00	6,00
K	10,00	0,256	0,256
Ca	131,36	3,28	6,56
Mg	7,78	0,32	0,64
Cl	215,00	6,06	6,06
SO4	131,56	1,37	2,74
NO3	9,00	0,15	0,15
HCO3	383,08	6,28	6,28

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	16,88	10,24	0.319	0.194
Ca/SO4	1,00	2,39	0.152	0.364
Na/Cl	0,64	0,99	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Reservoir			
	Anw kanalas			
Sample Date				
Station	Kanala			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Mg-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	24,40			
pH	7,91			
Conductivity	1262,00	uS/cm		
Sum of Anions	12,91	meq/L		
Sum of Cations	12,20	meq/L		
Balance	-2,85	%		
Total dissolved solids	863,98	mg/L		
Total hardness	312,12	mg/l CaCO3		
Alkalinity	291,18	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	130,00	5,65	5,65	
K	12,00	0,307	0,307	
Ca	70,48	1,76	3,52	
Mg	33,05	1,36	2,72	
Cl	223,00	6,29	6,29	
SO4	32,43	0,34	0,68	
NO3	8,00	0,13	0,13	
HCO3	355,02	5,82	5,82	
Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,13	1,29	0.319	0.194
Ca/SO4	2,17	5,21	0.152	0.364
Na/Cl	0,58	0,90	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Reservoir			
	Ag.Dimitrios			
Sample Date				
Station	Ag.Dimitrios			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Mg-Ca-Cl			
Temperature (°C)	24,90			
pH	7,20			
Conductivity	11470,00 uS/cm			
Sum of Anions	113,51	meq/L		
Sum of Cations	99,74	meq/L		
Balance	-6,46	%		
Total dissolved solids	6282,55	mg/L		
Total hardness	2296,99	mg/l CaCO3		
Alkalinity	205,13	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	1202,50	52,31	52,31	
K	60,00	1,535	1,535	
Ca	454,95	11,35	22,70	
Mg	281,88	11,60	23,20	
Cl	3452,00	97,37	97,37	
SO4	568,12	5,92	11,84	
NO3	13,00	0,21	0,21	
HCO3	250,10	4,10	4,10	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1,61	0,98	0.319	0.194
Ca/SO4	0,80	1,92	0.152	0.364
Na/Cl	0,35	0,54	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Reservoir episkopis			
Sample Date				
Station	Episkopi			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	26,20			
pH	7,50			
Conductivity	1590,00 uS/cm			
Sum of Anions	16,22	meq/L		
Sum of Cations	14,96	meq/L		
Balance	-4,05	%		
Total dissolved solids	1061,45	mg/L		
Total hardness	392,10	mg/l CaCO3		
Alkalinity	299,19	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	158,50	6,89	6,89	
K	9,00	0,230	0,230	
Ca	124,95	3,12	6,24	
Mg	19,44	0,80	1,60	
Cl	306,00	8,63	8,63	
SO4	72,78	0,76	1,52	
NO3	6,00	0,10	0,10	
HCO3	364,78	5,98	5,98	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6,43	3,90	0.319	0.194
Ca/SO4	1,72	4,11	0.152	0.364
Na/Cl	0,52	0,80	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

# Sample Summary Report

Sample ID	Reservoir			
	Kaminia			
Sample Date				
Station	Skulou			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Mg-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	25,80			
pH	7,47			
Conductivity	1850,00 uS/cm			
Sum of Anions	17,00	meq/L		
Sum of Cations	16,25	meq/L		
Balance	-2,26	%		
Total dissolved solids	1101,31	mg/L		
Total hardness	456,15	mg/l CaCO3		
Alkalinity	298,18	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	155,50	6,76	6,76	
K	14,50	0,371	0,371	
Ca	115,34	2,88	5,76	
Mg	40,82	1,68	3,36	
Cl	339,00	9,56	9,56	
SO4	65,79	0,69	1,37	
NO3	6,80	0,11	0,11	
HCO3	363,56	5,96	5,96	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,83	1,71	0.319	0.194
Ca/SO4	1,75	4,20	0.152	0.364
Na/Cl	0,46	0,71	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Reservoir			
	Liotrivi			
Sample Date				
Station	Kalo Livadi			
Location				
Geology				
Watertype	Ca-Na-HCO3-Cl			
Temperature (°C)	25,70			
pH	7,71			
Conductivity	1106,00 uS/cm			
Sum of Anions	10,46	meq/L		
Sum of Cations	10,01	meq/L		
Balance	-2,19	%		
Total dissolved solids	716,53	mg/L		
Total hardness	304,11	mg/l CaCO3		
Alkalinity	263,16	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	85,50	3,72	3,72	
K	8,50	0,217	0,217	
Ca	83,30	2,08	4,16	
Mg	23,33	0,96	1,92	
Cl	157,00	4,43	4,43	
SO4	34,34	0,36	0,72	
NO3	3,70	0,06	0,06	
HCO3	320,86	5,26	5,26	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3,57	2,17	0.319	0.194
Ca/SO4	2,43	5,81	0.152	0.364
Na/Cl	0,54	0,84	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

# Sample Summary Report

Sample ID Spring  
 Ag.Dimitrios  
 Saraios  
 Sample Date  
 Station Ag.Dimitrios  
 Location  
 Geology  
 Watertype Na-Ca-Cl-HCO3  
 Temperature (°C) 23,20  
 pH 7,47  
 Conductivity 1284,00 uS/cm  
 Sum of Anions 12,26 meq/L  
 Sum of Cations 11,94 meq/L  
 Balance -1,31 %

Total dissolved solids 822,51 mg/L  
 Total hardness 320,07 mg/l CaCO3  
 Alkalinity 229,14 mg/l CaCO3

