

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με τη ολοκλήρωση σύνταξης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους, των οποίων η συμβολή ήταν καθοριστική, στην ολοκλήρωση της προσπάθειας μου, που αποτυπώνεται στις παρακάτω σελίδες.

Πρώτο απο όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ομότιμο Καθηγητή Ε.Μ.Π. κ. Ιωάννη Κουμαντάκη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το θέμα της εργασίας, για τη καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της, καθώς και για τη θέληση και το ενδιαφέρον του, να μεταδώσει τις γνώσεις του, κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μαθημάτων αλλά και κατά την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Τον Διευθυντή Ερευνών του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε κ. Αριστομένη Καραγεώργη, για το υλικό που μου παρείχε, τις παρατηρήσεις που μου έθεσε αναφορικά με το θέμα και για τη διάθεσή του για συνδρομή, σε όποιο τομέα θα κρίνονταν απαραίτητο.

Τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Γ.Π.Α. κ. Γεώργιο Σταμάτη για την παροχή όλου του υλικού μελέτης που κατείχε και αφορούσε την εργασία, για τον χρόνο που μου αφιέρωσε, συζητώντας μου τις πτυχές του προβλήματος και για την διάθεσή του, για επίλυση οποιασδήποτε απορίας.

Τον Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π κ. Παναγιώτη Παπανικολάου για την επιστημονική τεκμηρίωση που μου παρείχε, αλλά και για τις εναλλακτικές προτάσεις που μου έθεσε, σε επιμέρους θέματα και αφορούσαν την τελική πρόταση της εργασίας.

Το μέλος Ε.ΔΙ.Π. Ε.Μ.Π., Διδάκτορα Ελένη Βασιλείου, για τις παρατηρήσεις, διορθώσεις και προτάσεις που μου έκανε, κατά τα τελικά στάδια της συγγραφής.

Το φίλο μου και συνάδερφο Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ Χρίστο Αυδίο για τη διάθεση μέρους του φωτογραφικού υλικού που αφορούν την ανάβλυση.

Τέλος θα ήθελα ιδιαιτέρως να ευχαριστήσω, τούς γονείς μου, για την ηθική, πνευματική και υλική υποστήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια όλων των ετών των σπουδών μου. Χωρίς αυτούς δεν θα είχα καταφέρει το ελάχιστο.

Μιχαήλ Καρουζάκης

Οκτώβριος 2014

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|---|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 5 |
| EXTENDED ABSTRACT | 7 |
| A. Introduction | 7 |
| B. Underground aquifer systems | 7 |
| Importance of groundwater | 7 |
| Karstic Systems | 7 |
| Submarine Groundwater Discharge (SDG) & Karstic SDG in Greece | 8 |
| Exploitation Structures | 9 |
| C. Submarine Groundwater Discharge of Stoupa. | 10 |
| Municipality of Western Mani. | 10 |
| Geomorphology - Climatic conditions - seismology of Area | 11 |
| The Study area | 11 |
| Flow characteristics | 12 |
| D. Stoupa's Submarine Spring Exploitation. | 13 |
| The NTUA's experiment | 13 |
| Postgraduate's Exploitation Proposal | 14 |
| The advantages and disadvantages of the proposal | 15 |
| E. Conclusions | 15 |
| | |
| 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 17 |
| 1.1 Σκοπός της εργασίας | 17 |
| 1.2 Προσδοκώμενο αποτέλεσμα | 18 |
| | |
| 2 ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΡΟΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | 19 |
| 2.1 Το Νερό Ως Φυσικός Πόρος | 19 |
| 2.2 Τα Υπόγεια Νερά | 21 |
| 2.3 Καρστικά Δίκτυα | 25 |
| 2.4 Υποθαλάσσια Εκροή Υπόγειων Υδάτων | 28 |
| 2.4.1 Υποθαλάσσιος Μηχανισμός Εκφόρτισης | 28 |
| 2.4.2 Σημασία των SGD | 29 |
| 2.4.3 Καρστικές SGD | 31 |
| 2.5 Υποθαλάσσιες Εκροές στον Ελληνικό Χώρο | 34 |
| 2.6 Διεθνείς Τεχνικές | 35 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.6.1 | Παράκτια Φράγματα - Κιβέρι Άργους | 36 |
| 2.6.2 | Σωλίνα υδρομάστευσης – Cape Mortola | 37 |
| 2.6.3 | Σύστημα υδροληψίας τύπου Σίφωνα – Mar Piccolo | 38 |
| 2.6.4 | Σύστημα υδροληψίας τύπου ‘Ομπρέλας’ – Cape Motola | 40 |
| 2.6.5 | Φράγμα εντός υποθαλάσσιου καρστικού αγωγού – Port-Miou | 41 |

3 Η ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΝΑΒΛΥΣΗ ΣΤΟΥΠΑΣ 43

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.1 | Γενικά Στοιχεία | 43 |
| 3.1.1 | Γενικά χαρακτηριστικά της Περιοχής | 43 |
| 3.1.2 | Ο δήμος Δυτικής Μάνης | 44 |
| 3.1.3 | Έκταση – Θέση – Μορφολογία | 48 |
| 3.1.4 | Υποδομές | 50 |
| 3.1.4.1. | Οδικό δίκτυο | 50 |
| 3.1.4.2. | Ύδρευση | 51 |
| 3.1.4.3. | Άρδευση | 53 |
| 3.1.4.4. | Αποχέτευση | 53 |
| 3.1.4.5. | Στερεά Απόβλητα | 54 |
| 3.1.5 | Στοιχεία οικονομικής ανάπτυξης του Δήμου Δυτικής Μάνης | 54 |
| 3.1.5.1 | Πρωτογενής τομέας | 54 |
| 3.1.5.2. | Δευτερογενής τομέας: | 55 |
| 3.1.5.3 | Τριτογενής τομέας: | 57 |
| 3.1.6 | Χρήσεις Γής | 57 |
| 3.2 | Φυσικό Περιβάλλον | 61 |
| 3.2.1. | Γεωλογία | 61 |
| 3.2.2. | Κλιματολογία Περιοχής | 67 |
| 3.2.3. | Υδρογραφικό Δίκτυο | 71 |
| 3.2.4. | Τεκτονική – Σεισμικό περιβάλλον. | 73 |
| 3.3 | Διαχειρηστικό Σχέδιο Υδάτων Δυτικής Πελοποννήσου | 75 |
| 3.3.1 | Τι Περιλαμβάνει | 75 |
| 3.3.2 | Υφιστάμενη κατάσταση | 76 |
| 3.3.2.1 | Σημειακές Πηγές Ρύπανσης | 77 |
| 3.3.2.2 | Διάχυτες Πηγές Ρύπανσης | 79 |
| 3.3.2.3 | Ανάγκες σε νερό | 81 |
| 3.3.3 | Στόχοι σχεδίου διαχείρισης | 81 |
| 3.4 | Υποθαλάσσια Ανάβλυση Στούπας | 83 |
| 3.4.1 | Τοποθεσία | 83 |
| 3.4.2 | Η μορφολογία του πυθμένα | 86 |
| 3.4.3 | Τα χαρακτηριστικά της ροής | 89 |
| 3.4.3.1 | Παροχή και ταχύτητα ροής | 89 |
| 3.4.3.2 | Θερμοκρασία και Αλατότητα | 92 |
| 3.4.3.3 | Άλλες Παράμετροι | 93 |

4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ 95

| | | |
|------------|---------------------------------------|-----------|
| 4.1 | Ανωστικές φλέβες | 95 |
| 4.2 | Μελέτη ΕΜΠ | 96 |
| 4.3 | Πρόταση Μεταπτυχιακής Εργασίας | 99 |
| 4.3.1. | Παραδοχές μελέτης | 99 |
| 4.3.2. | Περιγραφή διάταξης | 100 |

| | |
|--|------------|
| 4.3.2.1 Τμήμα Α - Βάση | 101 |
| 4.3.2.2 Τμήμα Β – Κύρια Δεξαμενή | 102 |
| 4.3.2.3 Τμήμα Γ – Πλωτό Αντλιοστάσιο | 103 |
| 4.3.3 Φιλοσοφία Κατασκευής - Περιγραφή Λειτουργίας | 103 |
| 4.3.4 Πλεονεκτήματα μεθόδου | 104 |
| 4.3.5 Μειονεκτήματα μεθόδου | 104 |
| 4.3.6 Ειδικές παρατηρήσεις | 105 |
| 4.3.6.1 Υπολογισμός Ύψους υπερπήδησης | 105 |
| 4.3.6.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες | 106 |
| | |
| 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 109 |
| | |
| 5.1 Γενικά | 109 |
| 5.2 Για τη Στούπα | 109 |
| 5.3 Για την πρόταση της Μεταπτυχιακής εργασίας | 110 |
| | |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 112 |
| | |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΩΝ | 118 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι μελέτη του μηχανισμού και του τρόπου λειτουργίας, των υποθαλάσσιων πηγών νερού. Ως περιοχή αναφοράς, θεωρείται η υποθαλάσσια ανάβλυση που βρίσκεται στην περιοχή της Στούπας στη Πελοπόννησο.

Για την όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένη μελέτη, αρχικά, γίνεται αναφορά, στα υπόγεια υδροφόρα συστήματα. Αφού τονιστεί η σημαντικότητα τους στον κύκλο του νερού, διακρίνονται οι τύποι των συστημάτων και αναλύεται αυτός που είναι χαρακτηριστικός στις υποθαλάσσιες αναβλύσεις, η καρστική υδροφορία. Δίνονται παραδείγματα από τον ελληνικό και διεθνή χώρο γι' αυτού του τύπου την υδροφορία και αναφέρονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές υδρομάστευσης.

Προχωρώντας στην περιοχή μελέτης, δίνονται όλα τα χαρακτηριστικά της ανάβλυσης, παραθέτοντας τόσο τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της θέσης ανάβλυσης όσο και της ευρύτερης περιοχής. Δίνονται για τον Δήμο, στον οποίο βρίσκεται η ανάβλυση, στοιχεία όπως, διοικητικά, κοινωνικά, υφιστάμενες υποδομές κ.α. καθώς και στοιχεία που έχουν να κάνουν με την ποιότητα του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται όλα τα χαρακτηριστικά που αφορούν καθ' εαυτή την ανάβλυση, παραθέτοντας τις μετρήσεις επιστημονικών φορέων που έχουν ασχοληθεί με το θέμα, κατά το παρελθόν.

Κατόπιν αναλύονται τα χαρακτηριστικά ροής της ανάβλυσης και παρουσιάζεται παρελθούσα πρόταση αξιοποίησης. Δίνεται και με παράρτημα σχεδίων, μια νέα πρόταση στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Αναλύεται η φιλοσοφία κατασκευής και αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του εγχειρήματος.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την καταγραφή των συμπερασμάτων τόσο γενικής μορφής όσο και για την συγκεκριμένη περίπτωση.

EXTENDED ABSTRACT

A. Introduction

The general scarcity of drinking water worldwide, has attracted the attention, to study in more detail, submarine groundwater discharge (SDG). The subject of this postgraduate work is the understanding of the mechanism of submarine groundwater discharge (SDG) and by the example of Stoupa, to propose new solution to the problem of the way this fresh water can be taken to the sea surface. The facts that make this problem difficult are the surface of the seafloor, the hydrodynamic conditions of SDG spring and sea's and the lack of infrastructure in the area.

B. Underground aquifer systems

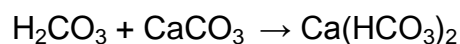
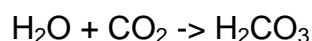
Importance of groundwater

Water is the most valuable resource of the planet. No life exists without it. Water, soil and air are the bases of any ecosystem. Quantity and quality of water is a measure of the quality of the environment. 3% of global water is the fresh water and the 30% of it is groundwater. Because the general scarcity of drinking water worldwide, we are obliged to take care of it and not waste it .

Groundwater is a part of natural process called cycle of water. We can find it almost every were in the world and the availability depends on, the geology of surface and subsoil and by the climate of the area. The exploitation of ground waters has some advantages: minimum cost of constructions, no crown loss by evaporation, good clarity, no eutrophication, absence of problems by solid deposition, very good behavior by dangers like nuclear weapons.

Karstic Systems

In carbonate rocks the phenomenon of chemical erosion, creates pipeline networks even caves. In those forms, sometimes ground water is moving and when conditions are proper can be stored. This type of corrosion called Karstic erosion and the networks, Karstic Channels. The equations of erosion are:



The timescale of this phenomenon is significant parameter because the Karstic erosion is a slow process. A typical section of karstic channel is the following:

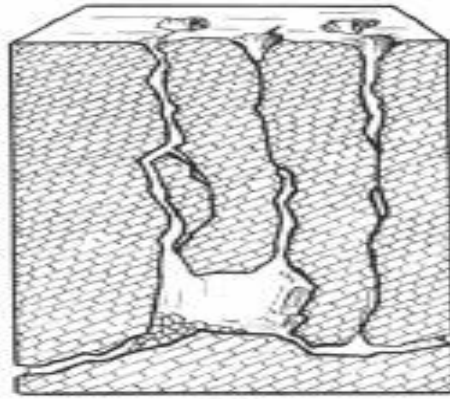


Figure 1: Typical section of karstic channel (Web)

We can see a) the vertical karstic well at the top, b) the cave at the bottom, and c) the channels which lead at the exit. The final form of these channels depends on other facts such as the hydrological environment at the surface over the area of development of karstic system, the geological structure and lithology-tectonics of the display area.

Submarine Groundwater Discharge (SDG) & Karstic SDG in Greece

The ground water always tries to move to lower altitudes. In some cases it trapped in some places because of geological situations. When those positions filled with water, the excess is discharged through the ground pore or through springs. Those discharges can be at the surface or submarine. The submarine groundwater discharges are very important and the interaction with the marine environment is the following:

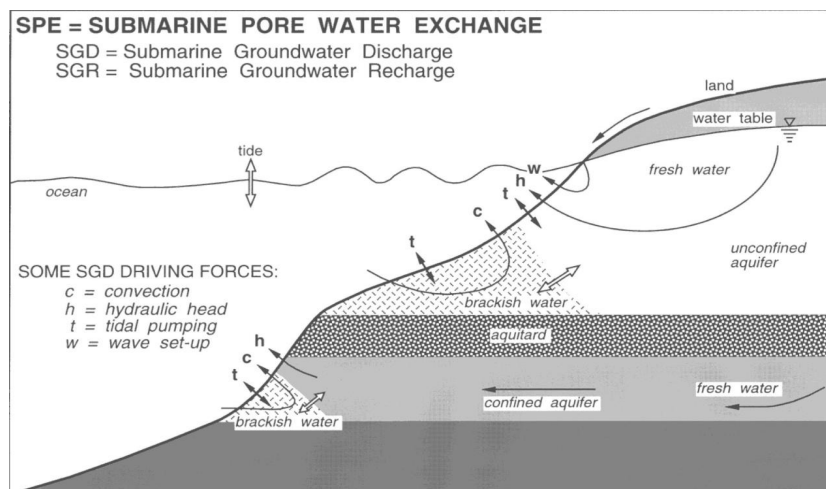


Figure 2: Submarine Pore Water Exchange (Modified from Thibodeaux & Boyle 1987)

This is a general form of the model. A number of factors may differentiate the phenomenon from place to place, however, the general rule remains the same. Essentially the hydraulic load of freshwater when in equilibrium with that of salt, creating a transition zone coastal terms of salinity. . When this balance is disturbed either by natural (tide, desertification, etc.) or anthropogenic causes (over-pumping, etc.) then we change the above situation with penetration of the sea to the mainland opposite until the point where there will be a new equilibrium position.

A subcategory of SDG is the karstic SDG's. The discharge is at the seafloor. Due to the density difference freshwater - saltwater, the output generated turbulent buoyant jet due to buoyancy which ends at the sea surface. In case the discharge's depth is relatively small, and to provide a momentum generated at the sea surface a circular formation, karst feature underwater jet.



Picture 1: The SDG's circular formation (Stoupa - Karouzakis M.)

The submarine ground water discharges exists all over the world. In Greece the 35% of land consists of carbon rocks (lime stones, marbles and dolomites). As a result, karstic SDG are scattered in the country. Some of them are in Bali (N.Rethymnon), Pantoukios (N. Chios), Stoupa (N. Messinia), Kiveri (N Argolidas), Ag. Melani (N. Lesvos), Leonidion (N. Arcadia), Korfos (N. Corinth).

Exploitation Structures

All the karstic SDG's (KSDG) does not give us fresh water. In case they give, there is a number of parameters, makes profitable the exploitation. These parameters are the demand of fresh water in the area, the total amount of discharge, contributing and local tidal range, the depth is the source, the distance from the coast, the exposure to waves and permanent adverse climatic conditions, morphology and number of springs, seafloor

geomorphology between coast and spring, coastline geomorphology. Those parameters are different in each case and they determinate the kind of exploitation structure. The most common exploitation structures with examples are:

- Coastal dams. A dam build's at the spring discharge zone into the sea, thus preventing salinisation of fresh water. Example of this structure is the dam at Kiveri (N Argolidas, Greece). It's an arched concrete dam, with total height 14,00 m, height coronation +4.00 m, and 180 crest length. The total pumping capacity is 40000 m³/h.
- Exploitation pipe. A simple structure by fitting suitable pipe in the nozzle of discharge. Example of this had been in Roverta Submarine spring in Tyrrhenian Sea, close to France – Italian borders.
- A Siphon-like structure. A pipeline attached to the siphon-like capping structure allows safe exploitation of the spring. Salinity transducers located into the outer descending part of the siphon allow monitoring of the interface position. This method used on the “ Citro Citrelo” submarine spring in Taranto (Southern Italy)
- An “Umbrella” type. This method exploits the fact that underwater springs water, due to the density difference, operates as buoyant vein. Because of that if we place over the spring an umbrella structure we can capture springs fresh water discharge. This project first applied by in 1999 in spring Roverta in Tyrrhenian Sea, close to France – Italian borders.

C. Submarine Groundwater Discharge of Stoupa.

This postgraduate work deals with SDG of Stoupa. Stoupa called the small town in SW Peloponissos that is close to the discharge. This town belongs to the Prefecture of Messinia in the Municipality of Western Mani.

Municipality of Western Mani.

Municipality has two sections: Avia's Section and Lefktron's Section. Their population is 2246 and 4699 residents, respectively, according to the 2011 census. Generally are small settlements between 50 to 500 residents. The location of municipality located west of Taygetos. It occupies the western part of Mani Peninsula. The total area is 402,81Km² (179,83 Km² for the city section of Avia and 222,98 Km² for the city section of Lefktron) an it's a mountainous municipality. The road network in the municipality is developed based on the provincial road Kalamata - Areopolis, with vertical extensions. Municipality's water network, powered by springs and boreholes. Irrigation needs are covered by boreholes also. There is no drainage. Because of the

morphology and position of municipality, agriculture, activities related to tourism and stockraising has been developed. The other economic sectors are not well developed.

Geomorphology - Climatic conditions - seismology of Area

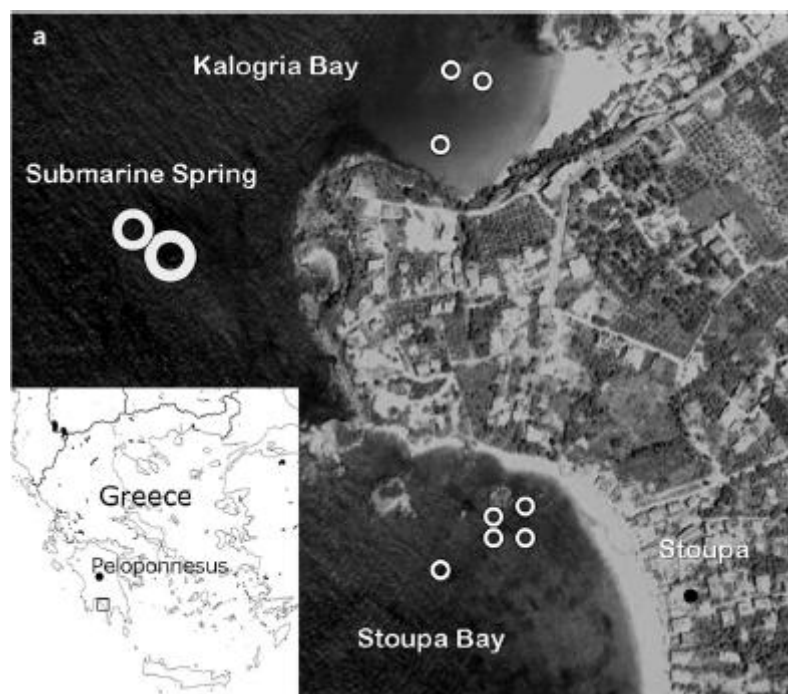
The geological structure of the area is characterized by a variety of geological formations belonging to different geotectonic units - zones. Formations are dominated by limestone and Neogene deposits are less.

The climatic conditions are typical Mediterranean with wet winters and relatively warm and dry summers. We can separate the area in 3 climatic zones: the mountain type, the coastline type and the intermediate.

The study area is characterized by the presence of many tectonic rifts. The area is close to Ionian trench also called Greek Trench. The Greek Seismic Regulation (E.A.K. 2003) considers the region a mid seismic hazard. At the past have been recorded lots of earthquakes.

The Study area

The study area is characterized by the presence of numerous minor SGD's, visible as small gyres at the sea surface.



Picture 2: The area of Stoupa with SGD's (HCMR)

The major SGD site is located about 150 m offshore. The SGD emanates groundwater as a vertical jet from a depth of 27 m. Divers observed smaller jets emanating groundwater from the sides of the rock block, from surrounding

rock fissures, as well as three minor SGD in a distance of a few meters from the major SGD.