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	122,50	5,33	5,33
K	8,50	0,217	0,217
Ca	102,52	2,56	5,12
Mg	15,55	0,64	1,28
Cl	215,00	6,06	6,06
SO4	72,46	0,75	1,51
NO3	6,60	0,11	0,11
HCO3	279,38	4,58	4,58

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6,59	4,00	0.319	0.194
Ca/SO4	1,41	3,39	0.152	0.364
Na/Cl	0,57	0,88	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring			
	Ag.Stefanos			
Sample Date				
Station	Ag.Stefanos			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	24,00			
pH	7,29			
Conductivity	1595,00 uS/cm			
Sum of Anions	14,72	meq/L		
Sum of Cations	13,66	meq/L		
Balance	-3,75	%		
Total dissolved solids	962,91	mg/L		
Total hardness	376,11	mg/l CaCO3		
Alkalinity	275,17	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	137,00	5,96	5,96	
K	7,10	0,182	0,182	
Ca	112,13	2,80	5,60	
Mg	23,33	0,96	1,92	
Cl	271,00	7,64	7,64	
SO4	72,15	0,75	1,50	
NO3	4,70	0,08	0,08	
HCO3	335,50	5,50	5,50	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4,81	2,91	0.319	0.194
Ca/SO4	1,55	3,72	0.152	0.364
Na/Cl	0,51	0,78	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:



## Sample Summary Report

Sample ID Spring  
 Ammoudaki  
 Sample Date  
 Station Kanala  
 Location  
 Geology  
 Watertype Na-Ca-Cl  
 Temperature (°C) 26,60  
 pH 7,69  
 Conductivity 3420,00 uS/cm

Sum of Anions 43,84 meq/L  
 Sum of Cations 32,16 meq/L  
 Balance -15,37 %

Total dissolved solids 2427,42 mg/L  
 Total hardness 800,30 mg/l CaCO<sub>3</sub>  
 Alkalinity 298,18 mg/l CaCO<sub>3</sub>

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	360,00	15,66	15,66
K	20,00	0,512	0,512
Ca	182,62	4,56	9,11
Mg	83,59	3,44	6,88
Cl	1180,00	33,28	33,28
SO <sub>4</sub>	163,05	1,70	3,40
NO <sub>3</sub>	74,60	1,20	1,20
HCO <sub>3</sub>	363,56	5,96	5,96

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,18	1,32	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	1,12	2,68	0.152	0.364
Na/Cl	0,31	0,47	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring			
	Aousas			
Sample Date				
Station	Aousa			
Location				
Geology				
Watertype	Ca-Na-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	24,00			
pH	7,74			
Conductivity	1356,00 uS/cm			
Sum of Anions	12,47	meq/L		
Sum of Cations	11,82	meq/L		
Balance	-2,67	%		
Total dissolved solids	833,31	mg/L		
Total hardness	344,07	mg/l CaCO3		
Alkalinity	257,16	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	109,50	4,76	4,76	
K	7,10	0,182	0,182	
Ca	112,13	2,80	5,60	
Mg	15,55	0,64	1,28	
Cl	219,00	6,18	6,18	
SO4	51,49	0,54	1,07	
NO3	5,00	0,08	0,08	
HCO3	313,54	5,14	5,14	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	7,21	4,37	0.319	0.194
Ca/SO4	2,18	5,22	0.152	0.364
Na/Cl	0,50	0,77	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring Asteras			
Sample Date				
Station	Xwra			
Location				
Geology				
Watertype	Ca-Na-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	24,50			
pH	7,30			
Conductivity	1535,00 uS/cm			
Sum of Anions	13,87	meq/L		
Sum of Cations	12,68	meq/L		
Balance	-4,50	%		
Total dissolved solids	903,69	mg/L		
Total hardness	344,06	mg/l CaCO3		
Alkalinity	243,15	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	129,00	5,61	5,61	
K	7,50	0,192	0,192	
Ca	118,54	2,96	5,92	
Mg	11,66	0,48	0,96	
Cl	267,00	7,53	7,53	
SO4	62,93	0,66	1,31	
NO3	10,60	0,17	0,17	
HCO3	296,46	4,86	4,86	
Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	10,17	6,17	0.319	0.194
Ca/SO4	1,88	4,51	0.152	0.364
Na/Cl	0,48	0,75	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring Fe-kakavos			
Sample Date				
Station	Loutra-iamatikes			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Cl			
Temperature (°C)	41,20			
pH	6,55			
Conductivity	54000,00	uS/cm		
Sum of Anions	549,09	meq/L		
Sum of Cations	545,52	meq/L		
Balance	-0,33	%		
Total dissolved solids	32059,51	mg/L		
Total hardness	4961,21	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Alkalinity	339,21	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	9980,00	434,11	434,11	
K	480,00	12,277	12,277	
Ca	1649,98	41,17	82,34	
Mg	204,12	8,40	16,80	
Cl	18930,00	533,95	533,95	
SO <sub>4</sub>	399,73	4,16	8,33	
NO <sub>3</sub>	2,10	0,03	0,03	
HCO <sub>3</sub>	413,58	6,78	6,78	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	8,08	4,90	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	4,13	9,89	0.152	0.364
Na/Cl	0,53	0,81	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring Flabouria			
Sample Date				
Station	Flabouria			
Location				
Geology				
Watertype	Ca-Na-HCO3-Cl			
Temperature (°C)	23,50			
pH	7,84			
Conductivity	1100,00 uS/cm			
Sum of Anions	10,35	meq/L		
Sum of Cations	10,71	meq/L		
Balance	1,75	%		
Total dissolved solids	724,79	mg/L		
Total hardness	312,11	mg/l CaCO3		
Alkalinity	237,15	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	99,00	4,31	4,31	
K	6,70	0,171	0,171	
Ca	96,12	2,40	4,80	
Mg	17,50	0,72	1,44	
Cl	153,00	4,32	4,32	
SO4	57,53	0,60	1,20	
NO3	5,80	0,09	0,09	
HCO3	289,14	4,74	4,74	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5,49	3,33	0.319	0.194
Ca/SO4	1,67	4,00	0.152	0.364
Na/Cl	0,65	1,00	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring Lefkes			
Sample Date				
Station	Lefkes			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Cl-HCO <sub>3</sub>			
Temperature (°C)	21,00			
pH	7,35			
Conductivity	1543,00 uS/cm			
Sum of Anions	14,64	meq/L		
Sum of Cations	14,84	meq/L		
Balance	0,68	%		
Total dissolved solids	991,26	mg/L		
Total hardness	408,12	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Alkalinity	224,14	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	147,00	6,39	6,39	
K	11,50	0,294	0,294	
Ca	121,75	3,04	6,08	
Mg	25,27	1,04	2,08	
Cl	245,00	6,91	6,91	
SO <sub>4</sub>	117,26	1,22	2,44	
NO <sub>3</sub>	50,20	0,81	0,81	
HCO <sub>3</sub>	273,28	4,48	4,48	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	4,82	2,92	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	1,04	2,49	0.152	0.364
Na/Cl	0,60	0,93	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring Mathia			
Sample Date				
Station	Lefkes			
Location				
Geology				
Watertype	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>			
Temperature (°C)	23,00			
pH	7,46			
Conductivity	1292,00	uS/cm		
Sum of Anions	11,48	meq/L		
Sum of Cations	12,62	meq/L		
Balance	4,73	%		
Total dissolved solids	810,24	mg/L		
Total hardness	376,06	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Alkalinity	217,13	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	114,50	4,98	4,98	
K	4,80	0,123	0,123	
Ca	140,97	3,52	7,03	
Mg	5,83	0,24	0,48	
Cl	195,00	5,50	5,50	
SO <sub>4</sub>	58,80	0,61	1,23	
NO <sub>3</sub>	25,60	0,41	0,41	
HCO <sub>3</sub>	264,74	4,34	4,34	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	24,18	14,66	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	2,40	5,74	0.152	0.364
Na/Cl	0,59	0,91	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Spring			
Sample Date				
Station	Xwra			
Location				
Geology				
Watertype	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>			
Temperature (°C)	23,50			
pH	7,17			
Conductivity	1625,00 uS/cm			
Sum of Anions	14,67	meq/L		
Sum of Cations	15,42	meq/L		
Balance	2,50	%		
Total dissolved solids	1021,52	mg/L		
Total hardness	432,12	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Alkalinity	258,16	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	149,00	6,48	6,48	
K	12,00	0,307	0,307	
Ca	131,36	3,28	6,56	
Mg	25,27	1,04	2,08	
Cl	228,00	6,43	6,43	
SO <sub>4</sub>	102,33	1,07	2,13	
NO <sub>3</sub>	58,80	0,95	0,95	
HCO <sub>3</sub>	314,76	5,16	5,16	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5,20	3,15	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	1,28	3,07	0.152	0.364
Na/Cl	0,65	1,01	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:



## Sample Summary Report

Sample ID	Spring- iamatiki-			
Sample Date				
Station	Loutra-iamatikes			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Cl			
Temperature (°C)	35,50			
pH	7,05			
Conductivity	32000,00	uS/cm		
Sum of Anions	381,25	meq/L		
Sum of Cations	449,08	meq/L		
Balance	8,17	%		
Total dissolved solids	23966,30	mg/L		
Total hardness	3120,86	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Alkalinity	336,21	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	8620,00	374,95	374,95	
K	460,00	11,765	11,765	
Ca	961,15	23,98	47,96	
Mg	174,96	7,20	14,40	
Cl	13120,00	370,07	370,07	
SO <sub>4</sub>	192,57	2,01	4,01	
NO <sub>3</sub>	27,70	0,45	0,45	
HCO <sub>3</sub>	409,92	6,72	6,72	
Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5,49	3,33	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	4,99	11,96	0.152	0.364
Na/Cl	0,66	1,01	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID Well  
 Sample Date  
 Station Flabouria  
 Location  
 Geology  
 Watertype Ca-Na-Cl-HCO<sub>3</sub>  
 Temperature (°C) 21,70  
 pH 7,30  
 Conductivity 2110,00 uS/cm

Sum of Anions 19,38 meq/L  
 Sum of Cations 18,85 meq/L  
 Balance -1,40 %

Total dissolved solids 1254,45 mg/L  
 Total hardness 496,10 mg/l CaCO<sub>3</sub>  
 Alkalinity 275,17 mg/l CaCO<sub>3</sub>

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	199,50	8,68	8,68
K	10,10	0,258	0,258
Ca	182,62	4,56	9,11
Mg	9,72	0,40	0,80
Cl	425,00	11,99	11,99
SO <sub>4</sub>	87,71	0,91	1,83
NO <sub>3</sub>	4,30	0,07	0,07
HCO <sub>3</sub>	335,50	5,50	5,50