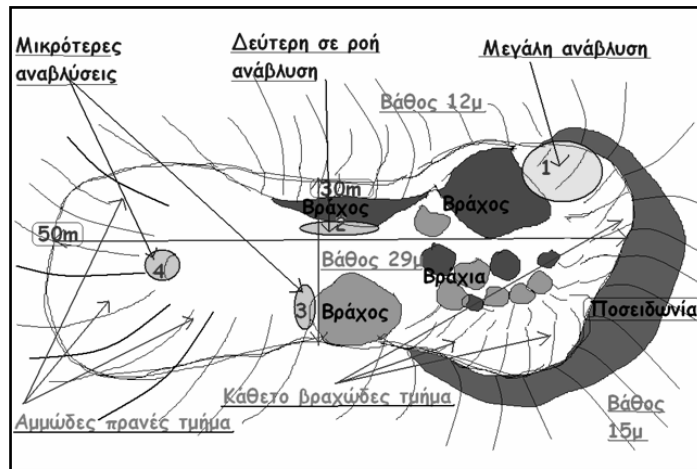
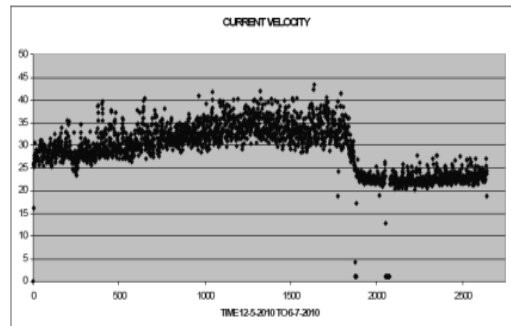
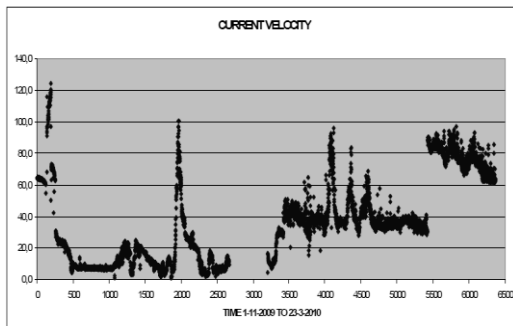
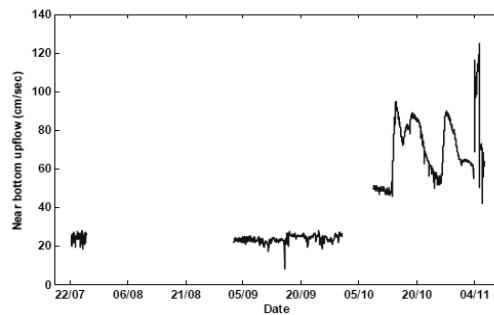


Figure 3: Sketch of the SGD depression (HCMR)

Flow characteristics

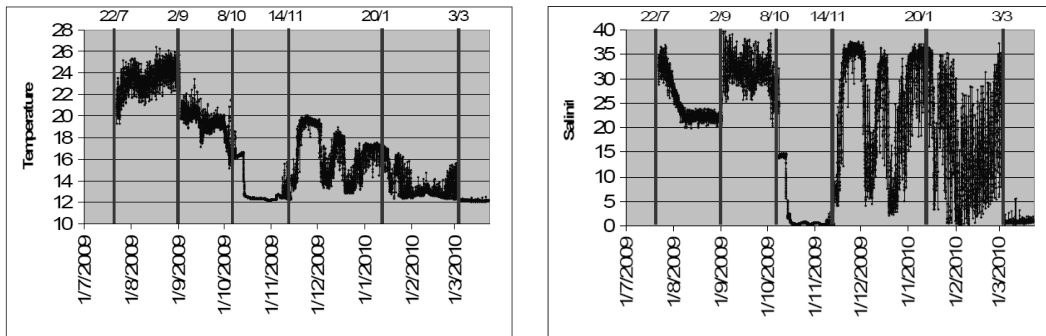
The spring shows large variations in the provision and flow rate. Since flow records by HCMR from 7/2009 to 7/2010 measured maximum current velocity over 120 cm per sec.



Diagrams 1, 2&3: Current velocity of Stoupas SGD for the period 7/2009 - 7/2010 (HCMR)

It was also compared rainfall events and flow rates and showed relation between them. It was estimated provision from 720 to 4500 m³/h. At the same

period recorded temperature and salinity. The quality was brackish water with salinity between 600 mS/cm and 5000 mS/cm.



Diagrams 4, 5: Temperature & Salinity Recordings of Stoupas SDG for the period 7/2009 - 3/2010 (HCMR)

Also shows that spring is relatively enriched in silicates and nitrates, less ammonium, phosphates and nitrates and are very low in both spring and in the region.

D. Stoupa’s Submarine Spring Exploitation.

The NTUA’s experiment

In 2010 National Technological University of Athens conducted experiment about Stoupa’s SDG. The purpose was to study the case of exploitation by the “Umbrella” type. They tried to simulate both of the flow and general environment conditions. The model device was that:

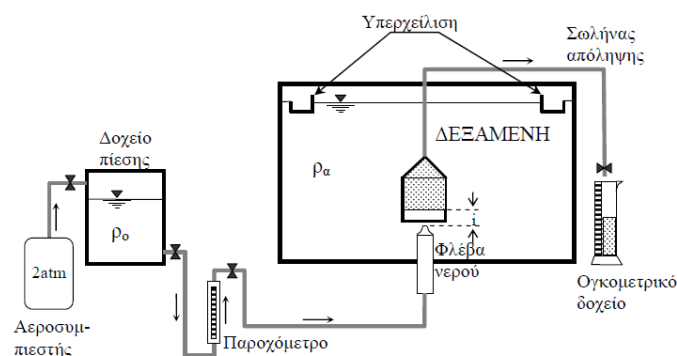


Figure 4: Sketch of NTUA’s model device (NTUA)

The structure of ‘Umbrella’ was stable and during the experiment they tried to find the proper depth to achieve the shorter mixing of two liquids. They concluded that the discharged water can be collected slightly mixed with seawater if the interface of fresh and sea water is at the level of the outflow or lower.

Postgraduate's Exploitation Proposal

Generally, Stoupa's SDG has some characteristics that make some of exploitation methods, inappropriate and some others, difficult to use. The Postgraduate's Exploitation Proposal tries to give solution is as many problems as it can. The assumptions of study are, the area of the main discharge (1m^2), the depth of the discharge (27m) and the depth of the surrounding seafloor (17m), the height wave (4m as estimated the NTUAs study), current velocity (0,20-1,20 m/s), practical no submarine currents and the water supply from SDG ($720\text{-}4500\text{ m}^3/\text{h}$). Considering the above assumptions, the proposed proposal is this:

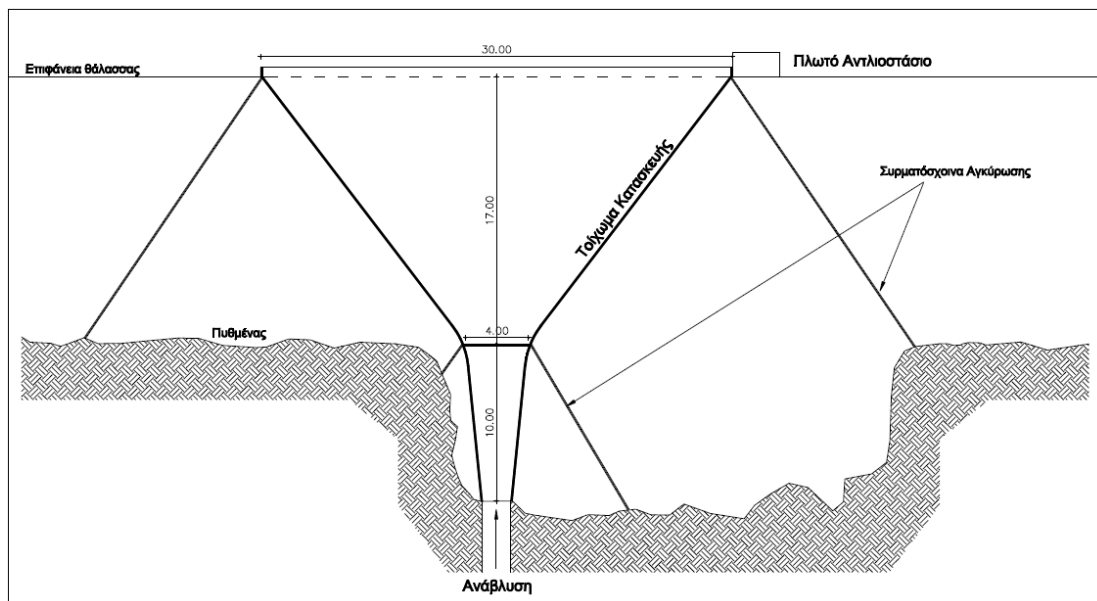


Figure 5: Postgraduate's Exploitation Proposal design (Karouzakis M.)

It consists of three parts: the base, the main tank, and the rig. As shown in figure 2 entire structure is immersed with unique protruding portions, the upper portion of the tank and the rig. The capacity of the tank including the base is 4800m^3 . The construction material can be reinforced polyester fabric (1100 Dtx), plasticized (PVC) or coated with polymers (PU), to achieve long-term resistance to sunlight the maritime environment and oils.

The aim is the best possible exploitation of the discharge with less mixing of seawater in combination with the achievement of a reasonable economic scale. The device was chosen to be flexible type. Firstly, the sudden changes of flow of the spring and also the changing topography of the bottom were the reasons that led to this technique. Also the uncertainty of some measurements such as area of the jet orifice and providing peak were factors that influenced the design.

The operation mode was chosen to be simple so that it can damp changes the momentum of the source: a barrier was made between the jet of water and seawater. The spring discharges with free manner without impeding the growth of the water to the surface. After the creation of the path, water goes to the collection point and then to the coast with pumping.

The maintenance needs are that of a typical pumping station and the overall supervision of the location for any accidents. It should be mentioned that the marine area around the tank and the pipeline that carries water to the coast, should be installed, a network of buoys and beacons to become the area safe for navigation

The advantages and disadvantages of the proposal

The advantages of the proposal could be, the maximum utilization of springs supply, better water quality, the design is able to overcome errors of existing measurements, limited facilities on the coast, use of materials destined for the marine environment, tested mechanical equipment, low cost, zero environment impact, simple maintenance, not affected by seismic vibrations, easy to remove at the end of life.

On the other hand, as any new method, have some disadvantages. Those are the potential difficulties in positioning the structure underwater, no experimental confirmation before, potential hazards when navigation rules are violated and it's not compatible with the nature environment.

E. Conclusions

Today the need for water resources is greater than ever. Humanity is called to find methods for proper use of water. Those methods have to respect the environment and the real needs of humanity. Submarine Groundwater Discharges can be a part of solution of this problem. The SDG are widespread in the world. In Greece, the biggest problem is that there is no will to use them.

With the proper method we can exploit the SDG's water. We have to know the quality of discharge, the current velocity and the area of the discharge. Stoupa is a well promised project but we have to learn more about the quality of discharge.

With the Postgraduate's Exploitation Proposal we hope to make this project reality easier.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων είναι ένα ζήτημα απασχολούσε και απασχολεί την ανθρωπότητα. Το νερό είναι ένας πόρος ζωτικής σημασίας, ο οποίος αν και σε αφθονία στη φύση, οι ποσότητες που είναι κατάλληλες ποιοτικά για τις ανάγκες του ανθρώπου είναι περιορισμένες. Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού σε συνδυασμό με την συνεχή υποβάθμιση της ποιότητας του λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, τον κάνει ακόμα πιο πολύτιμο και καθιστά την ορθή διαχείριση του, επιτακτική ανάγκη.

Πέραν αυτών, οι μεταβολές του κλίματος επηρεάζουν την κατανομή αυτού του πόρου και χωρικά. Υπάρχουν περιοχές του πλανήτη που απειλούνται ήδη ή πρόκειται στο μέλλον να απειληθούν από ερημοποίηση. Τα αίτια μπορεί να είναι φυσικά η ανθρωπογενή, όμως και στις δύο περιπτώσεις συνεπάγεται μείωση των υδατικών πόρων¹.

Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει η χρήση του νερού να γίνεται με πιο υπεύθυνο και περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο. Τα υδατικά αποθέματα οφείλουμε να τα διατηρήσουμε στο επίπεδο ποιότητας που βρίσκονται και με ορθή διαχείριση, να αναβαθμίσουμε αυτήν καθώς και να αυξήσουμε τη ποσότητα τους.

1.1 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επιχειρεί, μέσω ενός συγκεκριμένου παραδείγματος, να συμβάλει, όσο είναι αυτό δυνατόν, στην ορθή διαχείριση των υδατικών αποθεμάτων.

Αντικείμενο μελέτης είναι ο μηχανισμός μέρους των αποθεμάτων του νερού, τα υπόγεια ύδατα. Οι βασικοί άξονες που συνθέτουν τη μελέτη είναι οι παρακάτω:

- Αρχικά η κατανόηση της σημαντικότητας καθώς και του μηχανισμού ανακύκλωσης του υπόγειου νερού. Οι ποσότητες που βρίσκονται υπογείως είναι σημαντικές αλλά όχι εύκολα πάντα αξιοποιήσιμες. Είναι επομένως αναγκαίο, να εξαντληθούν όλα τα περιθώρια και να μην χαθεί μέρος αυτού του σημαντικού πόρου

¹ Ι. Κουμαντάκης: Υδατικού πόροι στην Ελλάδα,(Εθνική Επιτροπή κατά της ερημοποίησης), 2004.

- Έπειτα, η γνώση των συνθηκών της περιοχής μελέτης. Δεν είναι σημαντικό μόνο η ύπαρξη του πόρου καθεαυτού. Πρέπει να ανιχνευθούν οι συνθήκες που επικρατούν και τυχόν ιδιαιτερότητες που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή. Καλή κατανόηση του χώρου ισοδυναμεί με βέλτιστη χρήση.
- Πρόταση για ορθή διαχείριση του υδατικού αποθέματος. Κύριο μέλημα είναι η διαχείριση του πλεονάσματος του αποθέματος. Πολλές φορές η αξιοποίηση δεν συνεπάγεται την μέριμνα για το απόθεμα. Αν δεν γίνει όμως αυτό τότε κάποια στιγμή παύει να υπάρχει με συνέπειες πολύ δυσάρεστες για το περιβάλλον και τον άνθρωπο

1.2 Προσδοκώμενο αποτέλεσμα

Αυτό που αναμένεται συνεπώς, είναι η λύση που θα προταθεί, να είναι στην κατεύθυνση της ορθής διαχείρισης του υπόγειου νερού της περιοχής μελέτης. Η λύση θα πρέπει να απαντά σε ερωτήματα όπως τη διατήρηση της ποιότητας του αποθέματος καθώς και βελτίωσής του. Θα πρέπει να μπορεί να εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν το μέγιστο του πόρου χωρίς μεγάλες αναξιοποίητες ποσότητες και χωρίς να θέτει σε κίνδυνο το απόθεμα που με φυσικό τρόπο υφίσταται. Με άλλα λόγια η λύση επιχειρεί την πλήρη αξιοποίηση του πλεονάσματος, με περιβαλλοντικούς όρους και παράλληλα κάλυψη των αναγκών ζήτησης νερού, των ανθρώπων της περιοχής.

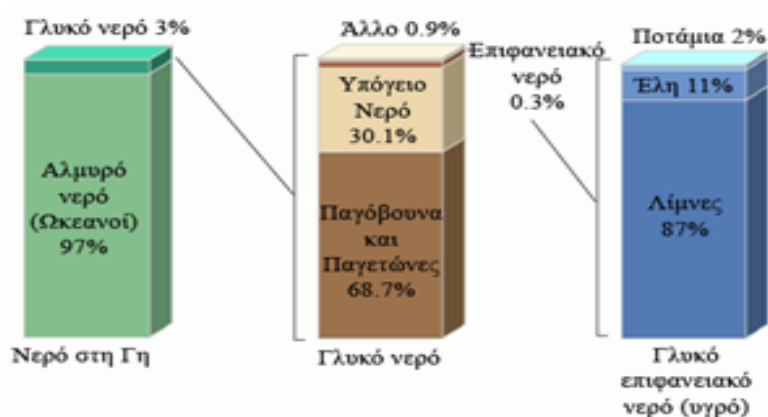
2 ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΡΟΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 Το Νερό Ως Φυσικός Πόρος

Το νερό είναι αναμφισβήτητα ο πιο σημαντικός φυσικός πόρος της Γης. Χωρίς αυτόν δεν μπορεί να υπάρξει ζωή στον πλανήτη. Ως φυσικός πόρος παίζει σημαντικό ρόλο σε κάθε παραγωγική διαδικασία και αναπτυξιακή δραστηριότητα, ενώ είναι απαραίτητο για την επιβίωση του ανθρώπου. Μαζί με το έδαφος και τον αέρα αποτελεί τη βάση κάθε οικοσυστήματος. Η ποσοτική και ποιοτική κατάστασή του καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα του περιβάλλοντος.²

Στη φύση υπάρχει και στις τρεις κοινές καταστάσεις της ύλης : υγρή, στερεή (υπό μορφή πάγου) και αέρια (υπό μορφή υδρατμού). Το 98,2% της συνολικής ποσότητας του νερού της Γης βρίσκεται στην υγρή κατάσταση (96,5% βρίσκεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες του πλανήτη και το 1,7% είναι τα υπόλοιπα επιφανειακά νερά όπως ποτάμια, λίμνες, έλη), το 1,7% βρίσκεται στη στερεή και το 0,1% σε αέρια κατάσταση (υγρασία της ατμόσφαιρας και σύννεφα).

Ενώ είναι αρκετά διαδεδομένο στη φύση, μόνο το 3,0% του νερού της Γης είναι «γλυκό» και το 98,8% του πόσιμου νερού βρίσκεται στα παγοκαλύμματα και στα υπόγεια ύδατα. Λιγότερο από 0,3% του γλυκού νερού της Γης βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες και στην ατμόσφαιρα, ενώ ακόμα μικρότερο ποσοστό (0,003%) περιέχεται στα σώματα των βιολογικών όντων και σε ανθρώπινης παραγωγής προϊόντα³



Σχήμα 1 : Παγκόσμια Κατανομή Νερού (U.S. Geological Survey μετάφραση ΕΜΠ).

² ΜΚΟ Σόλων

³ Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources, P.H. Gleick

Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος αλλά περιορισμένος πόρος. Τα αποθέματα γλυκού νερού ανανεώνονται μέσω του υδρολογικού κύκλου, ωστόσο η διαθέσιμη ποσότητα του είναι περιορισμένη και η κατανομή στον χώρο και τον χρόνο άνιση. Περαιτέρω περιορισμό στη διαθεσιμότητα του νερού δημιουργεί και η ρύπανσή του από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (αστικές, βιομηχανικές, γεωργικές). Το νερό δεν είναι ένα εμπόρευμα, όπως όλα τα άλλα, όμως δεν αποτελεί και ένα δημόσιο αγαθό, στο οποίο η πρόσβαση μπορεί να είναι ανεξέλεγκτη.

Απαιτεί συνετή διαχείριση, με στόχο την ικανοποίηση των πολλών και συχνά αντικρουόμενων χρήσεών του. Για την επίτευξη μιας συνετής διαχείρισης είναι απαραίτητη μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που δεν αντιμετωπίζει τις εκάστοτε χρήσεις αποσπασματικά, αλλά σε αλληλεξάρτηση μεταξύ τους. Μια προσέγγιση που επί πλέον λαμβάνει σοβαρά υπόψη, όχι μόνο τις ανθρώπινες απαιτήσεις σε νερό, αλλά και τις απαιτήσεις των οικοσυστημάτων.⁴

4 Υ.Π.Ε.Κ.Α., Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Υδατικοί Πόροι – Υδατινο περιβάλλον.

2.2 Τα Υπόγεια Νερά

Ως «υπόγειο νερό» ορίζεται, το προερχόμενο από τη διήθηση νερού ατμοσφαιρικής προέλευσης, που πληροί τα δομικά κενά των γεωλογικών υλικών και μαζών κάτω από την επιφάνεια της Γής, υπό πίεση ίση ή μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής⁵

Τα υπόγεια νερά αποτελούν ένα μέρος της φυσικής διαδικασίας γνωστής ως κύκλος του νερού. Συναντώνται σχεδόν παντού κάτω από την επιφάνεια της γης. Η διαθεσιμότητα των υπογείων νερών ως πηγή νερού εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη γεωλογία της επιφάνειας και του υπεδάφους καθώς και από το κλίμα της περιοχής.



Εικόνα 1: Κύκλος του Νερού (U.S. Geological Survey μετάφραση ΕΜΠ)

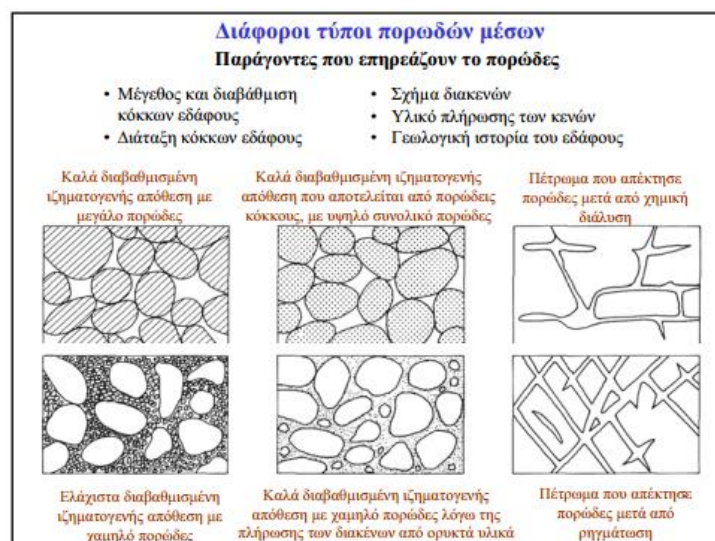
Καθώς το νερό διηθείται προς το υπέδαφος, σχηματίζει συνήθως μια ακόρεστη και μια κορεσμένη ζώνη. Στην ακόρεστη ζώνη υπάρχει νερό αλλά και αέρας στα κενά (πόρους) του εδαφικού σχηματισμού, δηλαδή τα κενά αυτά δεν είναι τελείως γεμάτα με νερό. Το άνω μέρος της ακόρεστης ζώνης είναι η εδαφική ζώνη. Η εδαφική ζώνη έχει κενά που δημιουργούνται από τις ρίζες των φυτών, τα οποία επιτρέπουν στο νερό να διηθηθεί. Το νερό στην ανώτερη αυτή ζώνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Κάτω από την ακόρεστη ζώνη βρίσκεται η κορεσμένη, στην οποία το νερό γεμίζει όλους τους πόρους του εδάφους.

⁵ Έρευνα και αξιολόγηση γεωλογικών/γεωτεχνικών προβλημάτων στα τεχνικά έργα, ΑΠΘ



Εικόνα 2: Κίνηση νερού υπογείως - Τομή εδάφους (U.S. Geological Survey μετάφραση ΕΜΠ)

Το πορώδες (porosity) και η διαπερατότητα (permeability) του κάθε γεωλογικού σχηματισμού καθορίζει την ικανότητά του να συγκρατεί ή να επιτρέπει τη διέλευση του νερού. Ως πορώδες χαρακτηρίζεται ο λόγος των κενών προς το συνολικό όγκο του πετρώματος και συνήθως εκφράζεται ποσοστιαία.



Σχήμα 2: Τύποι Πορώδων Μέσων (Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Ε.Μ.Π.)

Η διαπερατότητα εκφράζει την ικανότητα ενός υγρού να μετακινείται μέσω γεωλογικών σχηματισμών.⁶ Γεωλογικοί σχηματισμοί με υψηλή διαπερατότητα αποτελούν κατάλληλα σημεία για τη δημιουργία υδροφόρων ζωνών. Προκειμένου το νερό να μετακινηθεί μέσω υδροφόρων ζωνών θα πρέπει τα εσωτερικά κενά να συνδέονται μεταξύ τους. Ωστόσο, ορισμένοι γεωλογικοί σχηματισμοί μπορεί να χαρακτηρίζονται από υψηλό πορώδες,

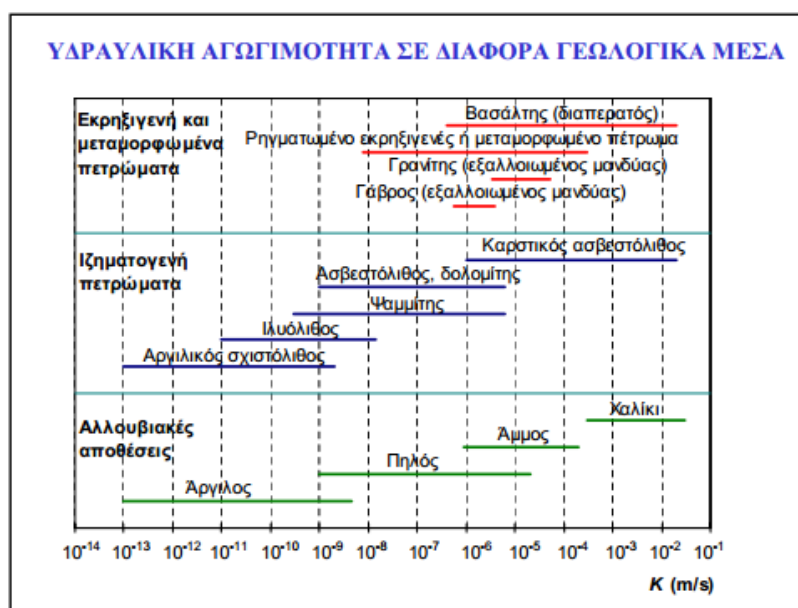
⁶ Επιφανειακά και Υπόγεια Υδατικά Συστήματα (PROSODOL)

αλλά να μην συμβάλλουν στο σχηματισμό υδροφόρων ζωνών εάν τα κενά δεν συνδέονται μεταξύ τους ή εάν είναι πολύ μικρής διαμέτρου.

| Είδος Γεωλογικού Σχηματισμού | | Ολικό πορώδες επί τοις % |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Βραχώδεις Σχηματισμοί | Χαλαροί Σχηματισμοί | |
| Μάργες | | 47.0 έως 50.0 |
| Ψαμμίτες | | 5.0 έως 25.0 |
| Ασβεστόλιθοι | | 0.5 έως 17.0 |
| Γρανίτες | | 0.1 έως 2.5 |
| Γνεύσιοι | | 0.1 έως 2.0 |
| | Άργιλοι | 50.0 έως 60.0 |
| | Άμμοι | 30.0 έως 40.0 |
| | Χάλικες | 25.0 έως 35.0 |

Πίνακας 1 : Τιμές Ολικού Πορώδους Γεωλογικών Σχηματισμών (Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Ε.Μ.Π.)

Η υδραυλική αγωγιμότητα είναι η έκφραση της δυσκολίας ή ευκολίας με την οποία ένα ρευστό ρέει δια μέσου των δομικών κενών ενός στερεού μέσου.



Πίνακας 2 : Τιμές Υδραυλικής Αγωγιμότητας Γεωλογικών Υλικών (Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Ε.Μ.Π.)

Η σημαντικότητα των υπόγειων νερών έχει να κάνει τόσο με την ποσότητα τους όσο και με τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η εκμετάλλευσή τους.

Αν θέλαμε να μιλήσουμε για πλεονεκτήματα των υπόγειων υδατικών πόρων σίγουρα θα λέγαμε⁷ :

- Ελάχιστο κόστος κατασκευής. Δεν απαιτούνται έργα όπως ταμιευτήρες που είναι ακριβά στην κατασκευή. Το μόνο κόστος είναι, όπως και στη περίπτωση της η ωφέλιμης αποθήκευσης των επιφανειακών ταμιευτήρων, η δαπάνη για την άντληση και συντήρηση των υδρογεωτρήσεων και των αντλητικών συγκροτημάτων.
- Δεν παρουσιάζουν προβλήματα απόθεσης ιλύος, εκτός από τις περιοχές φυσικού η τεχνητού εμπλουτισμού.
- Δεν παρουσιάζουν απώλειες λόγω εξάτμισης, πλην των πολύ επιφανειακών υδροφόρων όπου οι απώλειες από τα φρεατόφυτα μπορεί να είναι σημαντικές, οπότε αυξάνεται η αλατόμητα των εδαφών
- Παρουσιάζουν σχετικά ομοιόμορφη θερμοκρασία και μεταλλικότητα
- Δεν παρουσιάζουν θολερότητα, με εξαίρεση μερικές καρστικές και ηφαιστιογενείς περιοχές
- Δεν παρουσιάζουν ευτροφισμό
- Είναι σχετικά άτρωτοι στους κινδύνους από πυρηνικά όπλα, υπόκεινται όμως σε υποβάθμιση από τα πυρηνικά, βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα
- Δεν εξαντλούνται αν η διαχείριση τους γίνεται σωστά.

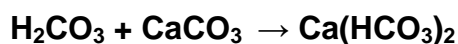
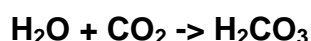
⁷ Τεχνιτός Εμπλουτισμός Υπόγειων Υδροφορέων ως Εργαλείο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Ι. Κουμαντάκης

2.3 Καρστικά Δίκτυα

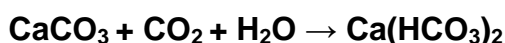
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η υδροφορία των γεωλογικών σχηματισμών έχει να κάνει με το είδος του σχηματισμού. Το τελευταίο, καθώς και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο σχηματισμός, καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο διακινείται και αποθηκεύεται το υπόγειο νερό, εντός της μάζας του.

Σε κάποιους εδαφικούς σχηματισμούς παρατηρείται το φαινόμενο της χημικής διάβρωσης του πετρώματος και η δημιουργία εξ αυτής, δικτύων αγωγών η ακόμα και σπηλαίων εντός του, μέσω των οποίων διακινείται υπόγειο νερό. Το παραπάνω φαινόμενο παρατηρείται σε ανθρακικά κυρίως πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, ασβεστολιθικά κροκαλολατυτοπαγή, καθώς και στους εβαπορίτες όπως γύψος, ανυδρίτες και άλατα. Αυτού του είδους η διάβρωση ονομάζεται καρστική και τα δίκτυα των αγωγών που προκύπτουν από αυτή, καρστικά δίκτυα

Η καρστική διάβρωση των ασβεστόλιθων οφείλεται στη διαλυτική δράση που έχει το νερό όταν περιέχει CO₂ σύμφωνα με τις παρακάτω χημικές εξισώσεις:



Και σαν σύντμηση των παραπάνω:



Η καρστική διάβρωση είναι ένα φαινόμενο το οποίο συμβαίνει τόσο υπόγεια όσο και επιφανειακά. Η εξέλιξη του φαινομένου γίνεται κατά την πορεία του νερού. Οι δολίνες και οι καρστικές κοιλάδες αποτελούν παραδείγματα επιφανειακής καρστικής διάβρωσης. Στη παρούσα μεταπτυχιακή εργασία όμως θα περιοριστούμε μόνο στη μελέτη του υπόγειου μηχανισμού εξέλιξης.

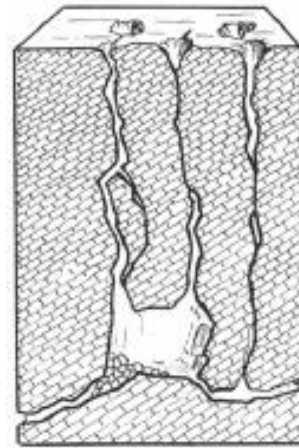
Όπως μπορεί να γίνει κατανοητό η χρονική κλίμακα είναι σημαντική παράμετρος στη εξέλιξη του φαινομένου και αυτό γιατί η καρστική διάβρωση είναι μία αργή σχετικά διαδικασία. Η ανάπτυξη των καρστικών δικτύων μπορεί να διαρκέσει αρκετές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια ενώ χαρακτηριστικό τους είναι και το ότι πρόκειται για μία διαρκή διαδικασία. Τα δίκτυα αυτά έχουν επιπλέον το χαρακτηριστικό ότι μπορούν να εξαπλωθούν σε αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα προς όλες τις διευθύνεις καλύπτοντας υπογείως με αυτό τον τρόπο, εκτάσεις αρκετών τετραγωνικών χιλιομέτρων.

Οι τρόποι εκδήλωσης της καρστικής διάβρωσης υπογείως γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- *Με καρστικά φρέατα:* δηλαδή κατακόρυφους η σχεδόν κατακόρυφης διεύθυνσης αγωγούς που ξεκινούν από την επιφάνεια του εδάφους και φτάνουν σε βάθη έως και αρκετών εκατοντάδων μέτρων



Εικόνα 3: Καρστικό φρέαρ



Εικόνα 4: Τομή καρστικού φρέατος

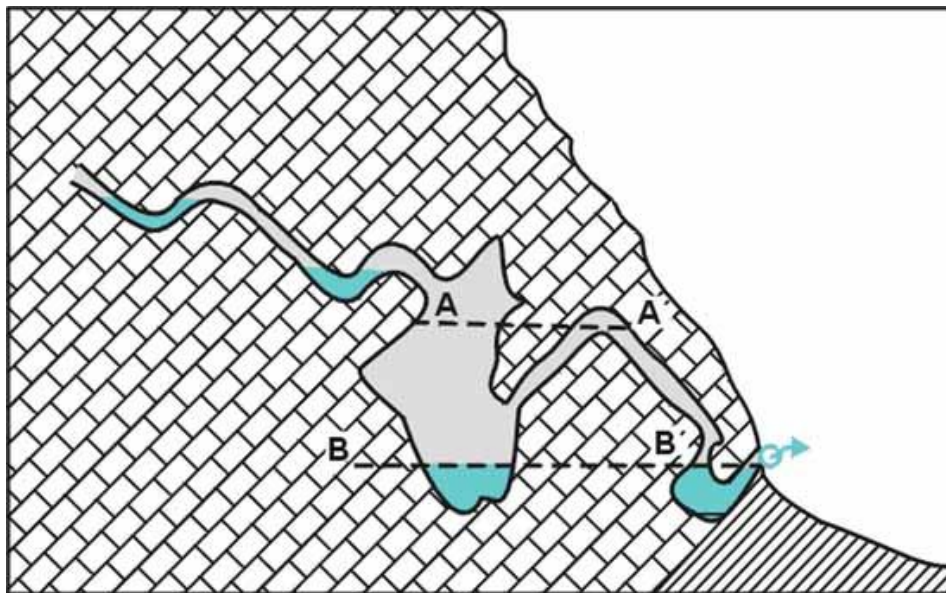
- *Με σπήλαια :* είναι υπόγειοι και συνήθως οριζόντιοι χώροι όπου έχουν προκύψει από χημική αλλά και μηχανική διάβρωση (τα τοιχώματα και η οροφή συχνά καταρρέουν λόγω ανεπαρκούς στήριξης).



Εικόνα 5: Καρστικό σπήλαιο Δρογαράτης στη Κεφαλονιά.

Κατά πλειοψηφία ξεκινούν από την επιφάνεια του εδάφους και εξελίσσονται σε δίκτυα αρκετών εκατοντάδων ή και χιλιάδων μέτρων τα οποία είναι, ανάλογα με την περίπτωση, πληρωμένα με νερό έως τελείως άδεια. Η εξέλιξη τους ακολουθεί συνήθως την πορεία ρηγμάτων, πάντα βέβαια ανάλογα με τις κατατόπους γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες

- *Με καρστικούς αγωγούς:* είναι δίκτυα σωληνώσεων στα οποία καταλήγουν οι παραπάνω δύο υπόγειοι σχηματισμοί. Δημιουργούνται με χημική διάβρωση και αυτοί, ενώ η διάμετρος τους ποικίλει. Μπορούν να είναι, όπως και οι προηγούμενοι σχηματισμοί, από άδεια έως πληρωμένοι με νερό. Η γεωμετρία τους καθώς και η θέση τους μέσα στον εδαφικό σχηματισμό μπορούν να δημιουργούν συνθήκες ανοδικής κίνησης του νερού μέσα σ αυτούς. Συνήθως μέσω αυτών εκφορτίζονται τα καρστικά δίκτυα.



Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση καρστικού δικτύου (Γ. Σούλιος, ΑΠΘ)

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι ο τρόπος σχηματισμού των καρστικών δικτύων, εκτός από τα παραπάνω, καθορίζεται και από άλλους παράγοντες όπως το υδατικό και υδρολογικό περιβάλλον στην επιφάνεια πάνω από την περιοχή ανάπτυξης του καρστικού δικτύου, η γεωλογική δομή καθώς και η λιθολογία-τεκτονική της περιοχή εμφάνισης. Είναι συνεπώς ένα πολυσύνθετο φαινόμενο γι αυτό και κάθε περίπτωση εξετάζεται διαφορετικά.

2.4 Υποθαλάσσια Εκροή Υπόγειων Υδάτων

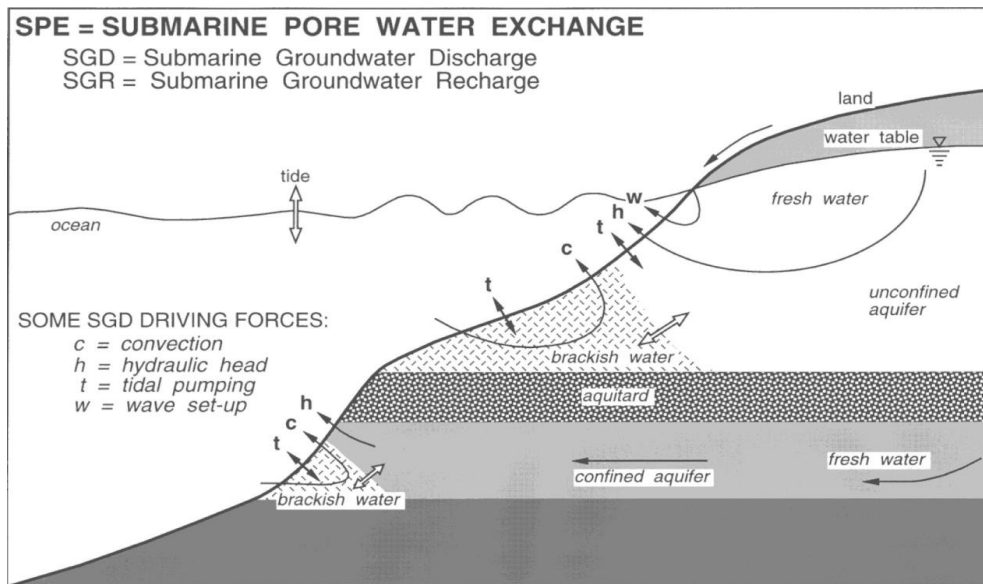
Όπως αρχικά αναφέρθηκε, περίπου το 30% των παγκόσμιων αποθεμάτων γλυκού νερού, βρίσκεται εντός του εδάφους. Προέρχεται από το νερό της βροχής που κατεισδύει στο έδαφος μέσω του πορώδους και εξαιτίας της βαρύτητας, κινείται με κατεύθυνση προς κατώτερες στάθμες. Αποτέλεσμα της κίνησης αυτής είναι, σε αρκετές περιπτώσεις, η συσσώρευσή του σε θέσεις που γεωλογικά ευνοείται αυτό. Αυτή η συσσώρευση έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία υδροφόρου ορίζοντα εντός των εδαφικών κενών και την δημιουργία υδραυλικού φορτίου ανάλογο του ύψους του υδροφόρου. Όταν η θέση στην οποία δημιουργείται η συσσώρευση γεμίσει πλήρως με νερό, δηλαδή όταν δεν μπορεί να παραμείνει η επιπλέον ποσότητα εντός του πορώδους ή των έγκυλων που μπορεί να υπάρχουν στο έδαφος, γίνεται εκφόρτιση της μέσω του πορώδους του εδάφους ή μέσω πηγών. Αυτές οι θέσεις εκφόρτισης μπορεί να είναι είτε επιφανειακές είτε υποθαλάσσιες.

2.4.1 Υποθαλάσσιος Μηχανισμός Εκφόρτισης

Στη περίπτωση της υποθαλάσσιας εκφόρτισης, εκτός από τη βαρύτητα, υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο εκδήλωσης της. Διεθνώς, οι υποθαλάσσιες εκροές υπόγειων υδάτων αναφέρονται με τον όρο “Submarine groundwater discharge” (SDG). Οι SDG σύμφωνα με το United States Geological Survey (USGS) είναι μια συνεχής παράκτια διαδικασία η οποία καθορίζεται από μία σειρά σύνθετων κλιματολογικών, υδρογεωλογικών και ωκεανογραφικών διαδικασιών.

Η διαδικασία αυτή αν και πολύπλοκη βασίζεται σε ένα απλό μηχανισμό. Την αλληλεπίδραση των SDG με το θαλάσσιο περιβάλλον. Αναφέρθηκε πως η εκφόρτιση γίνεται μέσω του πορώδους ή μέσω πηγών. Όταν αυτή γίνεται στην θάλασσα, το νερό της θάλασσας, που έχει μεγαλύτερη πυκνότητα (αλμυρό) από το υπόγειο (γλυκό), λειτουργεί σαν εμπόδιο στην εκφόρτιση. Ταυτόχρονα η θάλασσα έχει τη τάση να διεισδύει προς τον ηπειρωτικό χώρο, μέσω των εδαφικών κενών, όταν από την μεριά της δεν βρίσκει κανένα εμπόδιο. Όταν συμβαίνει αυτό, που είναι η αντίθετη διαδικασία των SGD, τότε μπορούμε να το περιγράψουμε ως υποθαλάσσια επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων και διεθνώς έχει επικρατήσει με τη ορολογία submarine groundwater recharge (SGR).

Ο συνδυασμός αυτών των δύο φυσικών διαδικασιών (SGD και SGR) δημιουργεί ένα δυναμικό μέτωπο ισορροπίας κατά μήκος των ακτών:



Σχήμα 4: Αλληλεπίδραση υπογείων υδάτων με θαλασσινό νερό (Thibodeaux & Boyle 1987)

Όπως φαίνεται και στο σχήμα σ αυτό το μέτωπο δημιουργείται και μια μεταβατική ζώνη όπου το νερό είναι υφάλμυρο. Ουσιαστικά το υδραυλικό φορτίο του γλυκού νερού όταν βρίσκεται σε ισορροπία με αυτό του αλμυρού, δημιουργούν παράκτια μια μεταβατική ζώνη από πλευράς αλατότητας. Όσο αυτή η ισορροπία παραμένει σταθερή, οι συνθήκες είναι σταθερές. Όταν αυτή η ισορροπία διαταράσσεται είτε από φυσικά (παλίρροια, ερημοποίηση, κ.α.) είτε από ανθρωπογενή αίτια (υπεραντλήσεις κ.α.) τότε έχουμε μεταβολή της παραπάνω κατάστασης με διείσδυση της θάλασσάς προς τον ηπειρωτικό χώρο η το αντίθετο μέχρις του σημείου όπου θα υπάρξει καινούρια θέση ισορροπίας.

Τα παραπάνω αποτελούν μια γενική περιγραφή του μοντέλου. Μια σειρά από παράγοντες μπορούν να διαφοροποιήσουν το φαινόμενο από θέση σε θέση, εντούτοις ο γενικός κανόνας παραμένει ο ίδιος. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι αναφερόμαστε σε παράκτιες περιοχές στις οποίες η θάλασσα έχει επαφή με υδροπερατούς σχηματισμούς. Στη περίπτωση επαφής με στεγανούς σχηματισμούς δεν ισχύουν τα παραπάνω, αλλά πρόκειται για απλή επαφή της θάλασσας με στεγανό όριο.

2.4.2 Σημασία των SGD

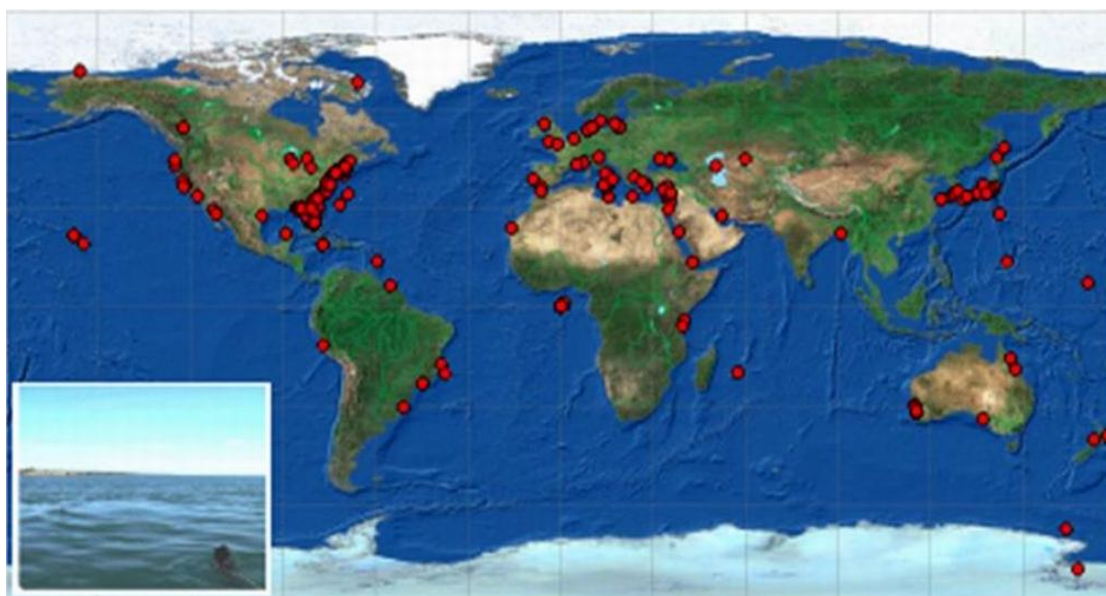
Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990, η παγκόσμια αντίληψη που επικρατούσε περί του ρόλου των SDG ήταν πως οι ποσότητες που εκρέουν προς τις θάλασσες και τους ωκεανούς δεν ήταν αρκετά μεγάλες ώστε να επηρεάσουν σε ικανό βαθμό την σύστασή τους. Αίτιο για την κρατούσα τότε αντίληψη ήταν κυρίως, η εγγενής δυσκολία που υπήρχε στον εντοπισμό των θέσεων εκροής και στον προσδιορισμό των ποσοτήτων αυτών και αυτό γιατί

οι περισσότερες SGD έχουν διάχυτη ροή (μέσω του εδαφικού πορώδους) και όχι σημειακή (πηγές). Στον αντίποδα είχαν μελετηθεί εκτενώς απορροές π.χ. ποταμών, που αν και μικρότερες σε ποσότητα, εντούτοις είναι πιο εύκολες στον προσδιορισμό των μεγεθών.

Σήμερα η διεθνής κοινότητα, αντιλαμβάνεται με όλο ένα και αυξανόμενο τρόπο, ότι οι υποθαλάσσιες εκροές γλυκού νερού είναι εξίσου σημαντικές με τις επιφανειακές απορροές προς τη θάλασσα. Οι ποσότητες των υδάτων, η θέση τους αλλά και ο τρόπος εκροής τους ποικίλει ανάλογα με τη θέση, όμως απαντώνται σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της υφής.

Το τελευταίο είναι που τις κάνει ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης : υπολογίζεται ότι ποσοστό 50% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε παράκτιες περιοχές (1 χιλιόμετρο από την ακτή)⁸. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα παγκόσμια εκμεταλλεύσιμα αποθέματα γλυκού νερού είναι περιορισμένα μας οδηγούν εύκολα στο συμπέρασμα ότι εκμετάλλευση των SGD συνεπάγεται βελτίωση του προβλήματος της λειψυδρίας.

Ενδεικτικό του μεγέθους των ποσοτήτων είναι πως σύμφωνα με την International Atomic Energy Agency (IAEA), οι εκτιμώμενες ποσότητες SGD, ανέρχονται έως 80-160% των ποσοτήτων ροής των ποταμών, μόνο για τη περίπτωση του Ατλαντικού Ωκεανού.



Εικόνα 5: Θέσεις SGD ανά το κόσμο (IAEA 'Submarine Groundwater Discharge' 2007)

Πέραν όμως των ποσοτήτων, σημαντικής σημασίας είναι και η ποιότητα των υδάτων που καταλήγουν στη θάλασσα. Το νερό κατά την διαδρομή του υπογειώς διαλύει και μεταφέρει συστατικά που τα αποδίδει στη θάλασσα.

⁸ COSTAL DEFENCES Processes, Problems and Solutions, Peter W. French, Goldberg 1994

Θρεπτικά συστατικά, βαρέα μέταλλα καθώς και ρύποι, είναι κάποια από τα στοιχεία που ακόμα και σε μικρές ποσότητες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το παράκτιο υδατικό περιβάλλον.