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	18,79	11,39	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	2,08	4,99	0.152	0.364
Na/Cl	0,47	0,72	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Well kanalas			
Sample Date				
Station	Kanala			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Mg-Cl			
Temperature (°C)	25,10			
pH	6,73			
Conductivity	7920,00	uS/cm		
Sum of Anions	76,28	meq/L		
Sum of Cations	74,54	meq/L		
Balance	-1,16	%		
Total dissolved solids	4397,66	mg/L		
Total hardness	1920,71	mg/l CaCO3		
Alkalinity	211,13	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	822,50	35,78	35,78	
K	15,00	0,384	0,384	
Ca	464,56	11,59	23,18	
Mg	184,68	7,60	15,20	
Cl	2290,00	64,59	64,59	
SO4	341,90	3,56	7,12	
NO3	21,60	0,35	0,35	
HCO3	257,42	4,22	4,22	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	2,52	1,53	0.319	0.194
Ca/SO4	1,36	3,25	0.152	0.364
Na/Cl	0,36	0,55	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Well kouri			
Sample Date				
Station	Kouri			
Location				
Geology				
Watertype	Ca-Na-Cl-HCO <sub>3</sub>			
Temperature (°C)	25,50			
pH	7,13			
Conductivity	1516,00	uS/cm		
Sum of Anions	14,01	meq/L		
Sum of Cations	13,54	meq/L		
Balance	-1,71	%		
Total dissolved solids	925,04	mg/L		
Total hardness	408,11	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Alkalinity	251,16	mg/l CaCO <sub>3</sub>		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	120,50	5,24	5,24	
K	5,60	0,143	0,143	
Ca	134,56	3,36	6,71	
Mg	17,50	0,72	1,44	
Cl	262,00	7,39	7,39	
SO <sub>4</sub>	70,56	0,74	1,47	
NO <sub>3</sub>	8,10	0,13	0,13	
HCO <sub>3</sub>	306,22	5,02	5,02	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	7,69	4,66	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	1,91	4,57	0.152	0.364
Na/Cl	0,46	0,71	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID Well Lefkes 1  
 Sample Date  
 Station Lefkes  
 Location  
 Geology  
 Watertype Ca-Na-Cl-HCO<sub>3</sub>  
 Temperature (°C) 23,50  
 pH 7,24  
 Conductivity 1504,00 uS/cm

Sum of Anions 15,07 meq/L  
 Sum of Cations 15,01 meq/L  
 Balance -0,18 %

Total dissolved solids 1028,98 mg/L  
 Total hardness 408,06 mg/l CaCO<sub>3</sub>  
 Alkalinity 305,19 mg/l CaCO<sub>3</sub>

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	153,50	6,68	6,68
K	7,10	0,182	0,182
Ca	153,78	3,84	7,67
Mg	5,83	0,24	0,48
Cl	266,00	7,50	7,50
SO <sub>4</sub>	68,97	0,72	1,44
NO <sub>3</sub>	1,70	0,03	0,03
HCO <sub>3</sub>	372,10	6,10	6,10

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	26,38	16,00	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	2,23	5,34	0.152	0.364
Na/Cl	0,58	0,89	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID Well Lefkes 2  
 Sample Date  
 Station Lefkes  
 Location  
 Geology  
 Watertype Na-Ca-Cl-HCO<sub>3</sub>  
 Temperature (°C) 21,80  
 pH 7,30  
 Conductivity 1890,00 uS/cm

Sum of Anions 17,84 meq/L  
 Sum of Cations 18,08 meq/L  
 Balance 0,69 %

Total dissolved solids 1210,69 mg/L  
 Total hardness 480,12 mg/l CaCO<sub>3</sub>  
 Alkalinity 339,21 mg/l CaCO<sub>3</sub>

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	192,50	8,37	8,37
K	4,60	0,118	0,118
Ca	153,78	3,84	7,67
Mg	23,33	0,96	1,92
Cl	307,00	8,66	8,66
SO <sub>4</sub>	112,50	1,17	2,34
NO <sub>3</sub>	3,40	0,05	0,05
HCO <sub>3</sub>	413,58	6,78	6,78

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	6,59	4,00	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	1,37	3,27	0.152	0.364
Na/Cl	0,63	0,97	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID Well Loutra  
 Sample Date  
 Station Loutra  
 Location  
 Geology  
 Watertype Ca-Na-Cl-HCO<sub>3</sub>  
 Temperature (°C) 29,50  
 pH 7,35  
 Conductivity 1219,00 uS/cm

Sum of Anions 11,44 meq/L  
 Sum of Cations 11,91 meq/L  
 Balance 2,01 %

Total dissolved solids 811,02 mg/L  
 Total hardness 360,10 mg/l CaCO<sub>3</sub>  
 Alkalinity 213,13 mg/l CaCO<sub>3</sub>

Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l
Na	102,50	4,46	4,46
K	10,00	0,256	0,256
Ca	121,75	3,04	6,08
Mg	13,61	0,56	1,12
Cl	157,00	4,43	4,43
SO <sub>4</sub>	83,90	0,87	1,75
NO <sub>3</sub>	62,40	1,01	1,01
HCO <sub>3</sub>	259,86	4,26	4,26

Ratios	Comparison to Seawater			
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	8,95	5,43	0.319	0.194
Ca/SO <sub>4</sub>	1,45	3,48	0.152	0.364
Na/Cl	0,65	1,01	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:

## Sample Summary Report

Sample ID	Well rema tis kuras			
Sample Date				
Station	Episkopi			
Location				
Geology				
Watertype	Na-Ca-Cl-HCO3			
Temperature (°C)	22,60			
pH	7,67			
Conductivity	1680,00 uS/cm			
Sum of Anions	15,86	meq/L		
Sum of Cations	16,17	meq/L		
Balance	0,96	%		
Total dissolved solids	1076,76	mg/L		
Total hardness	440,11	mg/l CaCO3		
Alkalinity	312,19	mg/l CaCO3		
Major ion composition	mg/l	mmol/l	meq/l	
Na	165,50	7,20	7,20	
K	7,00	0,179	0,179	
Ca	134,56	3,36	6,71	
Mg	25,27	1,04	2,08	
Cl	280,00	7,90	7,90	
SO4	80,09	0,83	1,67	
NO3	3,70	0,06	0,06	
HCO3	380,64	6,24	6,24	
Ratios			Comparison to Seawater	
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Ca/Mg	5,32	3,23	0.319	0.194
Ca/SO4	1,68	4,02	0.152	0.364
Na/Cl	0,59	0,91	0.556	0.858
Cl/Br			287	648