Έχουν δοθεί κατά το παρελθόν, συγκεκριμένα παραδείγματα οικολογικής επίδρασης των SGD στα παράκτια οικοσυστήματα που έχουν αποδείξει ότι οι εισροές π.χ. νιτρικών μέσω των υπόγειων εκροών είναι καθοριστικές στη συνολική θρεπτική αξία παράκτιων ελών⁹. Επίσης παραδείγματα επιβλαβών φυκιών που έχουν αναπτυχθεί εξ αιτίας των θρεπτικών συστατικών που προέρχονται από SGD είναι συνηθισμένα. Στον αντίποδα η ύπαρξη υπόγειων εκροών γλυκού νερού είναι καθοριστικής σημασίας σε περιοχές όπου τα υδατικά ισοζύγια είναι περιορισμένα π.χ. σε μικρά νησιά.

Επίσης, πολύ σημαντική είναι η συμβολή των υποθαλάσσιων εκροών στην ανάσχεση της υφαλμύρινσης των παράκτιων περιοχών. Με την ύπαρξη τους εμποδίζουν την είσοδο του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα καθιστώντας τις παράκτιες εκτάσεις κατάλληλες πχ για χρήση γεωργικών καλλιεργειών, άντληση μέσω γεωτρήσεων κ.τ.λ.. Σε περιπτώσεις SGR, όπου δηλαδή οι SGD έχουν υποχωρήσει, παρατηρείται εισχώρηση του θαλασσινού νερού σε αποστάσεις εκατοντάδων μέτρων η ακόμα και χιλιομέτρων. Πέραν του ότι υποβαθμίζεται ποιοτικά το υπέδαφος, η αποκατάσταση, όταν αυτή απαιτηθεί, είναι μια διαδικασία επίπονη και ιδιαίτερα χρονοβόρα.

2.4.3 Καρστικές SDG

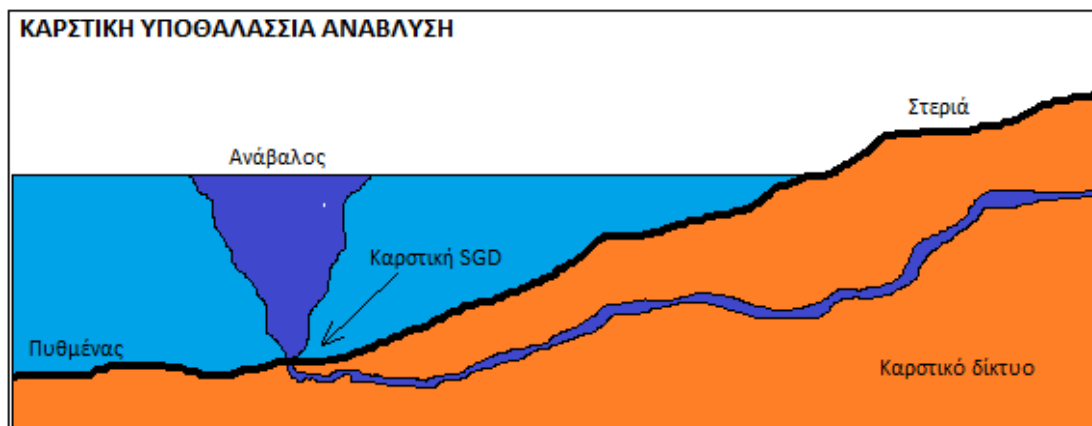
Μια κατηγορία υποθαλάσσιων εκροών γλυκού νερού είναι οι καρστικές υποθαλάσσιες αναβλύσεις. Όπως αναφέρει ο ορισμός, είναι αναβλύσεις που γίνονται μέσα στη θάλασσα και οφείλονται στην εκτόνωση καρστικών δικτύων. Αυτά έχουν σχηματιστεί στη ξηρά χιλιάδες χρόνια πριν και με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας καλύφθηκαν τα σημεία εκφόρτισης τους.

Η ανάβλυση γίνεται στο πυθμένα τον θαλασσών από το σημείο κατάληξης του καρστικού αγωγού. Το επίπεδο του στομίου ανάβλυσης είναι παράλληλο της κλίσης του πυθμένα ενώ εναλλακτικά μπορεί να γίνει και από σχισμές βράχων η από τοπικές εξάρσεις.

Λόγω διαφοράς πυκνότητας γλυκού – αλμυρού νερού, δημιουργείται στην έξοδο τυρβώδης ανωστική φλέβα η οποία λόγω άνωσης καταλήγει στην επιφάνεια της θάλασσας. Τα χαρακτηριστικά της εξαρτώνται, εκτός από τη διαφορά πυκνοτήτων και από άλλους παράγοντες όπως την ταχύτητα εξόδου, τη γεωμετρία του στομίου εξόδου καθώς και του βάθους ανάβλυσης. Ανάλογα

⁹Valieta et al (1978,1992,2002)

με τη περίπτωση μπορούμε να έχουμε απλή ανωστική φλέβα (πλούμιο), ανωστική φλέβα (buoyant jet), η εκτοξευόμενη φλέβα (jet).



Σχήμα 5: Ενδεικτική τομή υποθαλάσσιας ανάβλυσης (Καρουζάκης Μ.)

Σε κάθε μία από της παραπάνω περιπτώσεις διαφοροποιούνται τα χαρακτηριστικά ροής που είναι κρίσιμα, τόσο για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δημιουργεί η ανάβλυση (μεταβολή στην θερμοκρασία των νερών, στην αλατότητα και στη συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών, ρύπων), όσο και για την επιλογή μεθόδου σε περίπτωση υδρομάστευσης. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι αναβλύσεις δεν έχουν πάντα σταθερή παροχή.

Στη περίπτωση που το βάθος ανάβλυσης είναι σχετικά μικρό και η παροχή έχει ορμή (όταν τείνει η όταν είναι περίπτωση jet) δημιουργείται στην επιφάνεια της θάλασσας ένας κυκλικός σχηματισμός (ανάβαλος), χαρακτηριστικό καρστικής υποβρύχιας ανάβλυσης .



Εικόνα 6: Ανάβαλος στη περιοχή της Στούπας (Ν. Μεσσηνίας) (Καρουζάκης Μ.)

Η δημιουργία στην επιφάνεια της θάλασσας της παραπάνω μορφής είναι σύνηθες φαινόμενο στις παράκτιες αναβλύσεις όπου οι συνθήκες ευνοούν.

Ανάλογα με τις δυνατότητες της εκάστοτε SGD, αυτή η επιφανειακή κατάληξη της απορροής είναι δυνατό να παρατηρείται από μερικές μέρες έως και καθόλη τη διάρκεια του έτους. Αυτή καθώς και η επεξεργασία υπέρυθρων αεροφωτογραφιών είναι οι δύο μέθοδοι εντοπισμού καρστικών SGD.

Επίσης συνηθισμένη είναι και η εμφάνιση όχι μεμονωμένης, αλλά ομάδας αναβλύσεων που οφείλεται στον τρόπο εξέλιξης του καρστ. Οι ροές σε όλες τις πηγές δεν είναι ίδιες, ενώ πολλές φορές έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο η ομάδα των καρστικών αγωγών να επικοινωνούν υδραυλικά μεταξύ τους.

Οι καρστικές SGD συγκεντρώνουν μεγάλο ενδιαφέρον τόσο σε επίπεδο μελέτης των χαρακτηριστικών τους (παροχές, χημική σύσταση κ.α.) όσο και σε επίπεδο δυνατότητας υδρομάστευσης, ειδικά όταν αυτές βρίσκονται κοντά στην ακτή για το λόγο ότι είναι σχετικά εφικτή η παρακολούθησή τους ακόμα και σε ετήσια βάση.



Εικόνα 7: Μετρήσεις σε καρστική SGD (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

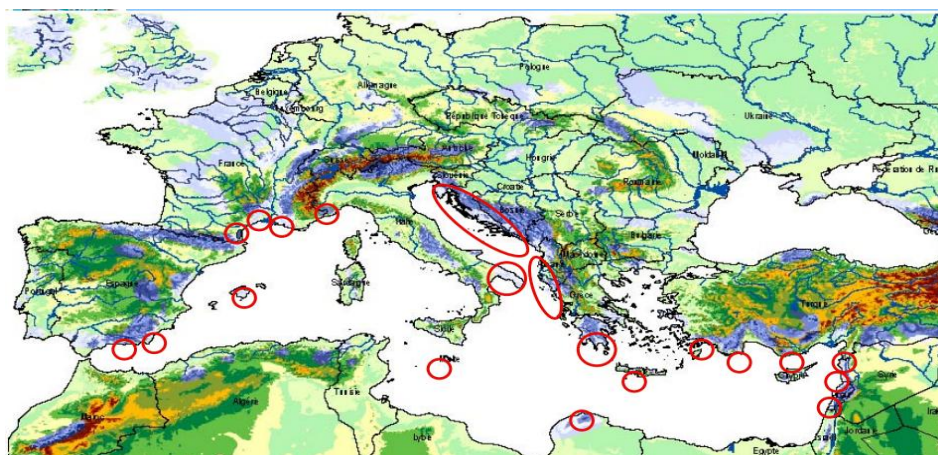
Υπάρχουν σε όλο τον κόσμο και τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί για αυτές είναι πολύ ενθαρρυντικά σε κάποιες περιπτώσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τη λεκάνη της Μεσογείου μόνο, το 2007 εκτιμήθηκαν ετήσιες απορροές, της τάξης των 25 – 68 km³.¹⁰

Αντικείμενο της παρούσας Μεταπτυχιακής εργασίας είναι αυτού του είδους οι πηγές και ότι έχει να κάνει με την αξιοποίησή τους. Αντίστοιχες προσπάθειες έχουν γίνει κατά το παρελθόν μερικές από τις οποίες παρατίθενται σε επόμενο κεφάλαιο.

¹⁰ M. Bakalowicz “Karst Sub Marine Springs” (KSMS) Austin 2005.

2.5 Υποθαλάσσιες Εκροές στον Ελληνικό Χώρο

Το 35% περίπου του ελληνικού χώρου αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, μάρμαρα ή δολομίτες). Κατά συνέπεια η ανάπτυξη των καρστικών δομών είναι κάτι σύνηθες όπως συνήθεις είναι και οι υποθαλάσσιες καρστικές αναβλύσεις. Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχουν διάσπαρτες αρκετές πηγές τέτοιου είδους. Όπως φαίνεται στο παραπάνω χάρτη, είναι καταγεγραμμένες στη χώρα μας αρκετές θέσεις υποθαλάσσιων αναβλύσεων. Εντοπίζονται κυρίως στη περιοχή της Δυτικής Ελλάδας στη Πελοπόννησο τη Κρήτη και στα Δωδεκάνησα .



Εικόνα 8: Θέσεις Υποθαλάσσιων πηγών στη Μεσόγειο (M. Bakalowich)

Ενδεικτικά παραδείγματα για τον Ελλαδικό χώρο είναι:

- Μπαλί (Ν. Ρεθύμνου)
- Παντούκιος (Ν. Χίου)
- Στούπα (Ν. Μεσσηνίας)
- Κιβέρι (Ν. Αργολίδας)
- Αγ. Μελάνη (Ν. Λέσβου)
- Λεωνίδιο (Ν. Αρκαδίας)
- Κόρφος (Ν. Κορινθίας)

Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι αναβλύσεις παραμένουν αναξιοποίητες για διάφορους λόγους όπως πχ η έλλειψη δεδομένων καταγραφής για τις πηγές (παροχές, ιδιότητες κ.α.) , η μη γνώση τεχνικών υδρομάστευσης καθώς και η αδυναμία εξεύρεσης πόρων σε περίπτωση που έχει αποφασιστεί η αξιοποίησή τους.

Σε όσες από αυτές όμως έχουν γίνει προσπάθειες εκμετάλλευσης τα αποτελέσματα πολλές φορές δεν είναι τα αναμενόμενα αφού τα έργα είτε δεν έχουν αποδώσει ως αναμενόταν, είτε απαξιώθηκαν από ελλιπή συντήρηση.

2.6 Διεθνείς Τεχνικές

Για την αξιοποίηση υποθαλάσσιων αναβλύσεων έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες κατά το παρελθόν. Η ύπαρξη τέτοιων πηγών είναι γνωστή από την αρχαιότητα με τη πρώτη καταγεγραμμένη προσπάθεια υδρομάστευσης τέτοιων πηγών να έχει γίνει από το Στράβωνα. Οι λόγοι που σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν τέτοια έργα ποικίλουν. Η υδροδότηση οικισμών, ο εμπλουτισμός παρακείμενων υδροφόρων, η χρήση σε καλλιέργειες είναι κάποιοι από αυτούς.

Οι παράμετροι οι οποίες θα καθορίσουν εάν είναι συμφέρουσα η εκμετάλλευση μιας υποθαλάσσιας ανάβλυσης είναι οι εξής¹¹:

- Απαίτηση σε νερό στη συγκεκριμένη περιοχή
- Συνολικός όγκος και ρυθμός απορροής, συνυπολογιζόμενο και το τοπικό παλιρροιακό εύρος.
- Το βάθος που βρίσκεται η πηγή
- Η απόσταση της από την ακτή
- Η έκθεσή της σε κυματισμούς και σε μόνιμες δυσμενείς κλιματολογικά συνθήκες
- Μορφολογία και αριθμός πηγών
- Γεωμορφολογία πυθμένα μεταξύ ακτής και πηγής
- Γεωμορφολογία ακτογραμμής

Αν και είναι με σειρά σπουδαιότητας, κάθε μία από αυτές μπορεί να είναι καθοριστική σε σχέση με τις υπόλοιπες. Γι αυτό και κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά.

Σε όλα τα έργα που πραγματοποιήθηκαν, η επιλογή της μεθόδου καθορίστηκε από τα χαρακτηριστικά της πηγής. Η παροχή της ανάβλυσης, η γεωμετρία της, το βάθος, ο σκοπός αλλά και η οικονομική κλίμακα του έργου ήταν ορισμένα από τα κριτήρια. Τα αποτελέσματα σε κάποιες περιπτώσεις ήταν τα αναμενόμενα, σε κάποιες άλλες όχι. Το κρίσιμο σημείο σε όλες τις περιπτώσεις ήταν ο τρόπος υλοποίησης. Αυτός καθόρισε σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα της κάθε προσπάθειας. Το υποβρύχιο περιβάλλον είναι ένα περιβάλλον με ιδιαίτερες απαιτήσεις και αρκετές δυσκολίες. Οι υδροστατικές πιέσεις, τα θαλάσσια ρεύματα, καθώς και η ορμή της ίδιας της ανάβλυσης,

¹¹ Ground Water Management of Costal Karstic Aquifers, Final Report, COST Action 621.

είναι κάποιοι από τους παράγοντες που δυσχεραίνουν το κατασκευαστικό μέρος του έργου.

Η ελλιπής γνώση των υδρολογικών χαρακτηριστικών των αναβλύσεων ήταν επίσης, σημαντικός παράγοντας αστοχίας η μη, των έργων. Η ύπαρξη χρονοσειρών μετρήσεων είναι κάτι σπάνιο για τις υποθαλάσσιες πηγές ανάβλυσης. Η δυσκολία, όπως αναφέρθηκε ήδη, στην λήψη μετρήσεων αλλά και η αξιοπιστία τους, που πολλές φορές αμφισβητείται, μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένο σχεδιασμό.

Ακολουθούν παραδείγματα από τον ελληνικό και διεθνή χώρο.

2.6.1 Παράκτια Φράγματα - Κιβέρι Άργους

Έξω από το χωριό Κιβέρι του Δήμου Άργους-Επιδαύρου το 1970 κατασκευάστηκε παράκτιο φράγμα, προκειμένου να υδρομαστεύσει τις καρστικές υποθαλάσσιες πηγές που βρίσκονται ελάχιστα μέτρα από την ακτή.

Οι αναβλύσεις βρίσκονται στο πυθμένα της θάλασσας, σε βάθος μέχρι 6μ. και έχουν υδραυλική επικοινωνία με τις καταβόθρες του οροπεδίου της Τρίπολης όπως έχει διαπιστωθεί από ιχνηθετήσεις. Η συνολική παροχή εκτιμάται ότι ξεπερνά τα 50.000m³/h.

Πρόκειται για ένα τοξωτό φράγμα από οπλισμένο σκυρόδεμα ,το οποίο εφάπτεται με την ακτή. Έχει ύψος στέψης +4,00μ., συνολικό ύψους 14,00μ. και μήκος στέψης 180μ.



Εικόνα 9: Το Φράγμα του Κιβεριού στο Άργος.

Έχει εγκατεστημένες θυρίδες που ρυθμίζουν το επίπεδο του νερού εντός του φράγματος, να διατηρείται σε στάθμη ανώτερη από αυτή του επιπέδου της θάλασσας.

Για την άντληση έχουν εγκατασταθεί 4 αντλίες συνολικής αναλυτικής ικανότητας 40.000 m³/h ενώ υπάρχει δυνατότητα και για εγκατάσταση 5^{ης} με ικανότητα άντλησης 12.000m³/h.

Το φράγμα κατασκευάστηκε για να καλύψει μέρος των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης του Ν. Αργολίδας. Όπως προέκυψε από την λειτουργία του έργου, η ποιότητα του νερού δεν το καθιστά κατάλληλο για πόσιμό. Συγκεκριμένα η συγκέντρωση χλωριόντων είναι πολύ συχνά μεγαλύτερη των 250 mg/lit, ενώ παρουσιάζονται και αυξημένες συγκεντρώσεις σιδήρου, μαγγανίου και οριακές συγκεντρώσεις μολύβδου¹²

Συμπληρωματικά του φράγματος κατασκευάστηκε δίκτυο αγωγών για τη μεταφορά του νερού συνολικού μήκους 80 Km. Τα 35 Km αποτελούνται από ανοικτά κανάλια ενώ τα υπόλοιπα από κλειστούς αγωγούς. Επιπρόσθετα 10 αντλιοστάσια, 4 λιμνοδεξαμενές καθώς και ένα δευτερεύον δίκτυο αγωγών βοηθούν για τη τροφοδοσία των καταναλωτών¹³.

Τον Ιούνιο του 2014 υπογράφηκε σύμβαση από το ΥΠΕΚΑ για την εκπόνηση μελέτης κατασκευής μονάδας καθαρισμού και αφαλάτωσης του νερού, κατασκευής δεξαμενών ανάμιξης και αναρίθμησης για την αντιμετώπιση ημερήσιων αιχμών κατανάλωσης, και εγκατάσταση τηλεμετρίας και τηλεέγχου¹⁴.

2.6.2 Σωλήνα υδρομάστευσης – Cape Mortola

Μία απλή, ως προς τη σύλληψη, τεχνική υδρομάστευσης υποθαλάσσιας πηγής, είναι η τοποθέτηση κατάλληλου σωλήνα στο στόμιο της ανάβλυσης. Η λογική της μεθόδου είναι η απομόνωση στου στομίου από το θαλασσίνο νερό και η κατεύθυνση του νερού της ανάβλυσης προς την επιφάνεια μέσω του σωλήνα.

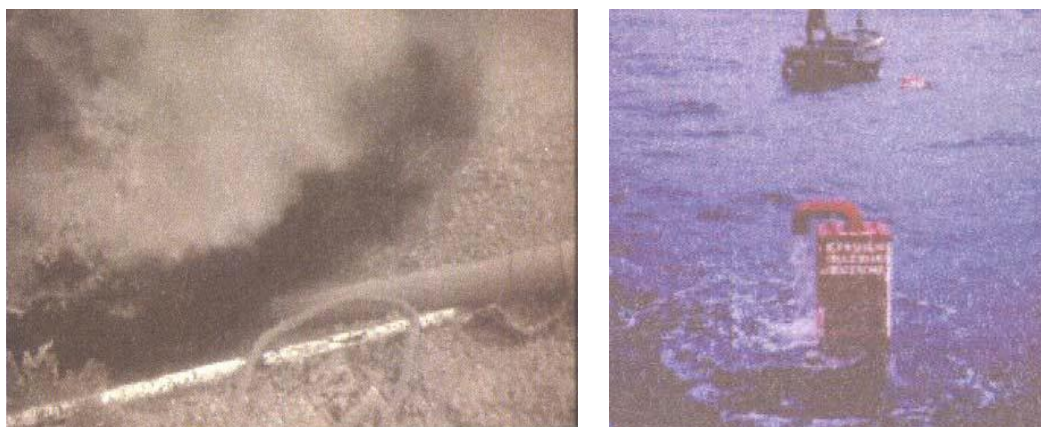
Μια τέτοια προσπάθεια είχε γίνει στην υποθαλάσσια ανάβλυση Rovertto που βρίσκεται στη Τυρρηνία θάλασσα, στα Ιταλογαλλικά σύνορα. Από μετρήσεις που έγιναν τις δεκαετίες του 1960 και 1970 εκτιμήθηκε παροχή γύρω στα 250 l/s καθώς και θαλάσσια διείσδυση στο στόμιο της πηγής.

¹² Γιαννόπουλος Π. , Μαραβάγιας Δ. , 2008

¹³ «Αργολίδα: ένα κλασσικό παράδειγμα κακοδιαχείρισης των πηγαίων υδάτινων πόρων.» Π. Ντόντος

¹⁴ ΥΠΕΚΑ

Η θέση της ανάβλυσης βρίσκεται 800μ. από την ακτή και σε βάθος -38μ. Το χαρακτηριστικό της είναι το επίμηκες στόμιο της ανάβλυσης καθώς βρίσκεται στην επαφή γεωλογικών σχηματισμών.



Εικόνα 10 & 11: Υποβρύχια εικόνα από τη τοποθέτηση του σωλήνα (δεξιά) και στόμιο εξόδου στην επιφάνεια (αριστερά). (Ι.Κουμαντάκης ΕΜΠ)

Η μέθοδος αυτή δοκιμάστηκε για μικρό χρονικό διάστημα κατά το οποίο το νερό έφτανε στην επιφάνεια με φυσική ροή.

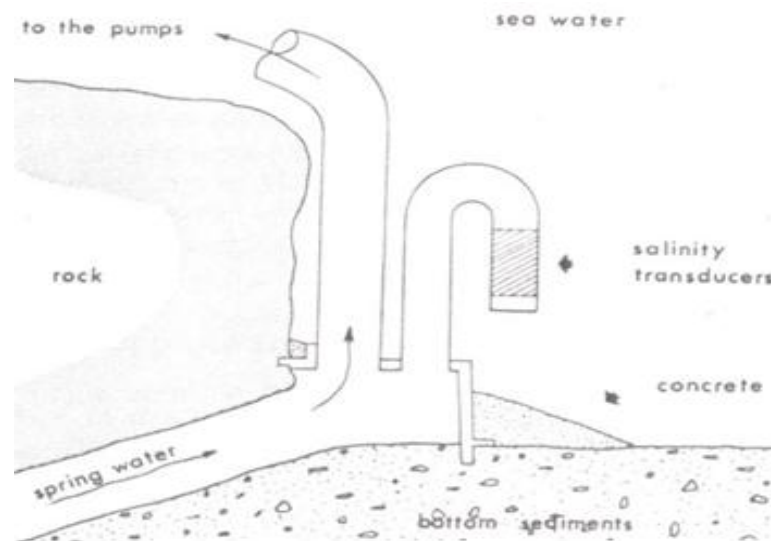
2.6.3 Σύστημα υδροληψίας τύπου Σίφωνα – Mar Piccolo

Μια άλλη τεχνική υδρομάστευσης είναι αυτή του συστήματος τύπου σίφωνα. Πρόκειται για μία κατασκευή σχήματος καμπάνας η οποία τοποθετείται πάνω από την ανάβλυση. Βασίζεται στην εξίσωση των υδροστατικών πιέσεων γλυκού αλμυρού νερού και στη ρύθμιση μ αυτό τον τρόπο της ροής εξόδου της πηγής προκειμένου να μην υπάρχει θαλάσσια διείσδυση στη πηγή

Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα το σύστημα αποτελείται από 2 εξόδους: Η πρώτη, χρησιμεύει στην διαφυγή του νερού της πηγής προς την επιφάνεια. Η δεύτερη έξοδος, η οποία έχει μορφή αντεστραμμένου σίφωνα, λειτουργεί ως μηχανισμός εξισορρόπησης των πιέσεων. Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα παρακολούθησης ώστε η διεπιφάνεια γλυκού -αλμυρού νερού να παραμένει εντός του ανεστραμμένου τμήματος.