DESCRIPTION:PROJECT:PROJECT NO:CLIENT:DATE:



## Φωτογραφικό υλικό



Εικόνα 1: Μακρινή άποψη του ρέματος της κυράς



Εικόνα 2: Παραδοσιακό πλυσταριό στην πηγή Λεύκες



Εικόνα 3: Πηγή Λεύκες



Εικόνα 4: Πηγή Μαθιά



Εικόνα 5: Πηγή Φλαμούρια



Εικόνα 6: Δειγματοληψία από την Πηγή Άουσα



Εικόνα 7: Δειγματοληψία από την Πηγή Άγιος Στέφανος



Εικόνα 8: Πηγή Άγιος Στέφανος



Εικόνα 9 : Πηγάδι Λουτρά

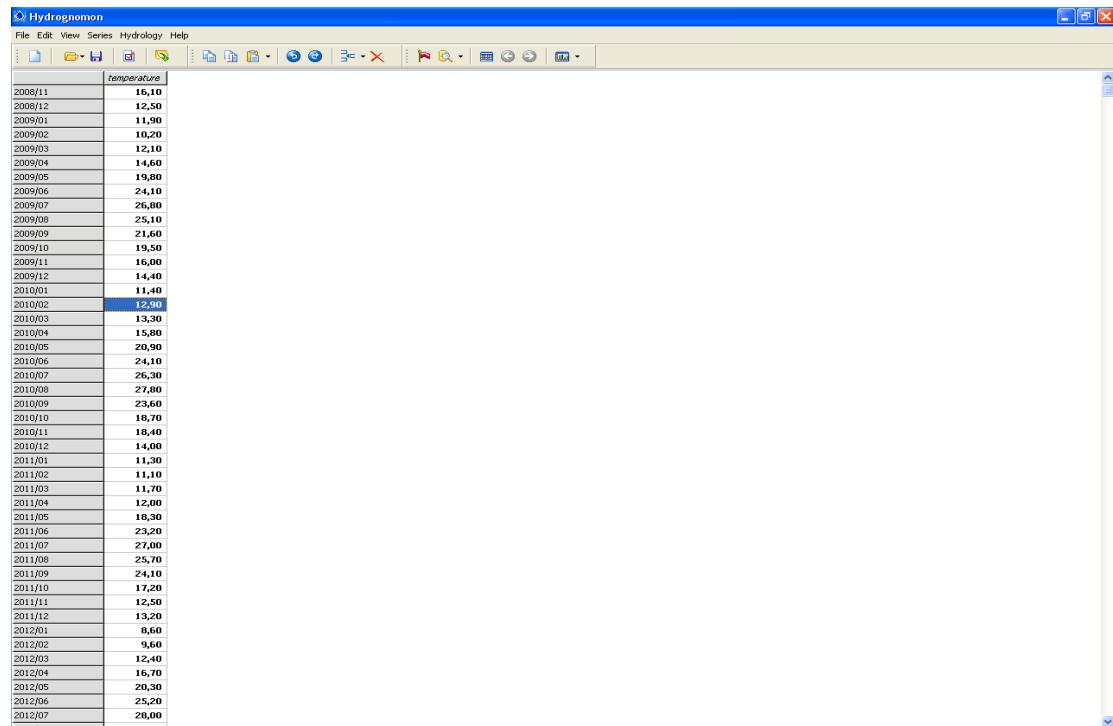


Εικόνα 10 : Γεώτρηση Ελικοδρόμιο



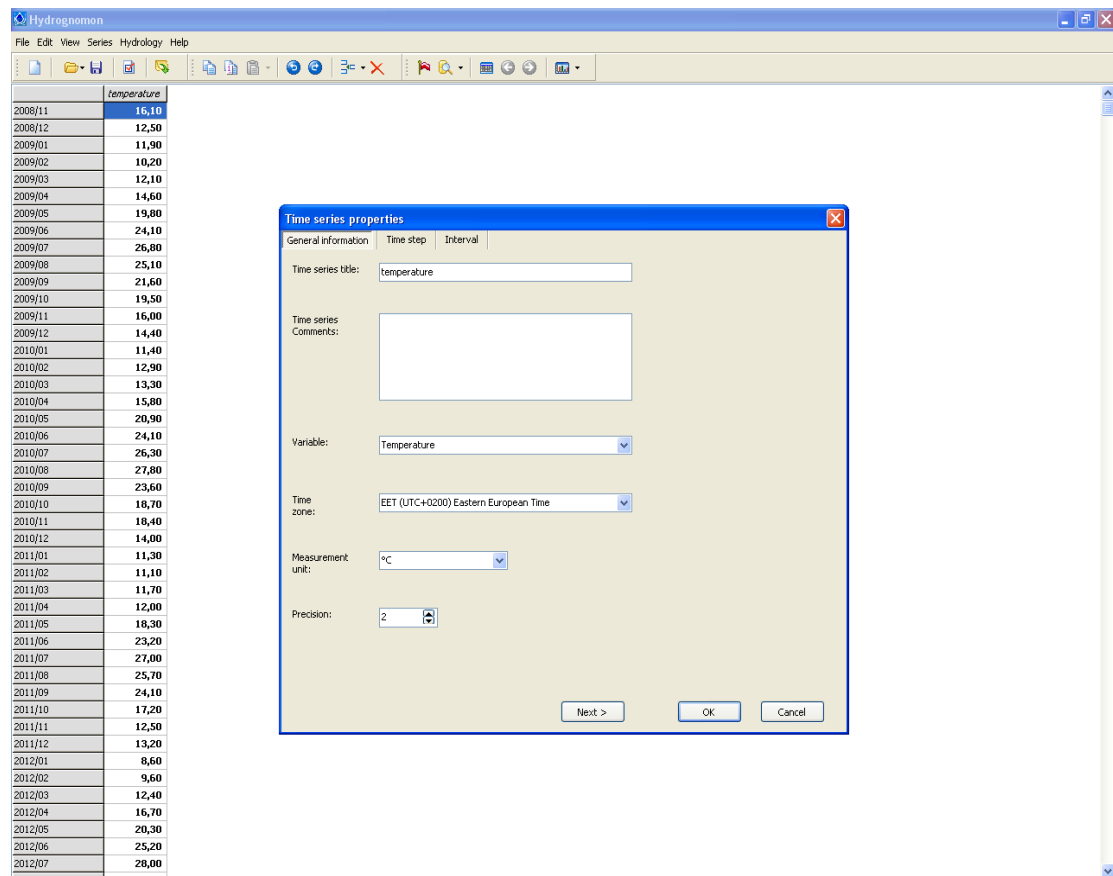
Εικόνα 11: Γεώτρηση Φυλαδάκια

## Στάδια Εφαρμογής Υδρογνώμωνα



The screenshot shows the Hydrognomon software interface with a data table. The table has two columns: a date column and a temperature column. The data points are as follows:

Date	Temperature
2008/11	16,10
2008/12	12,50
2009/01	11,90
2009/02	10,20
2009/03	12,10
2009/04	14,60
2009/05	19,80
2009/06	24,10
2009/07	26,00
2009/08	25,10
2009/09	21,60
2009/10	19,50
2009/11	16,00
2009/12	14,40
2010/01	11,40
2010/02	12,90
2010/03	13,30
2010/04	15,80
2010/05	20,90
2010/06	24,10
2010/07	26,30
2010/08	27,80
2010/09	23,60
2010/10	18,70
2010/11	18,40
2010/12	14,00
2011/01	11,30
2011/02	11,10
2011/03	11,70
2011/04	12,00
2011/05	18,30
2011/06	23,20
2011/07	27,00
2011/08	25,70
2011/09	24,10
2011/10	17,20
2011/11	12,50
2011/12	13,20
2012/01	8,60
2012/02	9,60
2012/03	12,40
2012/04	16,70
2012/05	20,30
2012/06	25,20
2012/07	28,00



The screenshot shows the Hydrognomon software interface with the 'Time series properties' dialog box open. The dialog box has three tabs: 'General information', 'Time step', and 'Interval'. The 'General information' tab is active. The fields in the dialog box are:

- Time series title: temperature
- Time series Comments: (empty text area)
- Variable: Temperature
- Time zone: EET (UTC+0200) Eastern European Time
- Measurement unit: °C
- Precision: 2

Buttons at the bottom of the dialog box are 'Next >', 'OK', and 'Cancel'.

Hydrognomon

File Edit View Series Hydrology Help

	temperature
2008/11	15,10
2008/12	12,50
2009/01	11,90
2009/02	10,20
2009/03	12,10
2009/04	14,60
2009/05	19,80
2009/06	24,10
2009/07	26,80
2009/08	25,10
2009/09	21,60
2009/10	19,50
2009/11	16,00
2009/12	14,40
2010/01	11,40
2010/02	12,90
2010/03	13,30
2010/04	15,80
2010/05	20,90
2010/06	24,10
2010/07	26,30
2010/08	27,80
2010/09	23,60
2010/10	18,70
2010/11	18,40
2010/12	14,00
2011/01	11,30
2011/02	11,10
2011/03	11,70
2011/04	12,00
2011/05	18,30
2011/06	23,20
2011/07	27,00
2011/08	25,70
2011/09	24,10
2011/10	17,20
2011/11	12,50
2011/12	13,20
2012/01	8,60
2012/02	9,60
2012/03	12,40
2012/04	16,70
2012/05	20,30
2012/06	25,20
2012/07	28,00

**Time series properties**

General information | **Time step** | Interval

Time step is undefined (variable)  
 Time step is defined

**Common time steps**

- Ten minute
- Hourly
- Daily
- Monthly
- Annual
- Hydrological year starting October

>> Precise time steps  
 >> Hourly time steps  
 >> Seasonal time steps

Time step is strict

< Back   Next >   OK   Cancel



Hydrognomon

File Edit View Series Hydrology Help

	temperature
2008/11	16,10
2008/12	12,50
2009/01	11,90
2009/02	10,20
2009/03	12,10
2009/04	14,60
2009/05	19,80
2009/06	24,10
2009/07	26,80
2009/08	25,10
2009/09	21,60
2009/10	19,50
2009/11	16,00
2009/12	14,40
2010/01	11,40
2010/02	12,90
2010/03	13,30
2010/04	15,80
2010/05	20,90
2010/06	24,10
2010/07	26,30
2010/08	27,80
2010/09	23,60
2010/10	18,70
2010/11	18,40
2010/12	14,00
2011/01	11,30
2011/02	11,10
2011/03	11,70
2011/04	12,00
2011/05	18,30
2011/06	23,20
2011/07	27,00
2011/08	25,70
2011/09	24,10
2011/10	17,20
2011/11	12,50
2011/12	13,20
2012/01	8,60
2012/02	9,60
2012/03	12,40
2012/04	16,70
2012/05	20,30
2012/06	25,20
2012/07	28,00

**Time series properties**

General information | Time step | Interval

Time series variable is of instantaneous type  
 Time series variable referenced by an interval with a length equal with the time step

Interval type:  
 Average (Mean values of temperature, wind speed, etc.)