Όταν η παροχή της πηγής αυξάνει, η διεπιφάνεια τείνει προς την έξοδο του σωλήνα. Μέσω του συστήματος παρακολούθησης, βάνες ελέγχου ροής επιτρέπουν τη κίνηση του νερού της πηγής, μέσω της πρώτης εξόδου, στην επιφάνεια, προκειμένου να επανέλθει η ισορροπία.

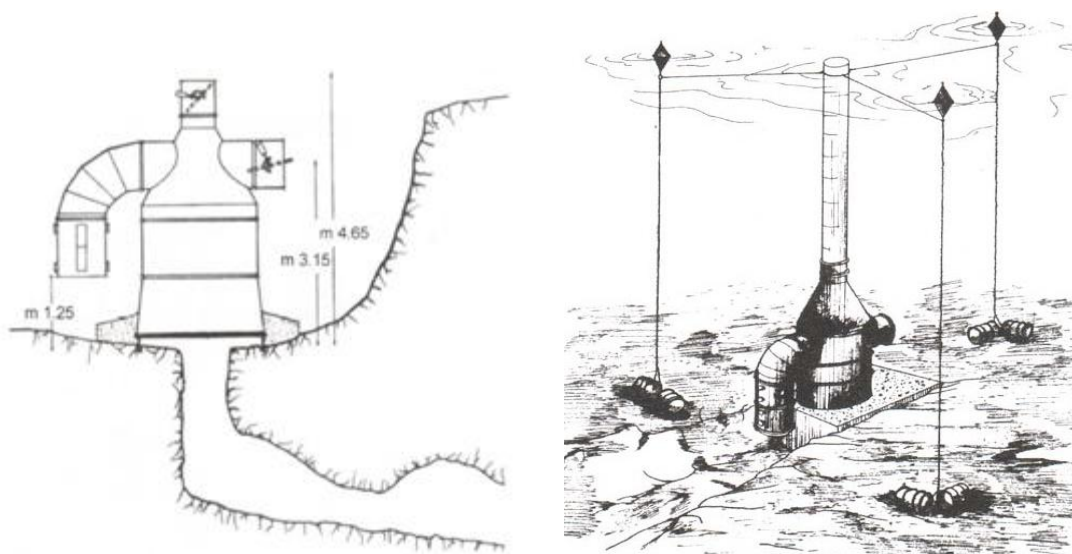
Όταν η παροχή της πηγής μειωθεί δηλαδή όταν η διεπιφάνεια τείνει προς το εσωτερικό του ανεστραμμένου σίφωνα τότε οι βάνες της πρώτης εξόδου κλείνουν έως ότου η διεπιφάνεια να έρθει στα επιθυμητά επίπεδα.



Σχήμα 7: Απεικόνιση αρχής λειτουργίας συστήματος υδροληψίας τύπου Σίφωνα (COST Action 621)

Με αυτό τον τρόπο ελέγχεται ανα πάσα στιγμή η ροή της πηγής και αποδίδεται επιφανειακά, μόνο όσο νερό μπορεί να αποδώσει, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος υφαλμύρισης.

Το σύστημα αυτό πατενταρίστηκε (Stefanon 1972) και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά με επιτυχία στο Mar Piccolo στο Tarranto στη νότια Ιταλία. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν πάνω από 40 αναβλύσεις που απέχουν περί τα 50 μ από την ακτή και βρίσκονται σε βάθος -20μ. Σε 2 από αυτές έγινε εφαρμογή της μεθόδου: την Citro Galerso (1m³/s) και την Citro Citrello (0,35 m³/s.)

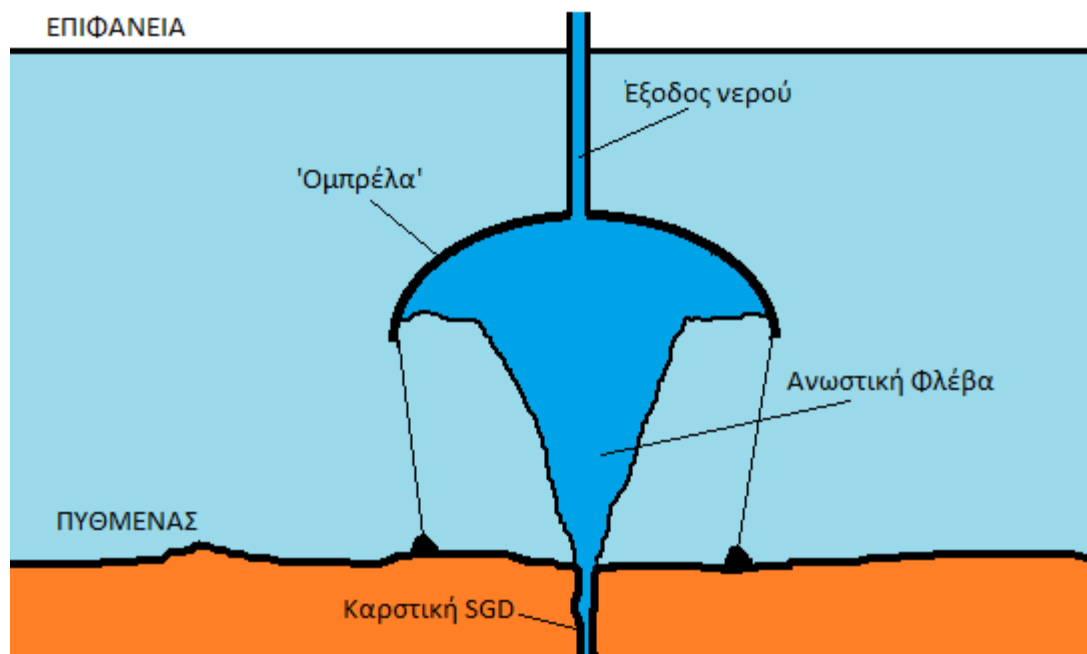


Σχήμα 8 & 9: Σχηματική τομή της μεθόδου για την πηγή Citro Galerso (αριστερά) και σχηματική αναπαράσταση για την πηγή Citro Citrello (δεξιά) (COST Action 621)

2.6.4 Σύστημα υδροληψίας τύπου ‘Ομπρέλας’ – Cape Motola

Η μέθοδος αυτή αξιοποιεί το γεγονός ότι (υπό προϋποθέσεις) το νερό των υποθαλασσίων πηγών, λόγω διαφοράς πυκνότητας (με αυτό της θάλασσας) λειτουργεί ως ανωστική τυρβώδης φλέβα. Στο φαινόμενο αυτό, που θα περιγραφεί εκτενώς σε παρακάτω κεφάλαιο, εκμεταλλευόμαστε το ότι κοντά στο στόμιο υπάρχει μία ζώνη όπου το εκρέον νερό δεν έχει προλάβει να αναμειχθεί με το θαλασσινό

Επειδή ο τρόπος με τον οποίο διαχέεται το νερό της πηγής είναι κωνικός, αν τοποθετήσουμε μια κατασκευή σχήματος ομπρέλας μέσα σ αυτό το κώνο, θα καταφέρουμε να εγκλωβίσουμε ποσότητα από αυτή που διαφεύγει απ' τη πηγή.

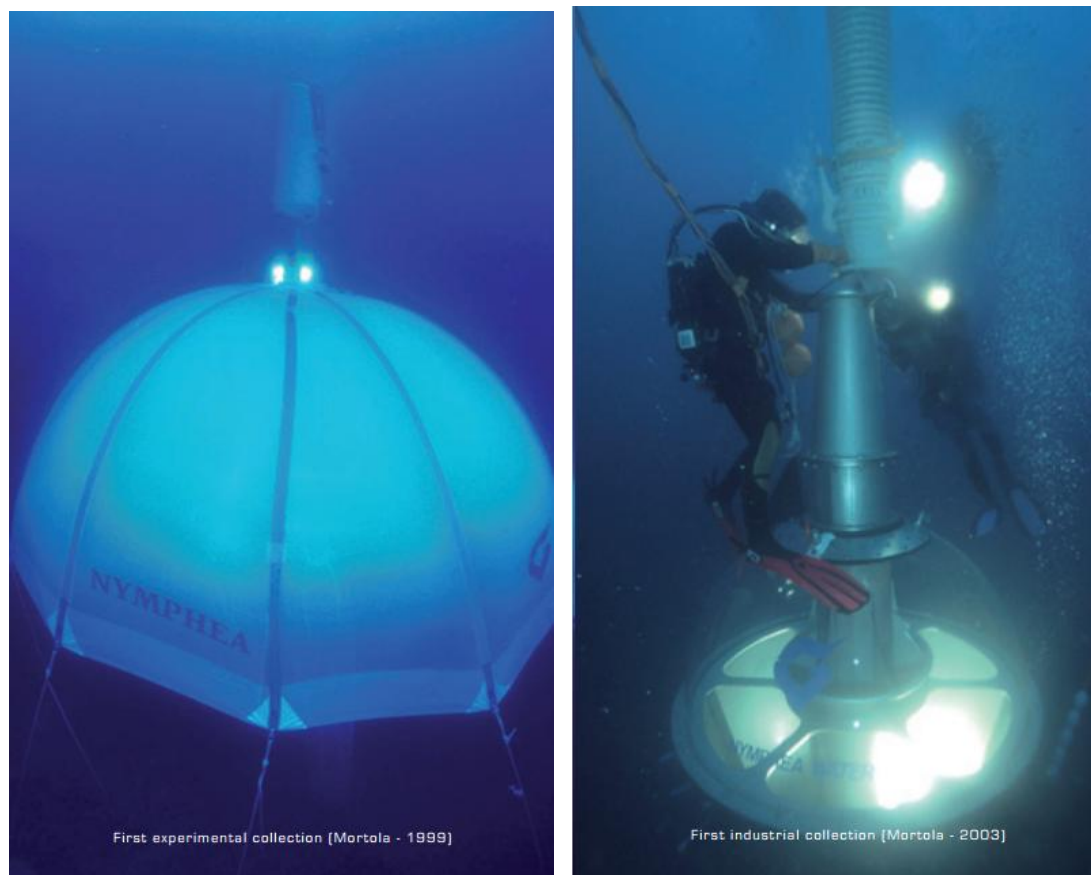


Εικόνα 12: Ενδεικτική τομή τρόπου λειτουργίας ‘Ομπρέλας’ (Καρουζάκης Μ.)

Όπως φαίνεται και στο σκαρίφημα, το νερό της ανάβλυσης παγιδεύεται μέσα στην ‘ομπρέλα’, όντας πιο ελαφρύ, στο πάνω μέρος της και αρχίζει να την γεμίζει διώχνοντας ταυτόχρονα το θαλασσινό νερό που προϋπήρχε. Ανοίγοντας μια ελεγχόμενη οπή στο πάνω μέρος της ομπρέλας μπορούμε να πάρουμε το νερό της ανάβλυσης. Αυτή η τεχνική είναι ιδανική σε περιπτώσεις όπου η μορφολογία του πυθμένα δεν επιτρέπει τη θεμελίωση πιο σταθερών κατασκευών.

Τη μέθοδο αυτή εφάρμοσε πρώτη η Γαλλική εταιρία Nymrhea το 1999 σε μια προσπάθεια υδρομάστευσης της πηγής Rovertto που αναφέρθηκε και παραπάνω. Αρχικά τοποθετήθηκε μία εύκαμπτη ομπρέλα πάνω από την πηγή στερεωμένη με βαρίδια.

Αργότερα το 2003 δοκιμάστηκε παραλλαγή της, με την ομπρέλα να αποτελείται από σταθερό υλικό

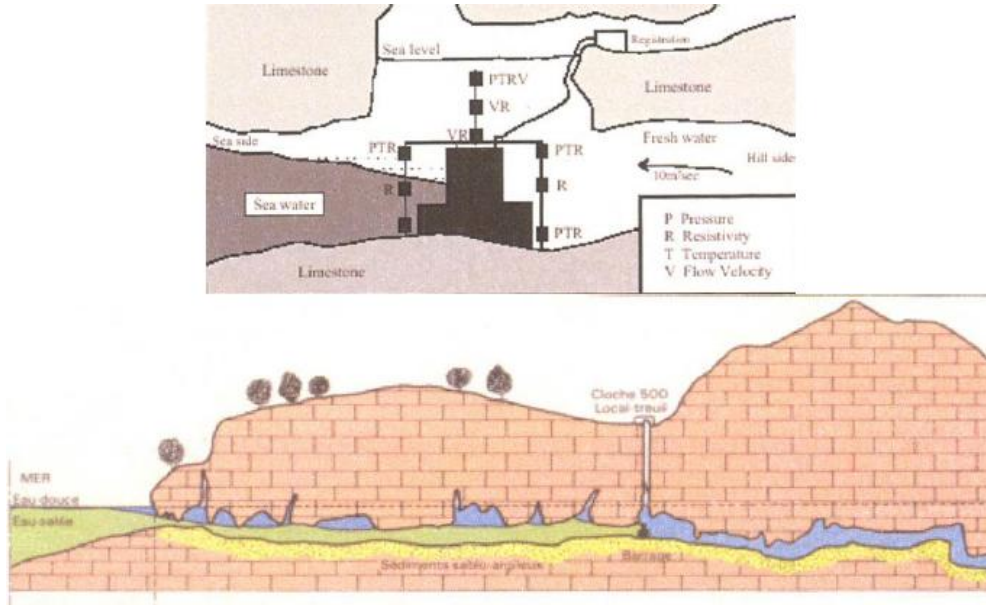


Εικόνες 13 και 14 : Συσκευές υδρομάστευσης μορφής ομπρέλας της εταιρίας Nymphaea εύκαμπτου τύπου (αριστερά) και με σταθερά τοιχώματα (δεξιά) (Nymphaea water systems)

2.6.5 Φράγμα εντός υποθαλάσσιου καρστικού αγωγού – Port-Miou

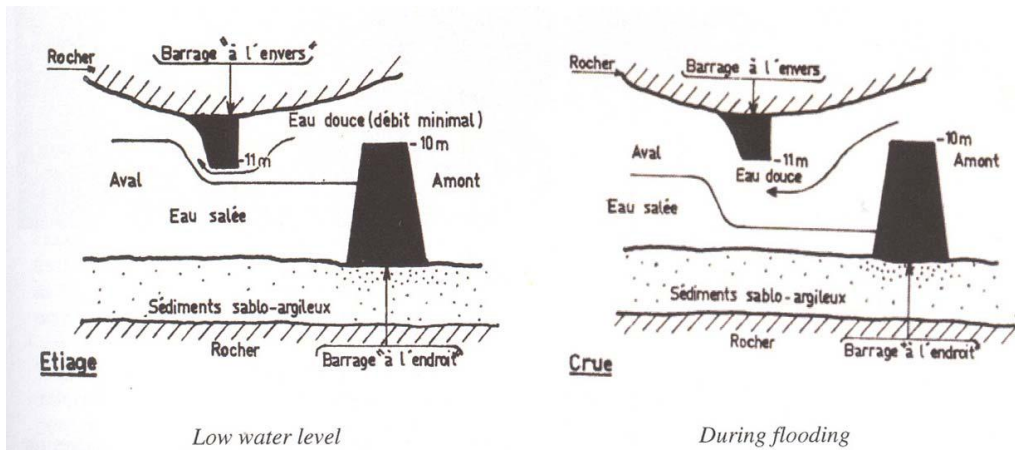
Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε στη Γαλλία κοντά στη Μασσαλία, για την αξιοποίηση των υποθαλάσσιων καρστικών πηγών που τροφοδοτούν τις πηγές Cassis. Το έργο, που ξεκίνησε το 1964, ήταν η δημιουργία δυο φραγμάτων εντός του υποθαλάσσιου καρστικού αγωγού με σκοπό την εμπόδιση διείσδυσης της θάλασσας εντός αυτού. Όπως φαίνεται και στα παρακάτω σχήματα, τα φράγματα κατασκευάστηκαν σε διεύθυνση κάθετη της ροής.

Η φιλοσοφία του έργου ήταν η εξής: όταν η ροή του καρστικού αγωγού είναι χαμηλή η είσοδος του θαλασσινού νερού θα εμποδίζεται από το φράγμα και έτσι δεν θα υπάρχει ανάμειξη. Όταν η ροή του καρστικού αγωγού αυξηθεί τότε αρχικά θα γεμίσει ο χώρος πίσω από το φράγμα, όπου γίνεται και υδροληψία και η επιπλέον ποσότητα θα υπερπηδήσει αυτό.

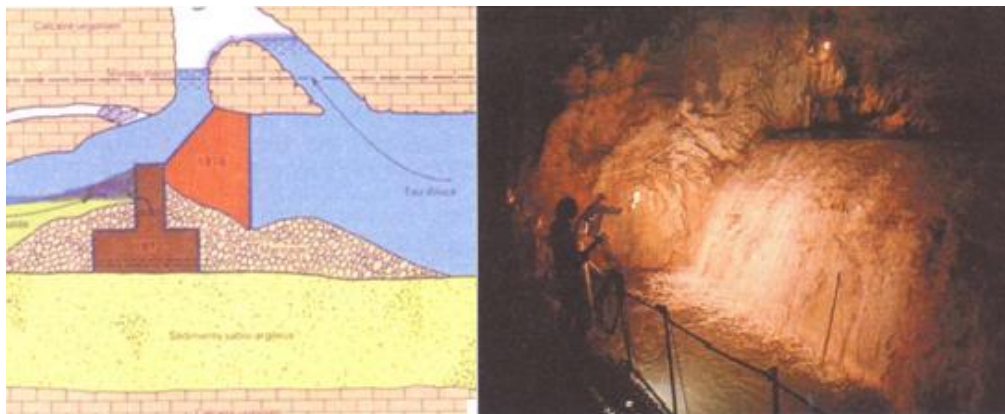


Εικόνα 15: Τομή από την περιοχή του έργου (COST Action 621)

Αποτέλεσμα αυτού του εγχειρήματος αναμένεται η διατήρηση μικρής η ακόμα και μηδενικής αλατότητας του νερού πίσω από τα φράγματα.



Σχήμα 8: Επεξηγηματική τομή λειτουργίας των φραγμάτων.(COST Action 621)



Εικόνες 16 & 17: Τομή φραγμάτων και υπερχειλιστή (COST Action 621).

3 Η ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΝΑΒΛΥΣΗ ΣΤΟΥΠΑΣ

3.1 Γενικά Στοιχεία

3.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά της Περιοχής¹⁵

Η υποθαλάσσια ανάβλυση που είναι αντικείμενο μελέτης στη παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, βρίσκεται στο Νομό Μεσσηνίας, στο θαλάσσιο χώρο βορειοδυτικά του χωριού Στούπα.

Ο Νομός Μεσσηνίας έχει πρωτεύουσα τη Καλαμάτα και ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου. Βρίσκεται στο Νοτιοδυτικό τμήμα του διαμερίσματος και συνορεύει από βόρεια με το νομό Ηλείας βορειοανατολικά με το νομό Αρκαδίας και ανατολικά με το νομό Λακωνίας ενώ από νότια και δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο Πέλαγος. Έχει έκταση 2991 Km² και σύμφωνα με την απογραφή του 2011 έχει συνολικό πληθυσμό 175.587 κατοίκους



Εικόνα 18: Διοικητική Διαίρεση Πελοποννήσου.

Παρουσιάζει μεταβολές ως προς τη μορφολογία του εδάφους, καθώς στο παράκτιο τμήμα του και με διεύθυνση, από βορά προς νότο, εκτείνεται η πεδιάδα της Μεσσηνίας, ενώ στο ανατολικό τμήμα του και με την ίδια διεύθυνση, βρίσκεται η οροσειρά του Ταυγέτου με την υψηλότερη κορυφή της Πελοποννήσου, το όρος Αιγιολιάς η Προφήτης Ηλίας, με ύψος 2407μ. Κάθετα στην πεδιάδα διαρρέει ο Πάμισος ποταμός, ο μεγαλύτερος του νομού με μήκος 48km ο οποίος εκβάλλει στο Μεσσηνιακό Κόλπο με κυριότερα άλλα ποτάμια να είναι η Νέδα (32Km), ο Βέλικας και ο Νέδωνας (30km) που διασχίζει την πόλη της Καλαμάτας.

¹⁵ ΕΛΣΤΑΤ, ΥΠΕΣ, Wikipedia

Διοικητικά, η περιφερειακή ενότητα της Μεσσηνίας υπάγεται στη Περιφέρεια Πελοποννήσου που περιλαμβάνει και τις περιφερειακές ενότητες Αρκαδίας, Αργολίδας, Κορινθίας, Λακωνίας με συνολική έκταση 15490 km² και πληθυσμό 577.903 κατοίκους..

3.1.2 Ο δήμος Δυτικής Μάνης

Η περιφερική ενότητα Μεσσηνίας στην οποία υπάγεται η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, περιλαμβάνει τους δήμους Δυτικής Μάνης, Καλαμάτας, Μεσσήνης, Οιχαλίας, Πύλου – Νέστορος και Τριφυλλίας



Εικόνα 19: Θέση του δήμου Δυτικής Μάνης στο Ν. Μεσσηνίας.

Ο δήμος της Δυτικής Μάνης είναι χωρισμένος σε 2 δημοτικές ενότητες: τη Δημοτική ενότητα της Αβιάς και τη Δημοτική ενότητα Λεύκτρου με πληθυσμό 2246 και 4699 κατοίκους αντίστοιχα¹⁶. Βρίσκεται στο Νοτιοδυτικό τμήμα του Νομού όπως φαίνεται στο παραπάνω χάρτη, με την περιοχή της μελέτης να υπάγεται διοικητικά εντός της Δημοτικής Ενότητας Λεύκτρου. Συνολικά ο Δήμος Μάνης έχει πληθυσμό 6945 κατοίκους με βάση την απογραφή του 2011.

¹⁶ ΕΛΣΤΑΤ Απογραφή 2011.

Στο Παρακάτω χάρτη εμφανίζονται τα όρια των διοικητικών ενοτήτων του Δημοτικού Διαμερίσματος Μεσσηνίας όπως έχουν προκύψει από της διοικητική διαίρεση της χώρας στα πλαίσια του προγράμματος Καλλικράτης.



Εικόνα 20: Διοικητική Διαίρεση Δ.Δ. Μεσσηνίας σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης.