Advanced Settings  
 Actual offset for time stamps  
 H:mm: 00:00  
 Months: 1

< Back   Next >   OK   Cancel

Hydrognomon

File Edit View Series Hydrology Help

	temperature
2008/11	16,10
2008/12	12,50
2009/01	11,90
2009/02	10,20
2009/03	12,10
2009/04	14,60
2009/05	19,80
2009/06	24,10
2009/07	26,80
2009/08	25,10
2009/09	21,60
2009/10	19,50
2009/11	16,00
2009/12	14,40
2010/01	11,40
2010/02	12,90
2010/03	13,30
2010/04	15,80
2010/05	20,90
2010/06	24,10
2010/07	26,30
2010/08	27,80
2010/09	23,60
2010/10	18,70
2010/11	18,40
2010/12	14,00
2011/01	11,30
2011/02	11,10
2011/03	11,70
2011/04	12,00
2011/05	18,30
2011/06	23,20
2011/07	27,00
2011/08	25,70
2011/09	24,10
2011/10	17,20
2011/11	12,50
2011/12	13,20
2012/01	8,60
2012/02	9,60
2012/03	12,40
2012/04	16,70
2012/05	20,30
2012/06	25,20
2012/07	28,00

**Evapotranspiration calculations**

Latitude: 37° 40' 0"

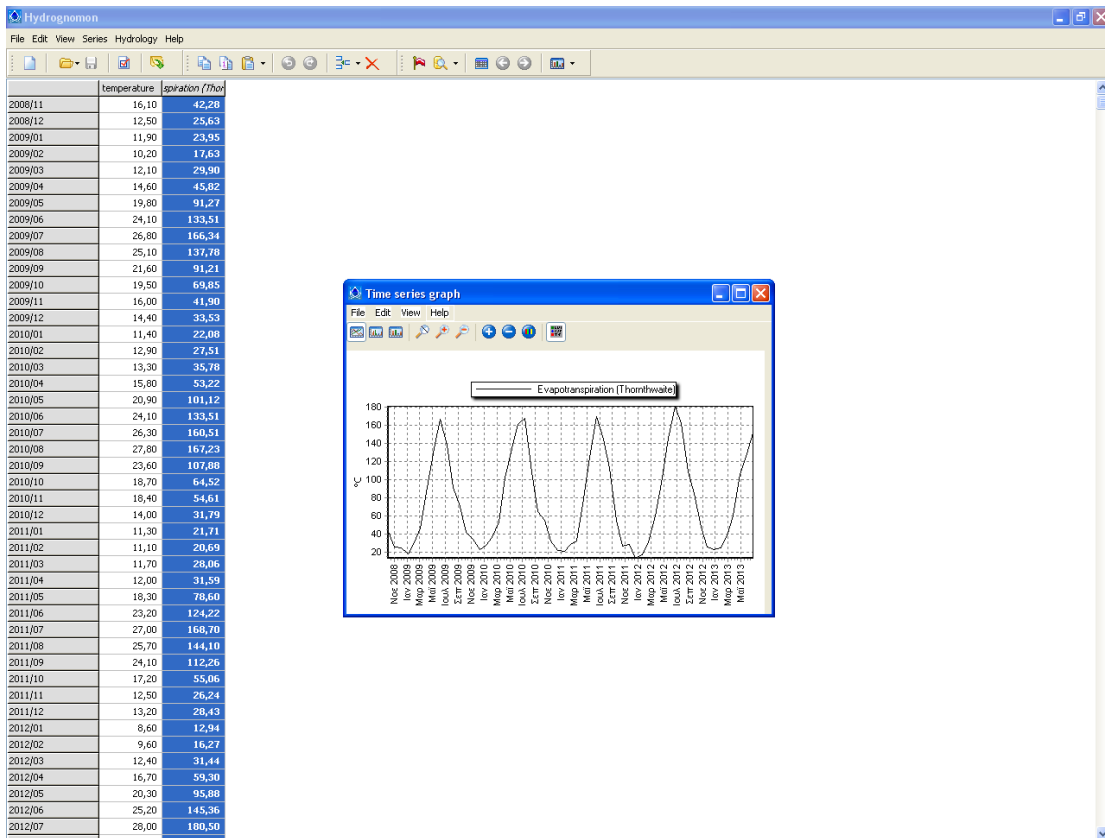
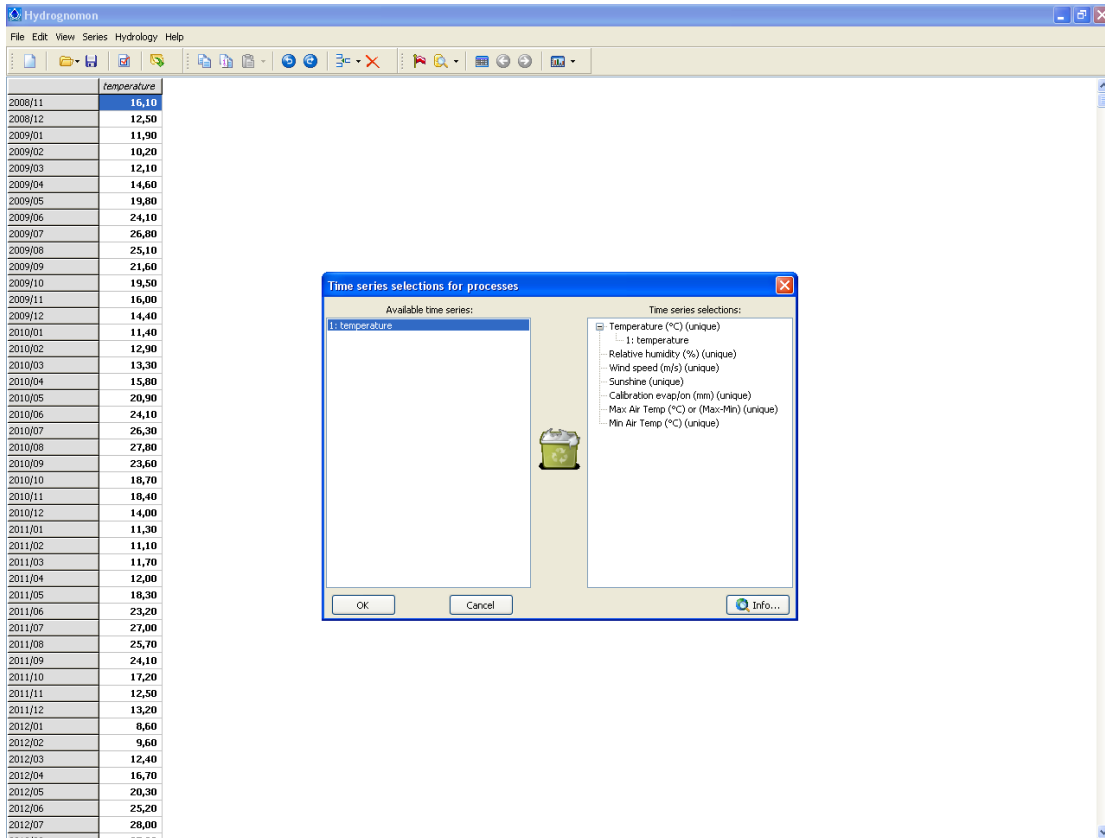
Penman  
 Penman - Monteith  
 Thornthwaite  
 Blaney-Griddle  
 Hargreaves  
 Parametric