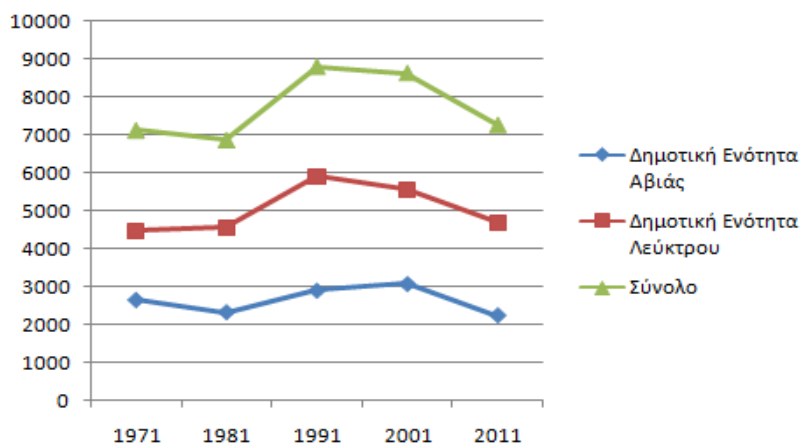
Η εξέλιξη του πραγματικού πληθυσμού του Δήμου Δυτικής Μάνης ακολουθεί σε γενικές γραμμές το πρότυπο της πληθυσμιακής εξέλιξης της ελληνικής υπαίθρου.

Οι αυξήσεις του πληθυσμού των ετών 1981-2001, παρότι κρίνεται ότι είναι μικρότερες των καταγραφόμενων, αποτυπώνουν πραγματικές πληθυσμιακές ανακάμψεις που σχετίζονται με την τουριστική ανάπτυξη της περιοχής, την παλιννόστηση από την Αθήνα και το εξωτερικό, την εγκατάσταση αλλοδαπών στην περιοχή και την παρουσία οικονομικών μεταναστών.¹⁷ Στην τελευταία απογραφή φαίνεται σαφής κάμψη του πληθυσμού.

| | 1971 | 1981 | 1991 | 2001 | 2011 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Δημοτική Ενότητα Αβιάς | 2657 | 2330 | 2908 | 3089 | 2246 |
| Δημοτική Ενότητα Λεύκτρου | 4478 | 4548 | 5908 | 5558 | 4699 |
| Σύνολο | 7135 | 6878 | 8816 | 8647 | 6945 |

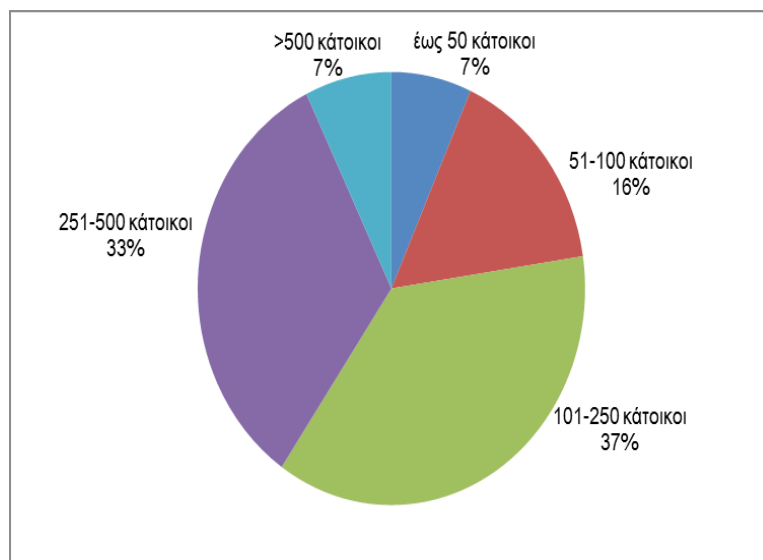
Πίνακας1: Πληθυσμός Δημοτικών Ενοτήτων Δήμου Δυτικής Μάνης (ΕΛ.ΣΤ.Α.Τ.)

¹⁷ Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Δυτικής Μάνης



Διάγραμμα 1: Εξέλιξη Πληθυσμού Δ. Ενοτήτων Δ. Δ. Μάνης (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Οι συγκεντρώσεις του πληθυσμού εντός των ορίων του Δήμου ποικίλουν. Η μορφολογία του εδάφους (ορεινό – πεδινό – παραθαλάσσιο), η παρουσία ή όχι υποδομών, καθώς και η δυνατότητα ανάπτυξης οικονομικών δραστηριοτήτων (τουρισμός, καλλιέργειες, κ.α.) δημιουργούν συνθήκες ανισοκατανομής της συγκέντρωσης του πληθυσμού. Έτσι, παρατηρείται το φαινόμενο της ανάπτυξης των βασικότερων οικισμών κατά μήκος του άξονα της επαρχιακής οδού Καλαμάτας – Αρεόπολης. Το οικιστικό δίκτυο του Δήμου περιλαμβάνει μικρού και μεσαίου μεγέθους οικισμούς. Μόνο η Στούπα έχει πληθυσμό μεγαλύτερο των 500 κατοίκων ενώ οι περισσότεροι οικισμοί έχουν πληθυσμό κάτω από 50.



Διάγραμμα 2: κατανομή πληθυσμού ανα τάξη μεγέθους οικισμού (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Το χωριό Στούπα όπου βρίσκεται η ανάβλυση, υπάγεται διοικητικά στην δημοτική ενότητα Λεύκτρου και συγκεκριμένα στη τοπική κοινότητα Νεοχωρίου. Η Δημοτική ενότητα Λεύκτρου αποτελείται συνολικά από 19

τοπικές κοινότητες και 53 οικισμούς. Στο παρακάτω πίνακα απεικονίζεται η κατανομή του πληθυσμού της Δημοτικής κοινότητας όπως προέκυψε από την απογραφή του 2011 από την ΕΛΣΤΑΤ :

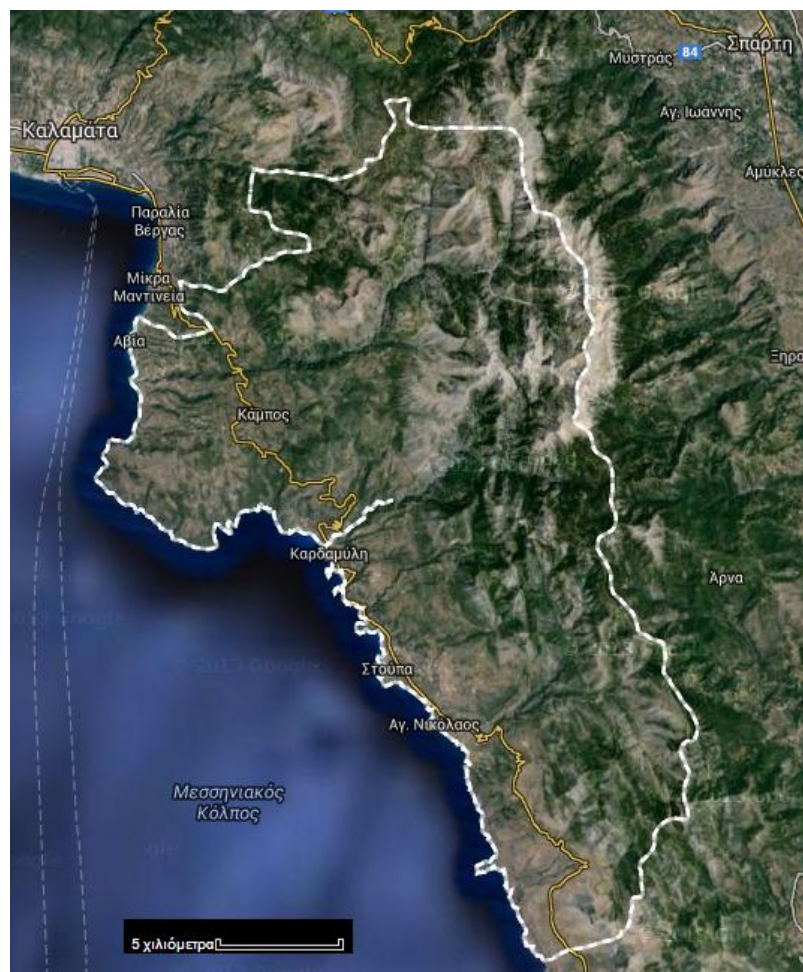
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΕΥΚΤΡΟΥ | | | ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΕΥΚΤΡΟΥ | | |
|----------------------------------|-----------------|------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ | ΟΙΚΙΣΜΟΣ | ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ | ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ | ΟΙΚΙΣΜΟΣ | ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ |
| Αγίου Νικολάου | | 331 | Νομιστή | | 105 |
| | Άγιος Δημήτριος | 24 | | Νομιστής | 105 |
| | Άγιος Νικόλαος | 307 | Πλάτσης | | 346 |
| Αγίου Νίκωνος | | 79 | | Κοτρώνιον | 67 |
| | Άγιος Νίκων | 79 | | Μπαζιγέικα | 32 |
| Εξωχωρίου | | 359 | | Πηγγή | 48 |
| | Εξωχώριον | 227 | | Πλάτσα | 173 |
| | Στάρα | 40 | | Πολιάνα | 26 |
| | Χώρα | 92 | Προαστίου | | 364 |
| Θαλαμών | | 77 | | Άι Γιάννα | 20 |
| | Θαλάμαι | 43 | | Λάκκος | 15 |
| | Πλάτανος | 33 | | Νέον Προάστιον | 41 |
| | Σωματιανά | 1 | | Πραστοβά | 42 |
| Καρδαμύλης | | 417 | | Προάστιον | 246 |
| | Αγία Σοφία | 9 | Προσηλίου | | 171 |
| | Καλαμίτσι | 24 | | Καλύβαι | 24 |
| | Κάμπος | 68 | | Προσήλιον | 147 |
| | Καρδαμύλη | 300 | Πύργου Καλαμών | | 95 |
| | Μερόπη,(νησί) | 0 | | Πύργος | 95 |
| | Πετροβούνιον | 16 | Ριγκλίων | | 214 |
| Καρυοβουνίου | | 42 | | Άνω Ρίγκλια | 32 |
| | Δρυόπη | 9 | | Ελαιοχώριον | 25 |
| | Καρυοβούνιον | 33 | | Πλαγιάδα | 19 |
| Καστανέας | | 102 | | Ρίγκλια | 138 |
| | Καστανέα | 102 | Σαϊδόνας | | 47 |
| Λαγκάδας | | 111 | | Σαϊδόνα | 47 |
| | Λαγκάδα | 111 | Τραχήλας | | 95 |
| Μηλέας | | 153 | | Τραχήλα | 95 |
| | Κάτω Χώρα | 30 | Τσερίων | | 192 |
| | Κυβέλεια | 21 | | Γιατραίικα | 17 |
| | Μηλέα | 102 | | Ζαχαριά | 14 |
| Νεοχωρίου | | 1.399 | | Καταφύγιον | 17 |
| | Άγιος Βασίλειος | 153 | | Λεφτίνι | 5 |
| | Λεύκτρον | 289 | | Πεδινόν | 26 |
| | Μάρμουτσα | 75 | | Τσέρια | 113 |
| | Νεοχώριον | 254 | | | |
| | Στούπα | 628 | | | |

Πίνακας 2: Κατανομή πληθυσμού Δήμου Λεύκτρου. (ΕΛ.ΣΤ.Α.Τ.)

3.1.3 Έκταση – Θέση – Μορφολογία

Ο Δήμος Δυτικής Μάνης βρίσκεται δυτικά του Ταΰγετου. Καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα της Χερσονήσου της Μάνης και οριοθετείται Δυτικά από το Μεσσηνιακό κόλπο, Ανατολικά από την οροσειρά του Ταΰγετου ενώ Νότια και Βόρεια τα όρια έχουν προκύψει περισσότερο από διοικητική διαίρεση παρά από καθαρά γεωγραφικά κριτήρια.

Η έκταση του Δήμου συνολικά είναι 402,81 Km² με τη δημοτική ενότητα Αβιάς να καταλαμβάνει έκταση 179,83 Km² και να βρίσκεται στο Βόρειο τμήμα του Δήμου και τη δημοτική ενότητα Λεύκτρου με έκταση 222,98 Km² στο Νότιο τμήμα αντίστοιχα.¹⁸



Εικόνα 21: Το ανάγλυφο του Δήμου Δυτικής Μάνης (Google maps)

Το ανάγλυφο του Δήμου παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με τη τοποθεσία. Από μεγάλα υψόμετρα και απότομες κλίσεις εγγύς της οροσειράς του Ταΰγετου μέχρι πεδινές εκτάσεις και χαμηλά υψόμετρα στα δυτικά. Οι παραλίες της περιοχής έχουν το χαρακτηριστικό ότι είναι εκτεταμένες και μεγάλης ποικιλίας. Η γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής

¹⁸ ΥΠΕΣ -ΕΛΣΤΑΤ

είναι αποτέλεσμα της λιθολογικής σύστασης, της τεκτονικής και της συνδυασμένης δράσης διάβρωσης και αποσάθρωσης.

Ο Δήμος εντάσσεται στην κατηγορία των ορεινών Ο.Τ.Α.. Χαρακτηριστικό είναι ότι εντός αυτού βρίσκεται η υψηλότερη κορυφή της Πελοποννήσου, ο Ταΰγετος με υψόμετρο 2407 μ. Μπορούμε να πούμε ότι έχουμε γενικά προοδευτική αύξηση του υψομέτρου, με κατά τόπους σημαντικές εξάρσεις. Ενδεικτικό είναι το γεγονός πως η κορυφή το Ταΰγετου απέχει από τη Θάλασσα μόλις 12,8 Km . Άλλοι ορεινοί σχηματισμοί εντός του δήμου είναι το Χαλασμένο (2.204m), Μαυροβούνα (1.909m), Τραγοβούνι (1.908m), Νεραΐδοβούνα (2.032m), Άγιος Νίκων (1.204m) .

Το επιχειρησιακό πρόγραμμα του Δήμου Δυτικής Μάνης έχει καθορίσει, από μορφολογικής άποψης, τις παρακάτω χωρικές ενότητες:

- Η παράκτια που είναι σχεδόν επίπεδη και δομείται από ημισυνεκτικούς σχηματισμούς του νεογενούς και πρόσφατες χαλαρές αποθέσεις του τεταρτογενούς
- Η λοφώδης, ημιορεινή που δομείται γεωλογικώς από κρητιδικούς ασβεστόλιθους και φυλλίτες και περιβάλλει τους Α-ΒΑ ορεινούς όγκους των νότιων απολήξεων του Ταΰγετου. Η μετάβαση από την παράκτια πεδινή ζώνη στη δεύτερη υψομετρική ζώνη είναι απότομη με κλίσεις άνω του 30% στο όριο μεταξύ τους.
- Η αμιγώς ορεινή που συνίστανται από σχηματισμούς της ενότητας της Μάνης.

| Κλίσεις | Έκταση σε στρέμματα | % |
|---------|---------------------|-------|
| 0-5 % | 4488,40 | 1,10 |
| 5-15% | 42361,90 | 10,50 |
| 15-30 % | 68049,30 | 16,90 |
| >30% | 287098,90 | 71,30 |

Πίνακας 3: Κατανομή εκτάσεων ανάλογα με το υψόμετρό τους. (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Από το παραπάνω πίνακα γίνεται εμφανής και ο λόγος για τον οποίο ο δήμος κατατάσσεται στους ορεινούς ΟΤΑ. Στο παρακάτω χάρτη παρουσιάζονται με διαβάθμιση χρώματος οι κλίσεις των πρηνών. Παρατηρούνται κλίσεις μέχρι και 65% στις οποίες τα πρηνή είναι κρημνώδη και μεγάλου ύψους. Αντιπροσωπεύουν περισσότερο διαβρωτικές διεργασίες παρά γεωλογικές και τεκτονικές. Όπου οι κλίσεις είναι ηπιότερες (15-30%) θα μπορούσαμε να τις χαρακτηρίσουμε ως αποτέλεσμα διαβρωτικών διεργασιών ενώ μικρότερες μορφολογικές κλίσεις (10-15%) παρουσιάζονται τοπικά σε περιοχές όπως κλιτείες ρευμάτων και περιμετρικά ημιορεινών περιοχών.

Τέλος κλίσεις πολύ μικρές (0-5%) θα συναντήσουμε παράκτια κατά κύριο λόγο.



Εικόνα 23: Κλίσεις πρανών περιοχής Μελέτης¹⁹

3.1.4 Υποδομές

3.1.4.1. Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο του δήμου αναπτύσσεται με βάση την επαρχιακή οδό Καλαμάτας-Αρεόπολης. Η επαρχιακή οδός διατρέχει τον δήμο με κατεύθυνση Βορειοδυτικά-Νοτιοανατολικά, σχεδόν παράλληλα με την ακτογραμμή. Κάθετα σε αυτή, έχουν αναπτυχθεί τοπικές επεκτάσεις που συνδέουν τις τοπικές κοινότητες. Στον Δήμο δεν υπάρχει ανεπτυγμένο μεγαλύτερης κατηγορίας οδικό δίκτυο (π.χ. Εθνική Οδός) ούτε άλλης κατηγορίας (π.χ. Σιδηροδρομικό).

Σύμφωνα με στοιχεία του Δήμου, το μήκος του πρωτεύοντος οδικού δικτύου εντός των ορίων του Δήμου Δυτικής Μάνης είναι 55,5Κm και του

¹⁹ «Υποθαλάσσιες Πηγές στον "Όρμο Στούπας» του Αν.Καθ. Υδρογεωλογίας Γ.Π.Α. Δρ.Γ.Σταματη.

δευτερεύοντος 69,2Km. Τα τμήματα του επαρχιακού οδικού δικτύου στα όρια του Δήμου είναι:

- -35η Επαρχιακή οδός Κάμπος - Τσέρια
- -36η Επαρχιακή οδός Σωτηριάνικα – Αλτομιρά
- -1η Επαρχιακή οδός Καλαμάτας – Καρδαμύλη – Αρεόπολης, μήκους 90Km.
- -2η Επαρχιακή οδός Προάστιο – Καστανέα – Κόκκινα Λουριά, μήκους 38 Km.
- -3η Επαρχιακή οδός Πλάτσα – Μηλέα, μήκους 8,5Km.
- -4η Επαρχιακή οδός Προάστιο – Εξωχώρι – Σαϊδόνα, μήκους 9,5Km.

Υπολογίζεται ότι το συνολικό μήκος της Οδοποιίας είναι 150 Km ενώ η αγροτική 249 Km. Η κατάσταση του δικτύου κρίνεται επαρκής όμως απαιτούνται σημειακά βελτιώσεις. Πέραν αυτών, στην επαρχιακή οδό και κατά τους θερινούς μήνες, παρατηρείται αύξηση της κυκλοφορίας λόγω τουριστικής κίνησης με αποτέλεσμα την δυσχέρεια στις μετακινήσεις. Τέλος η σύνδεση με την πρωτεύουσα του νομού γίνεται οδικά ενώ ο δήμος εξυπηρετείται και από δρομολόγια του ΚΤΕΛ.

3.1.4.2. Ύδρευση

Γενικά το δίκτυο ύδρευσης του Δήμου τροφοδοτείται από πηγές και γεωτρήσεις. Αν και σε σχετικά καλή κατάσταση, παρατηρείται σχετική ανεπάρκεια πόρων κατά τους θερινούς μήνες λόγω της αύξησης της τουριστικής κίνησης. Το έλλειμμα καλύπτεται από δημοτικές γεωτρήσεις. Το πρόβλημα σύμφωνα με μελέτες του Δήμου οφείλεται αφ ενός στην παλαιότητα του δικτύου και αφετέρου στην μη αποτελεσματική εκμετάλλευση του πόρου.

- **Δημοτική Ενότητα Αβιάς**

Η Δημοτική Ενότητα Αβιάς υδρεύεται από πηγές. Η παραλιακή της ζώνη υδρεύεται από το σύνδεσμο Ύδρευσης Καλαμάτας, Μεσσήνης, Αβιάς και Αρφαρών, από το νερό των πηγών του ποταμού Άρη, στο Πήδημα, που σε περιόδους αιχμής ενισχύεται από τις γεωτρήσεις του ΓΟΕΒ στο Πήδημα, το Αριοχώρι.

| Θέση | Υψόμετρο | Παροχή | Παρατηρήσεις |
|--|----------|--------------------------|-------------------------------|
| Άβουρος | 400m | 15-20 m ³ /hr | Υδρευση Κάμπου |
| Παρόχθιες αναβλύσεις σε απόσταση 10-25 μέτρα από κοίτη Άβουρου | | 3-4 m ³ /24hr | Ανεκμετάλλευτες |
| Μόρνος | 400 m | 2,5 m ³ /hr | Υδρευση |
| Αμμουγκαλίτσα – Πατριαρχείκα | 660 m | 30 m ³ /24hr | Σταυροπηγιο |
| Λόπιστος – Νερόμυλος | 688 m | | Προσήλιο |
| Βρυσούλες | 700 m | | Ανεκμετάλλευτη |
| Μάννα | 681 m | 30 m ³ /hr | Κέντρο |
| Νέο Νερό | 673 m | | Ανεκμετάλλευτη |
| Αλτομιρά | 940 m | | Υδρευση και άρδευση Αλτομιρών |
| Σκαμνάκι | | 2-3 m ³ /24hr | Ανεκμετάλλευτη |
| Μύλοι Γαϊτσών | | | Υδρευση Σταυροπηγίου |
| Ρίντομο – Κορομηλιά | | 416 | Υδρευση |
| Καρέα | | 4,16 | Ανεκμετάλλευτη |

Πίνακας 4: Πηγές στη Δ.Ε. Αβιάς (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

• Δημοτική Ενότητα Λεύκτρου

Η Δημοτική Ενότητα Λεύκτρου υδρεύεται εκτός από πηγές και από γεωτρήσεις. Οι κυριότερες πηγές είναι του Βύρου με απόδοση 220.000m³ κατ έτος και της καρστικής ενότητας Βαιδενίτσας – Καστανέας με 100.000 m³ κατ έτος.

| α/α | Τοπική Κοινότητα | Θέση | Παροχή |
|-----|------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | Σαϊδώνα | Βαϊδινίτσα | 140 m ³ /ημέρα |
| 2 | Λαγκαδα | Καβελάρης | 5 m ³ /ημέρα |
| 3 | Καρυβοούνι | | 40 m ³ /ημέρα |
| 4 | Καστανέα | | 80 m ³ /ημέρα |
| 5 | Μηλέα | Γιάτρισσα (Βύρος) | 220 m ³ /ημέρα |
| 6 | Εξωχώρι | Βύρος (πάνω πηγή) | 1200 m ³ /ημέρα |
| 7 | Εξωχώριο | Βύρος (κάτω πηγή) | 600 m ³ /ημέρα |
| 8 | Εξωχώριο | Αθάνατος | 50 m ³ /ημέρα |
| 9 | Τσέρια | Λεφτίλι | 150 m ³ /ημέρα |
| 10 | Προσήλιο | Γαϊτσές | 30 m ³ /ημέρα |
| 11 | Ρίγκλια | Γουδέλη | 30 m ³ /ημέρα |

Πίνακας 5: Πηγές στη Δ.Ε. Λεύκτρου (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Πλην των πηγών, όπως αναφέρθηκε, υπάρχουν και 9 γεωτρήσεις που συνεισφέρουν στην υδροδότηση της Δ.Ε. και είναι ανεπτυγμένες στο

παραλιακό μέτωπο: 3 τροφοδοτούνται από τη καρστική ενότητα Βύρου-Ντόλου με 100.000 m³ κατ έτος και 3 από την υποενότητα της Στούπας Με 75.000 m³ κατ έτος

| α/α | Τοπική Κοινότητα | Θέση | Παροχή |
|-----|------------------|--------------------------|----------------------|
| 1 | Αγ. Νικόλαος | Μέσα Ντολό | 50 m ³ /h |
| 2 | Νεοχώριο | Νεροσπηλια | 30 m ³ /h |
| 3 | Νεοχώριο | Αγ. Βασίλειος (Σπιτάκια) | 8 m ³ /h |
| 4 | Νεοχώριο | Στούπα (Μπαρμπετσέα) | 35 m ³ /h |
| 5 | Νεοχώριο | Στούπα (Καψάλα) Α | 35 m ³ /h |
| 6 | Νεοχώριο | Στούπα (Καψάλα) Β | 5 m ³ /h |
| 7 | Αγ. Νικόλαος | | 40 m ³ /h |
| 8 | Αγ. Νικόλαος | Αγ. Δημήτριος | 2 m ³ /h |
| 9 | Ρίγκλια | | 8 m ³ /h |

Πίνακας 6: Δημοτικές υδρευτικές Υδροληψίες από Γεωτρήσεις στη Δ.Ε. Λεύκτρου (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Οι υδρευτικές εγκαταστάσεις της Δημοτικής Ενότητας αποτελούνται από 1 υδατόπυργο και από ένα δίκτυο 49 δεξαμενών συνολικού αποθηκευτικού όγκου 2535 m³. Τα δίκτυα ύδρευσης ταξινομούνται σε 2 κατηγορίες: αυτά της Υψηλής και Χαμηλής Ζώνης με συνολικό μήκος 13,3 Km και 71,2 Km αντίστοιχα. Έχουν τυπική μορφή βρόγχων και κόμβων και αριθμούν 147 βρόγχους ,195 κόμβους το δίκτυα υψηλής ζώνης και από 170 βρόγχους και 235 κόμβους. Τόσο οι δεξαμενές όσο και τα δίκτυα είναι, κατά κύριο λόγο, κατασκευής των δεκαετιών 1960 και 1970.

3.1.4.3. Άρδευση

Στο Δήμο Δυτικής Μάνης δεν υφίστανται Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων. Οι ανάγκες Άρδευσης καλύπτονται από πηγάδια και γεωτρήσεις που εκμεταλλεύονται τους παράκτιους υδροφόρους των νεογενών και τους καρστικούς υδροφόρους της ενδοχώρας. Υφίστανται 3 δημοτικές υδροληψίες.

3.1.4.4. Αποχέτευση

Απουσιάζει αποχετευτικό σύστημα. Οι ανάγκες καλύπτονται από σηπτικούς ή στεγανούς βόθρους. Δεν υπάρχει μονάδα επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων σε ευρεία κλίμακα ενώ η μοναδική αναφορά μικρών βιολογικών καθαρισμών μπορεί να γίνει για ορισμένες ξενοδοχειακές μονάδες.

3.1.4.5. Στερεά Απόβλητα

Το σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων του Δήμου Δυτικής Μάνης είναι τυπικής μορφής για επαρχιακή περιοχή και γίνεται με εγκατεστημένο δίκτυο κάδων απορριμμάτων. Συλλογή γίνεται από απορριμματοφόρα του Δήμου και η μεταφορά τους γίνεται εκτός αυτού, έλλειψη Χώρου Υγειονομικής Διάθεσης Αποβλήτων. Επίσης ο Δήμος συμμετέχει σε πρόγραμμα ανακύκλωσης χαρτιού, γυαλιού και αλουμινίου με εγκατεστημένους κάδους ανακύκλωσης στους παραλιακούς οικισμούς.

3.1.5 Στοιχεία οικονομικής ανάπτυξης του Δήμου Δυτικής Μάνης

Ο Δήμος Δυτικής Μάνης λόγω της μορφολογίας άλλα και της θέσης του ευνοεί κατά κύριο λόγο την ανάπτυξη της γεωργίας, κτηνοτροφίας και των δραστηριοτήτων που αφορούν το τουρισμό. Οι παραπάνω δραστηριότητες έχουν αναπτυχθεί κατά κύριο λόγο στο δυτικό τμήμα του δήμου με εξαίρεση την κτηνοτροφία. Για τη μεν γεωργία ευνοεί το γεγονός πως υπάρχουν εκτάσεις έφορες και με μικρή κλίση κατάλληλες για παραγωγή ενώ η τουριστική δραστηριότητα της περιοχής οφείλεται στο εύρος και την ποιότητα των ακτών. Πέραν των παραπάνω τα προηγούμενα χρόνια και για μια περίοδο 20-30 χρόνων γνώρισε άνθηση και ο τομέας της οικοδομικής δραστηριότητας λόγω ακριβώς της τουριστικής ανάπτυξης που γνώρισε η περιοχή. Σήμερα, και εξαιτίας της οικονομικής ύφεσης των τελευταίων ετών, η οικονομική φυσιογνωμία του δήμου βρίσκεται σε μεταβατικό στάδιο.

3.1.5.1 Πρωτογενής τομέας

Με κυρίαρχη την παραγωγή ελαιολάδου και βρώσιμης ελιάς και έπειτα τη παραγωγή προϊόντων όπως τα εσπεριδοειδή, τα βρώσιμα σταφύλια, το κρασί, τις σταφίδες, τις πατάτες, τα μήλα, τα δημητριακά, τα κτηνοτροφικά φυτά και τα κηπευτικά γενικότερα, ο πρωτογενής τομέας έχει ιδιαίτερα μεγάλη βαρύτητα στη τοπική οικονομία..

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό η βιολογική καλλιέργεια γεωργικών προϊόντων. Ενδεικτικό είναι πως το 9% των ελαιόδεντρων είναι βιολογικής καλλιέργειας ενώ υπάρχουν και στην περιοχή τυποποιητήρια που εξάγουν απευθείας το βιολογικής παραγωγής ελαιόλαδο

| | Ετήσιες Καλλιέργειες | Δενδρώδεις Καλλιέργειες | Αμπέλια και Σταφιδάμπελα | Μόνιμα Λιβάδια και βοσκότοποι | Αγροναπαύσεις | Οικογενειακοί Λαχανόκηποι | Φυτώρια |
|----------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|---------|
| Δ. Αβιάς | 29,7 | 23631,7 | 1,6 | 6119 | 29 | 102,1 | 7 |
| Λεύκτρου | 158 | 21507,7 | 6,1 | 3321 | 40 | 133,7 | 1,2 |
| Σύνολο | 187,7 | 45139,4 | 7,7 | 9440 | 69 | 235,8 | 8,2 |

Πίνακας 7: Έκταση ανα είδος καλλιέργειας (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

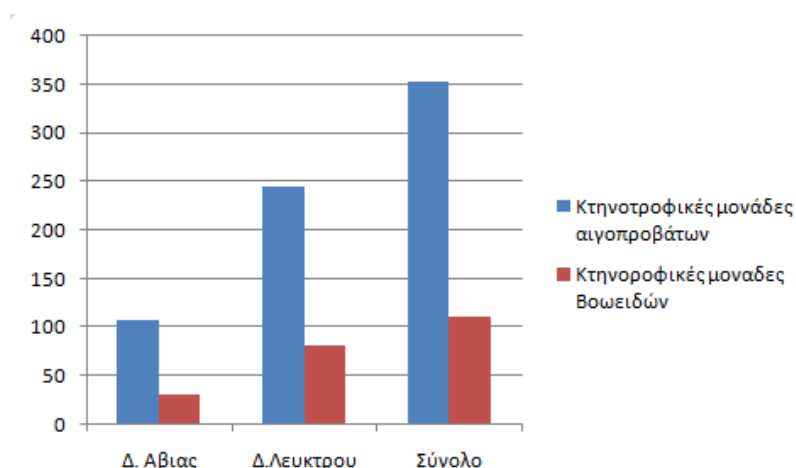


Διάγραμμα 3: Κατανομή καλλιεργειών ανα είδος (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Σημαντικός είναι και ο κλάδος της κτηνοτροφίας ο οποίος αναπτύσσεται κυρίως στις ορεινές κοινότητες του δήμου με το 53% της έκτασης του να είναι βοσκότοποι και με κύρια είδη εκτροφής τα αιγοπρόβατα και τα βοοειδή. Επίσης ανεπτυγμένοι είναι και οι τομείς τις μελισσοκομίας και αλιείας, με το τελευταίο, σύμφωνα με τα στοιχεία του Δήμου, να συνεισφέρει το 50% των αλιευμάτων του Νομού.

| | Κτηνοτροφικές μονάδες αιγοπροβάτων | Πρόβατα | Αίγες | Σύνολο Αιγοπροβάτων | Κτηνοτροφικές μονάδες Βοοειδών | Βοοειδή |
|----------|------------------------------------|---------|-------|---------------------|--------------------------------|---------|
| Δ. Αβιάς | 107 | 2780 | 17024 | 19804 | 31 | 355 |
| Λεύκτρου | 246 | 7316 | 7522 | 14838 | 81 | 1339 |
| Σύνολο | 353 | 10096 | 24546 | 34642 | 112 | 1694 |

Πίνακας 8: Διάρθρωση κτηνοτροφίας (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)



Διάγραμμα 4: Διάρθρωση κτηνοτροφίας (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

3.1.5.2. Δευτερογενής τομέας:

Ο δευτερογενής τομέας σε ότι αφορά το Δήμο Δυτικής Μάνης είναι ένας τομέας που δεν παρουσιάζει ικανοποιητική ανάπτυξη. Κύριοι μοχλοί

ανάπτυξής του, τόσο κατά το παρελθόν, όσο και σήμερα, είναι η οικοδομική και μεταποιητική δραστηριότητα.

Ο κλάδος των κατασκευών όπως προαναφέρθηκε, γνώρισε ιδιαίτερη ανάπτυξη κατά βάση τη τελευταία εικοσαετία, με την ανάπτυξη του τουρισμού. Τα τελευταία χρόνια, όπως και σε όλη την Ελλάδα γνωρίζει σημαντική κάμψη. Σήμερα οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στις κατασκευές αποτελούν το 8% των επιχειρήσεων του Δήμου. Αυτή η συρρίκνωση, επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τις αποδώσεις του Δευτερογενούς τομέα στο σύνολό του.

Στη μεταποιητική δραστηριότητα, οι επιδόσεις είναι επίσης χαμηλές. Τα αίτια έχουν να κάνουν με το τρόπο διάρθρωσης του πρωτογενούς τομέα αφού ο μεταποιητικός κλάδος στηρίζεται στην παραγωγή των γεωργικών και κτηνοτροφικών προϊόντων. Μη έχοντας μεγάλη γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή ο Δήμος, οι μεταποιητικές επιχειρήσεις είναι περιορισμένες σε μέγεθος και αριθμό.

| Είδος | Αριθμός |
|----------------------------------|-----------|
| Ελαιοτριβεία | 22 |
| Εργαστήρια ζαχαροπλαστικής | 3 |
| Εργαστήρια ζυμαρικών | 1 |
| Μελισσοκομικό εργαστήριο | 1 |
| Τυποποίηση ελαιολάδου ελιών | 6 |
| Τυροκομείο | 1 |
| Επεξεργασία μαρμάρου πέτρας | 1 |
| Εργαστήριο κεραμικής | 1 |
| Έτοιμο σκυρόδεμα | 4 |
| Κατασκευές αλουμινίου - μετάλλων | 6 |
| Ξυλουργεία | 4 |
| Κοπή κατεργασία σιδήρου | 1 |
| Πλυντήριο - Σιδερωτήριο | 2 |
| Σύνολο | 53 |

Πίνακας 9: Είδη επιχειρήσεων Δευτερογενούς τομέα (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Επίσης το γεγονός ότι ο Δήμος βρίσκεται κοντά στη Καλαμάτα όπου υπάρχουν ΒΙΟΠΕ και ΒΙΟΠΑ, δημιουργεί περεταίρω συνθήκες συρρίκνωσης του δευτερογενούς τομέα αφού πολλές επιχειρήσεις προτιμούν την εγκατάστασή τους πιο «κεντρικά».

Τέλος, δραστηριότητα υπάρχει και σε επίπεδο εξορύξεων αφού γίνεται εξόρυξη πωρόλιθου στον Αγ.Νίκωνα, Πλάτσα και Ρίγκλια.

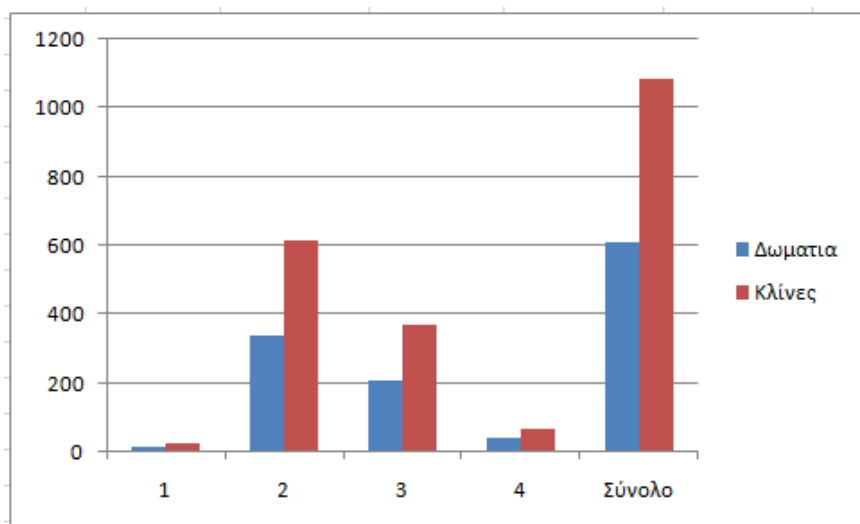
3.1.5.3 Τριτογενής τομέας:

Είναι ο κυρίαρχος και πιο παραγωγικός τομέας για τον Δήμο. Βασικός πυλώνας οι τουριστικές επιχειρήσεις και επικουρικά οι επιχειρήσεις χονδρικού και λιανικού εμπορίου καθώς και άλλες δραστηριότητες όπως πρατήρια υγρών καυσίμων, υπεραγορές κ.α.

Οι τουριστικές επιχειρήσεις αποτελούν τα 2/3 του μεγέθους του τομέα. Αυτές, ως επί το πλείστον δραστηριοποιούνται στο δυτικό τμήμα του Δήμου όπου εκμεταλλεύονται το θαλάσσιο μέτωπο. Πόλος έλξης αλλά με μικρότερη κίνηση είναι και το ορεινό τμήμα του Ταΰγετου όπου παρουσιάζει ιστορικό και πολιτισμικό ενδιαφέρον. Πάνω από τις Μισές κλίνες του Δήμου βρίσκονται στη Στούπα και ακολουθούν η Καρδαμύλη και ο Άγιος Νικόλαος. Με περίπου 1900 κλίνες δυναμικό, ο Δήμος είναι κατά βάση τουριστικός με χαρακτηριστικά τις κατά βάση οικογενειακές επιχειρήσεις και τη μεγάλη προσέλευση ξένων τουριστών.

| Αστέρια | 1 | 2 | 3 | 4 | Σύνολο |
|---------|----|-----|-----|----|--------|
| Δωμάτια | 15 | 341 | 211 | 42 | 609 |
| Κλίνες | 28 | 617 | 369 | 70 | 1084 |

Πίνακας 10 Κατανομή κλινών ανα κατηγορία (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

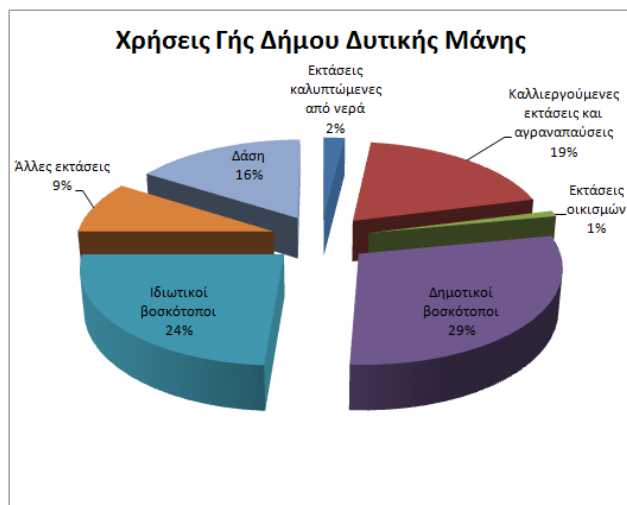


Διάγραμμα 5: Κατηγορίες και αριθμός κλινών στο Δήμο (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

3.1.6 Χρήσεις Γής

Από στοιχεία του Δήμου Δυτικής Μάνης και της Ε.Σ.Υ.Ε. προκύπτει ότι οι βοσκότοποι καταλαμβάνουν πάνω από το μισό της έκτασης του Δήμου. Πιο συγκεκριμένα το 53% είναι βοσκότοποι και χωρικά οριοθετούνται στους

πρόποδες του Ταυγέτου ενώ σημαντικό ποσοστό της τάξης του 19% καταλαμβάνουν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις.



Διάγραμμα 6: Χρήσεις Γής Δήμου Δυτικής Μάνης (Ε.Σ.Υ.Ε)

Οι χρήσεις Γής στο Δήμο Δυτικής Μάνης σύμφωνα με τα στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε. αφορούν κύρια στους βοσκοτόπους (53%), λόγω της θέσης του στις παρυφές του Ταυγέτου και στις καλλιεργούμενες εκτάσεις (19%), στις οποίες κυριαρχεί η καλλιέργεια ελαιοδέντρων για ελαιοποίηση. Η κατανομή των χρήσεων Γής γίνεται ανάλογα με την θέση. Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται αναλυτικά οι χρήσεις Γής ανα είδος και ανα Δημοτική Ενότητα καθώς και χάρτης που απεικονίζει τις χρήσεις.

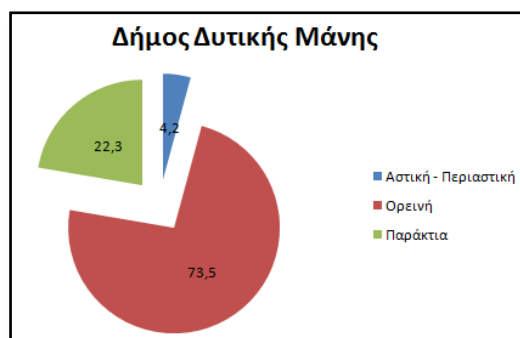
| | Αστική - Περιαστική ¹ | | Ορεινή ² | | Παράκτια ³ | |
|----------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | Έκταση | % | Έκταση | % | Έκταση | % |
| Δ.Ε. Αβιάς | 1.641 | 9,1 | 13.549 | 75,3 | 2.800 | 15,6 |
| Δ.Ε. Λεύκτρου | 0 | 0 | 15.488 | 72 | 6.012 | 28 |
| Σύνολο | 1.641 | 4,2 | 29.037 | 73,5 | 8.812 | 22,3 |

1:Περιοχή που επηρεάζεται από λειτουργίες και δραστηριότητες αστικών κέντρων

2:Σύμφωνα με ορισμό ΕΣΥΕ

3:Ζώνη πλάτους 2Κm σε όλο το μήκος της ακτής

Πίνακας 11: Κατηγοριοποίηση εκτάσεων του Δήμου Δυτικής Μεσσηνίας (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)



Διάγραμμα 6: Ποσοστά χρήσεων Γής. (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)



Εικόνα 23: Χάρτης Χρήσεων Γής (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δ.Δ. Μάνης)

Πίνακας χρήσεων γης τοπικών κοινοτήτων Δήμου Δυτικής Μάνης σε Km² (Ε.Σ.Υ.Ε)

| Δ.Ε. Αβιάς | Σύνολο έκτασης | Καλλιεργούμενες εκτάσεις | Βοσκότοποι | | Δάση | Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερά | Εκτάσεις οικισμών | Άλλες εκτάσεις |
|-----------------|----------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------------|----------------|
| | | | Ιδιωτικοί | Δημόσιοι | | | | |
| ΤΚ. Αβιάς | 7,4 | 3,6 | 0,0 | 3,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,0 |
| ΤΚ. Αλτομυρών | 15,3 | 1,7 | 6,3 | 0,3 | 3,5 | 0,1 | 0,1 | 3,3 |
| ΤΚ. Δόλων | 18,4 | 8,2 | 0,8 | 9,1 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,1 |
| ΤΚ. Κάμπου | 11,3 | 4,0 | 0,0 | 6,9 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| ΤΚ. Κέντρου | 6,4 | 2,0 | 0,0 | 4,0 | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 0,0 |
| ΤΚ. Πηγαδιών | 77,3 | 0,9 | 39,0 | 2,8 | 10,4 | 3,4 | 0,4 | 20,4 |
| ΤΚ Σταυροπηγίου | 13,5 | 3,5 | 0,0 | 4,5 | 5,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| ΤΚ Σωτριανικών | 9,0 | 4,4 | 4,1 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Σύνολο | 158,6 | 28,3 | 50,2 | 30,8 | 19,5 | 4,3 | 2,0 | 24,2 |

| Δ.Ε. Λεύκτρου | Σύνολο έκτασης | Καλλιεργούμενες εκτάσεις | Βοσκότοποι | | Δάση | Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερά | Εκτάσεις οικισμών | Άλλες εκτάσεις |
|------------------|----------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------------|----------------|
| | | | Ιδιωτικοί | Δημόσιοι | | | | |
| ΤΕ. Αγ. Νικολάου | 3,1 | 1,8 | 0,0 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| ΤΚ.Αγ.Νίκωνος | 7,5 | 1,3 | 2,1 | 3,6 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| ΤΚ. Εξωχωρίου | 39,1 | 6,4 | 0,0 | 18,7 | 13,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| ΤΚ. Θαλαμών | 6,0 | 0,8 | 2,8 | 2,0 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,0 |
| ΤΚ. Καρδαμύλης | 6,4 | 2,0 | 0,0 | 4,0 | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 0,0 |
| ΤΚ.Καρυβουνίου | 14,0 | 0,8 | 5,5 | 1,0 | 6,6 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| ΤΚ. Καστανέας | 9,3 | 4,5 | 1,0 | 0,3 | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 2,3 |
| ΤΚ. Λαγκάδας | 17,2 | 1,8 | 5,1 | 4,3 | 4,5 | 0,2 | 0,2 | 1,2 |
| ΤΚ. Μηλέας | 34,2 | 5,6 | 14,8 | 2,4 | 11,0 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| ΤΚ. Νεοχωρίου | 7,5 | 4,6 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| ΤΚ.Νομίση | 5,0 | 1,8 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 |
| ΤΚ.Πλατσάς | 9,8 | 3,3 | 2,0 | 3,8 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,4 |
| ΤΚ. Προαστίου | 9,5 | 4,2 | 0,0 | 4,8 | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| ΤΚ. Προσηλίου | 10,8 | 2,0 | 1,0 | 7,6 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| ΤΚ.Πύργου | 4,3 | 2,4 | 0,0 | 1,7 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| ΤΚ. Ριγκλίων | 2,5 | 1,6 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ΤΚ Σαιδόνας | 7,2 | 2,3 | 2,4 | 1,2 | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ΤΚ Τραχήλας | 2,4 | 0,4 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,5 |
| ΤΚ Τσεριών | 27,1 | 1,7 | 14,1 | 10,6 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Σύνολο | 222,9 | 49,3 | 53,8 | 70,8 | 38,2 | 2,6 | 3,2 | 6,1 |