Sunshine Timeseries  
 Sunshine duration (min)  
 Sunshine Percent (0-1)  
 Radiation (kJ/sq/m/d)

Day for Penman / Monthly  
 Representative day for month  
 Month middle

Determination Factor:

OK   Cancel   Calc Params



## Πίνακας Υπολογισμού Απόλυτου Υψομέτρου Γεωτρήσεων

Γεώτρηση Ελικοδρόμιο		Z=	132	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	
20/4/2005	34.05		97.95	
11/10/2005	56.56	1595	75.44	
13/2/2007	80.41	1624	51.59	
17/4/2007	58.87		73.13	
26/7/2007	77.1		54.9	
12/10/2007	66.7		65.3	
15/7/2008	81.6	1590	50.4	
27/11/2008	82.9	1630	49.1	

Γεώτρηση Γήπεδο		Z=	15	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	
12/10/2005	9.64	2510	5.36	
13/2/2007	8.75	2550	6.25	
17/4/2007	8.82		6.18	
26/7/2007	29.9		-14.9	
12/10/2007	19.4		-4.4	
15/7/2008	9.81	2630	5.19	
28/11/2008	10.12	2680	4.88	
30/8/2012	9.7	2450	5.3	

Γεώτρηση Αγ.Δημητρίου		Z=	16	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	
20/4/2005	11.18	2340	4.82	
12/10/2005	12.51	7020	3.49	
15/7/2008	13.26	6940	2.74	
28/11/2008	12.17	7120	3.83	
30/8/2012	12.3	11470	3.7	

Γεώτρηση Επισκοπής		Z=	30	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	
20/4/2005	6.01	1420	23.99	
11/10/2005	13.31	1568	16.69	
13/2/2007	5.57	1225	24.43	

17/4/2007	5.72		24.28
26/7/2007	21.1		8.9
12/10/2007	12.2		17.8
15/7/2008	22.17	1490	7.83
28/11/2008	4.96	1510	25.04
30/8/2012	20	1590	10

**Γεώτρηση Αγ.Μαρίνα** Z=

27

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ
20/4/2005	21.28	1422	5.72
12/10/2005	21.53	1413	5.47
13/2/2007	8.4		18.6
17/4/2007	18.64		8.36
27/7/2007	21		6
12/10/2007	36.01		-9.01
15/7/2008	23.84	1420	3.16
28/11/2008	28.16	1420	-1.16

**Γεώτρηση Λουτρά** Z=

76

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ
19/4/2005	8.21		67.79
11/10/2005	9.92		66.08
13/2/2007	8.47	1776	67.53
17/4/2007	8.68		67.32
27/7/2007	22.5		53.5
12/10/2007	11.3		64.7
15/7/2008	47.12	1548	28.88
28/11/2008	37.32	1550	38.68
30/8/2012		1680	

**Γεώτρηση  
Φυλλαδάκια** Z=

242

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ
20/4/2005	67.8	1326	174.2
16/7/2008	66.17	1910	175.83
28/11/2008	68.15	2020	173.85

## Πίνακας Υπολογισμού Απόλυτου Υψομέτρου Φρεάτων

Πηγάδι Φλαμπούρια		z=10	
Ημερομηνία	Στατική στάθμη	Απόλυτο υψόμετρο	
20/4/2005		1.53	8.47
12/10/2005		2.67	7.33
30/8/2012		3.62	6.38

Πηγάδι Κανάλας		z=10	
Ημερομηνία	Στατική στάθμη	Απόλυτο υψόμετρο	
21/4/2005		8.22	1.78
13/10/2005		8.33	1.67
30/8/2012		9.1	0.9