3.2 Φυσικό Περιβάλλον

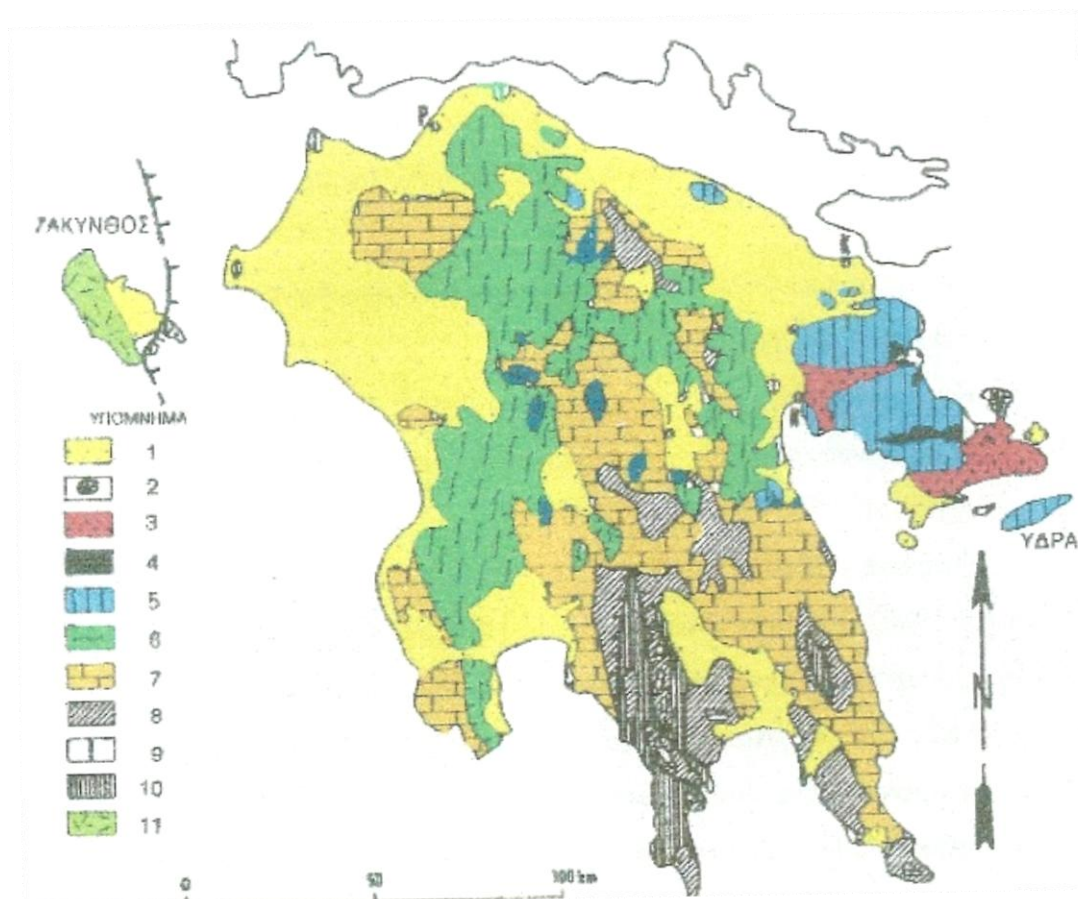
3.2.1. Γεωλογία

Η γεωλογική δομή της περιοχής χαρακτηρίζεται από ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών που ανήκουν σε διαφορετικές γεωτεκτονικές ενότητες - Ζώνες. Όπως αποτυπώνεται και στο παρακάτω χάρτη 3 είναι οι κύριες γεωτεκτονικές ενότητες που απαντώνται εντός των ορίων του Δήμου:

Α) Νεογενείς- Τεταρτογενείς αποθέσεις

Β) Ενότητα Τρίπολης

Γ) Ενότητα Πλακωδών Ασβεστόλιθων (Ενότητα Μάνης)



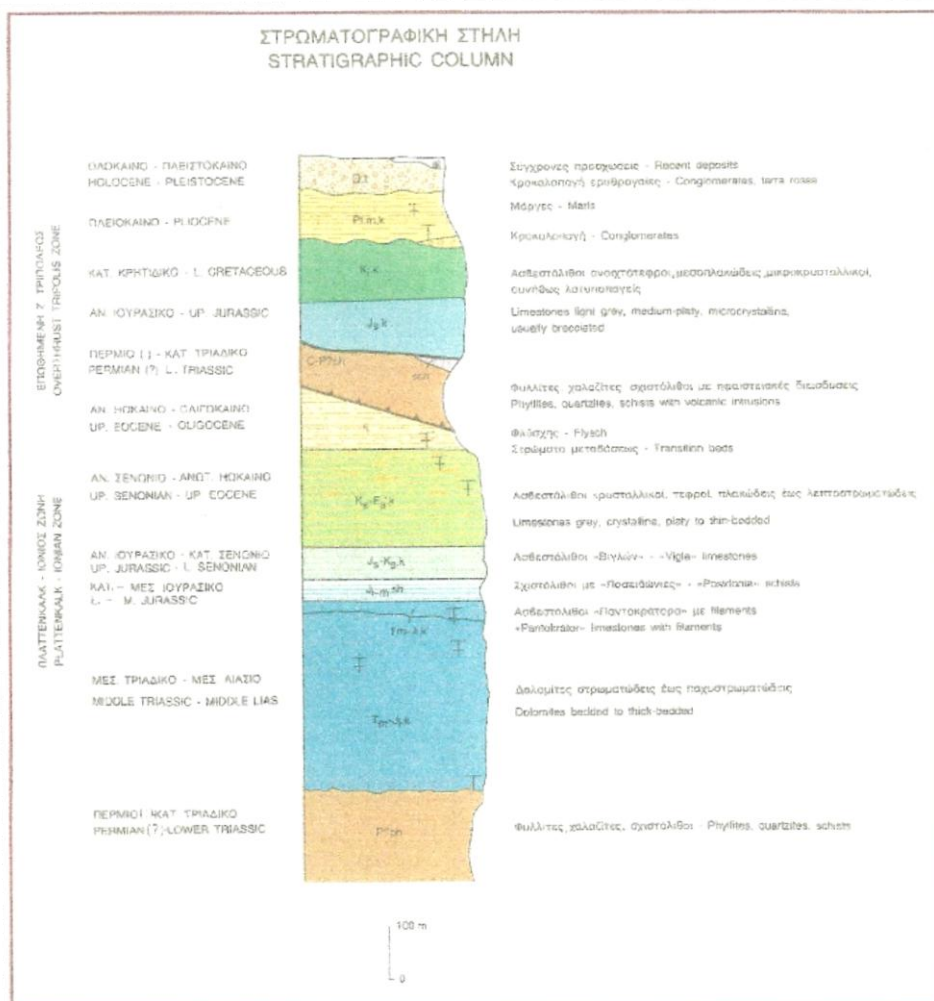
1.Νεογενείς- Τεταρτογενείς αποθέσεις 2.Προιστορικά Ηφαίστεια 3.Κρητιδικό και παλαιογενείς σχηματισμοί της Αργολίδας 4.Σχηματισμοί Ηωελληνικού καλύμματος
5.Αργολική ενότητα 6.Σειρά Πίνδου 7.Σειρά Τρίπολης 8.Σειρά Φυλλιτών 9.Ιόνιος σειρά
10.Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι 11.Προαπούλεια σειρά

Εικόνα 24: Γεωλογικο-Τεκτονικό σκαρίφημα Πελοποννήσου (V.Jacobsagen et al 1986)

Όπως προκύπτει, κυρίαρχοι σχηματισμοί είναι τα ασβεστολιθικά πετρώματα και λιγότερο οι νεογενείς αποθέσεις. Οι ασβεστολιθικοί

σχηματισμοί είναι έντονα πτυχωμένοι σε μία γενική βόρεια –βορειοανατολική διεύθυνση. Η δομή διακόπτεται από εγκάρσιες τεκτονικές δομές που δημιουργούνται με δεξιόστροφα ρήγματα και ρηγματογόνες ζώνες οριζόντιας μετάπτωσης.²⁰

Μια τυπική στρωματογραφία της περιοχής, όπως αυτή αποτυπώνεται στο χάρτη Ξηρόκαμπιο του ΙΓΜΕ, παρατίθεται παρακάτω. Είναι ενδεικτική για το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής και αποτυπώνονται ενδεικτικά τα πάχη και η αλληλουχία των στρωμάτων από τα νεώτερα (υπερκείμενα) προς τα παλιότερα (υποκείμενα).

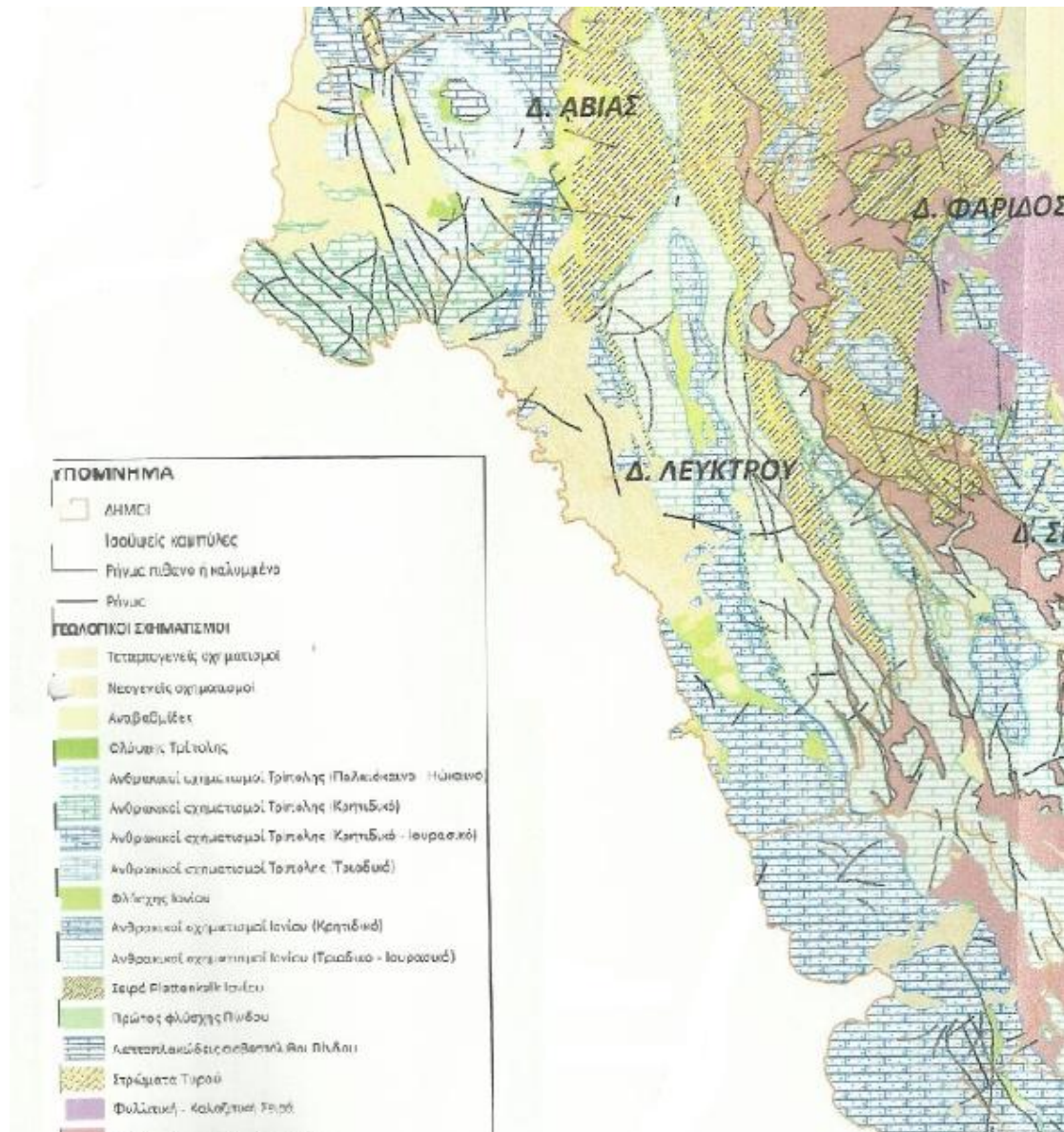


Εικόνα 25: Στρωματογραφική στήλη με τα πάχη των διαφόρων σχηματισμών και την αντίστοιχη ηλικία τους, όπως αποτυπώνεται στο φύλλο Ξηρόκαμπιο (ΙΓΜΕ) (Λατσούδας κ.αλ, 1983)

Ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Δήμου Δυτικής Μάνης, στον οποίο είναι εμφανείς όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί, όπως αυτοί καταγράφονται στην μελέτη «Υποθαλάσσιες πηγές στον όρμο Στούπας» που διενεργήθηκε από το ΓΠΑ κατά τα έτη 2009-2010 είναι ο παρακάτω. Όπως

²⁰ «Υποθαλάσσιες Πηγές στον Όρμο Στούπας» του Αν.Καθ. Υδρογεωλογίας Γ.Π.Α. Δρ.Γ.Σταματη.

αναφέρει στην μελέτη του ο Αναπληρωτής Καθηγητής Υδρογεωλογίας Γ.Π.Α. Δρ. Γ. Σταμάτης, έχει προκύψει από επεξεργασία των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ (Φύλλα 1:50000) ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΣΠΑΡΤΗ ΚΑΡΔΑΜΥΛΗ και ΞΗΡΟΚΑΜΠΙΟ

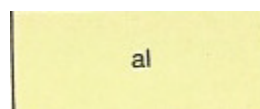


Εικόνα 26: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Δήμου Δυτικής Μάνης²⁰

Εμφανίζονται οι εξής σχηματισμοί (νεότεροι προς αρχαιότερους):

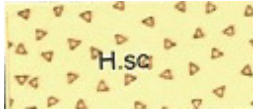
Σχηματισμοί του Τεταρτογενούς

- **Ολόκαινο**

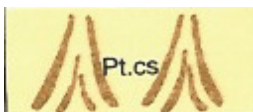


Αλλουβιακές αποθέσεις (al): Εμφανίζονται κατα κύριο λόγο στην παράκτια ζώνη και αποτελούνται από κροκάλες και χαλίκια και καταθέσεις αμμώδεις αργίλους.

Τόπος εμφάνισης Βόρεια και Ανατολικά του Ξηροκάμπιου και μικρή εμφάνιση ανατολικά του Αρχοντικού και Πλατάνου

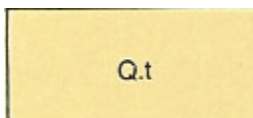


Πλευρικά Κορήματα (H,sc): Χαλαρά έως συνεκτικά πλευρικά κορήματα και αποτελούνται από λάτυπες κρυσταλλικών ασβεστόλιθων με ανθρακικό συνδετικό υλικό. Εμφανίζονται βορειοανατολικά του Γαιδουροβουνίου και βορειοδυτικά του όρους Κουρντούτο.



Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων (Pt,cs): Τοπικής προέλευσης χαλαρά, αδιαβάθμητα και ασύνδετα υλικά. Εμφάνιση κατα μήκος της παραλιακής ζώνης στον όρμο Στούπας, Άγιο Νικόλαο και Άγιο Δημήτριο καθώς και βορειοανατολικά του Ξηροκάμπιου και στη Παλαιοπαναγιά.

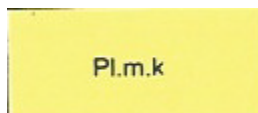
- **Πλειστόκαινο**



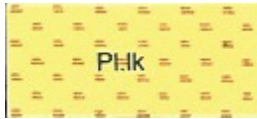
Αναβαθμίδες (Qi): Με πάχος περίπου 50 μ, αποτελούνται από ερυθρές αργίλους, αργιλούχες άμμους με διάσπαρτες λάτυπες και με εναλλαγές από κροκαλολατυποπαγή. Τοπικά τα στοιχεία αυτά είναι αδιαβάθμητα και πολύ συνεκτικά με αργιλικό ή ανθρακικό συνδετικό υλικό. Εμφανίζονται στη παραλιακή ζώνη στη περιοχή του Νεοχωρίου και στο Ρίγκλα, στις Θαλαμιαί, στη Δρυόπη, τη Κυβέλεια, ανάμεσα σε αυτά και νότια της Κυβέλειας.

Σχηματισμοί του Νεογενούς

- **Πλειόκαινο**



Θαλάσσιοι σχηματισμοί (Pl,m,k): Καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της παράκτιας περιοχής. Στα ανώτερα μέρη επικρατούν τεφρές έως και κιτρινότεφρες ψαμμιτικές μάργες. Κατα θέσεις εμφανίζονται μαργαϊκοί έως ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι με παρεμβολές τραπεζών ή οριζόντων Κογχυλιάτη. Εκτείνονται στα Δυτικά παράλια κατα μήκος του Νεοχωρίου και βορειοδυτικά του Κάμπου.



Λιμναίοι σχηματισμοί (Pi,k): Αποτελούνται κυρίως από άμμους, αργίλους και αμμούχες αργίλους. Εμφανίζονται στο βορειοανατολικό μέρος της περιοχής.

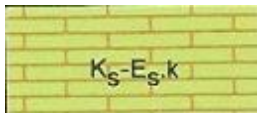
Σχηματισμοί Υποβάθρου, αυτόχθονη Σειρά – Plattenkail (Ιόνιος Ζώνη)

- **Ανώτερο Ηώκαινο – Ολιγόκαινο**



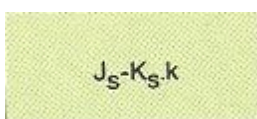
Φλύσσης (fi): Ελαφρά μεταμορφωμένος σε αργιλικούς σχιστόλιθους με παρεμβολές ψαμμιτών. Τα στρώματα μεταβάσεως των υποκείμενων προς το φλύσχη ασβεστόλιθων αποτελούνται από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με πάχος 60-100 μ. Εμφανίζονται Δυτικά της Παναγίτσας και του Αγιοκύρικου και Δυτικά και Νοτιοδυτικά του Γαιδουροβουνίου καθώς και Νότια στο βαθύ Λαγκάδι, Δυτικά και Βόρεια στη Μαυροβούνα, Δυτικά της Παλαιοπαναγιάς, στο Κεφαλόβρυσο και Νότια αυτού

- **Ανώτερο Σενώνιο - Ανώτερο Ηώκαινο**



Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι (Ks-Esk): διακρίνονται στα ανώτερα στρώματα σε ασβεστόλιθους του Παντοκράτορα πάχους 80μ. Εν συνεχεία και με πάχος περί τα 400μ εμφανίζονται δολομίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι οι οποίοι κάθονται με επίκλιση και ασύμφωνα πάνω στο φυλλικό υπόβαθρό τους. Στα ανώτερα μέρη επικρατούν οι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι ενώ στα κατώτερα εμφανίζονται με παρεμβολές ψαμμιτικών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων ως και αργιλικών σχιστόλιθων. Εμφανίζονται από Βορά προς Νότο κοντά στις παράλιες περιοχές καθώς και κεντρικά της περιοχής μελέτης.

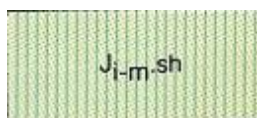
- **Ανώτερο Ιουρασικό - Κρητιδικό**



Ασβεστόλιθοι σειρά Βίγλας (Js-Ks.K): Κρυσταλλικοί μεσοπλακώδεις ασβεστόλιθοι σε εναλλαγή με ενστρώσεις η κόνδυλους πυριτολίθων. Χαρακτηρίζεται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους και μάρμαρα χρώματος τεφρού έως τεφρόμαυρου με λεπτοστρωματώδη ανάπτυξη όπου ανάμεσα τους παρεμβάλλονται πυριτόλιθοι με μορφή λεπτών στρώσεων. Το πάχος του σχηματισμού εκτιμάται περί τα

50-80 μ. Εμφανίζονται με φορά Βορά – Νότου στο κεντροδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

- **Κατώτερο - Μέσο Ιουρασικό**



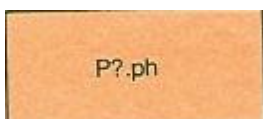
Πυριτικοί σχιστόλιθοι (Ji-m-sh): Ισότιμοι με τους σχιστολίθους Poseidonia της Ιόνιας ζώνης. Κρυπτοκρυσταλλικοί με κρυστάλλους ασβεστίτη. Λεπτοπορώδεις σε εναλλαγή με λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους. Στη βάση παρατηρείται τοπικά στρώμα λατυποκροκαλοπαγών, ιζηματογενούς προέλευσης πάχους 1-2 μ. Περιέχουν επίσης ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους και παρεμβολές σερικιτικών – ασβεστιτικών φυλλιτών κατα θέσεις. Το πάχος κυμαίνεται από 0 έως 40 μ. και καταλαμβάνουν το κεντροδυτικό τμήμα της περιοχής.

- **Μέσο Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό**



Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα (Tm-Jik): Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και δολομίτες, νηριτικής φάσης που υπόκεινται κανονικά των πλακωδών ασβεστόλιθων με πυριτόλιθους. Χαρακτηρίζονται ως κρυσταλλικοί συμπαγείς και παχυστρωματώδεις και σπάνια παρατηρείται εμφάνιση από μαύρους η λευκούς πυριτόλιθους. Στα κατώτερα τμήματα εξελίσσονται σε δολομίτες ή δολομιτικούς ασβεστόλιθους καθώς και παρεμβολές ψαμμιτικών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων καθώς και αργιλικών σχιστολίθων με μέγιστο πάχος 450 μ. Καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής.

- **Πέρμιο - Κατώτερο Τριαδικό**



Φυλλίτες (P?-ph): Κυριαρχούν οι φυλλίτες ,ασβεστιτικοί και χαλαζιακοί. Εναλλάσσονται με ανθρακικούς ,χλωριτικούς και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους. Στα ανώτερα μέρη βρίσκονται χαλαζίτες με μετακροκαλοπαγή. Καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της περιοχής και το πάχος τους αναμένεται στα 250μ.

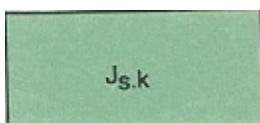
Επωθημένη Σειρά – Ζώνη Τρίπολης

- **Κρητιδικό**



Ασβεστόλιθοι και δολομίτες (Ki-K): Μεσοπλακώδεις έως παχυστρωματώδεις και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες στα ανώτερα στρώματα και μεσοπλακώδεις βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους και δολομιτικούς ασβεστόλιθους σε βάθος. Συνολικό βάθος 230μ και βρίσκονται Δυτικά της Μπαλαβόνας καθώς και Βορειοδυτικά του Προαστίου.

- **Ανώτερο Ιουρασικό**



Ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι (Js-K): Λευκοί ροδόχρωμοι ,ανοιχτότεφροι λεπτοκρυσταλλικοί στα ανώτερα μέρη τεφροί μεσοπλακώδεις και βιτουμενούχοι. Παρουσιάζονται στο Καστράκι με πάχος περί τα 150μ.

- **Λιθανθρακοφόρο-Πέρμιο-Κατ.Τριαδικό**



Φυλλίτες Χαλαζίτες (sch / C-P?ph): Εναλλαγές μαρμαρυγιακών, χαλαζιτικών με χλωριτοειδή, γρανιτικών σχιστόλιθων και μετακροκαλοπαγών. Στα ανώτερα μέρη υπολειμματικές μορφές εβαποριτών (γύψος). Στο πάνω μέρος της φυλλιτικής σειράς υπάρχουν μεταμορφωμένα βασικά εκρηξιγενή πετρώματα. Αυτά είναι πρασινίτες και πρασινιτικοί σχιστόλιθοι με ορυκτολογική σύσταση: ακτινόλιθος, χλωρίτης, μοσχοβίτης, επίδοτο, αλβίτης, χαλαζίας με υψηλό ποσοστό συμμετοχής λευκόξενου. Αναμένεται πάχος 200μ. και βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης και διέρχονται από τις περιοχές Καταραχιά, Περιβολάκι, Πολοβίτσα και Λούριο.

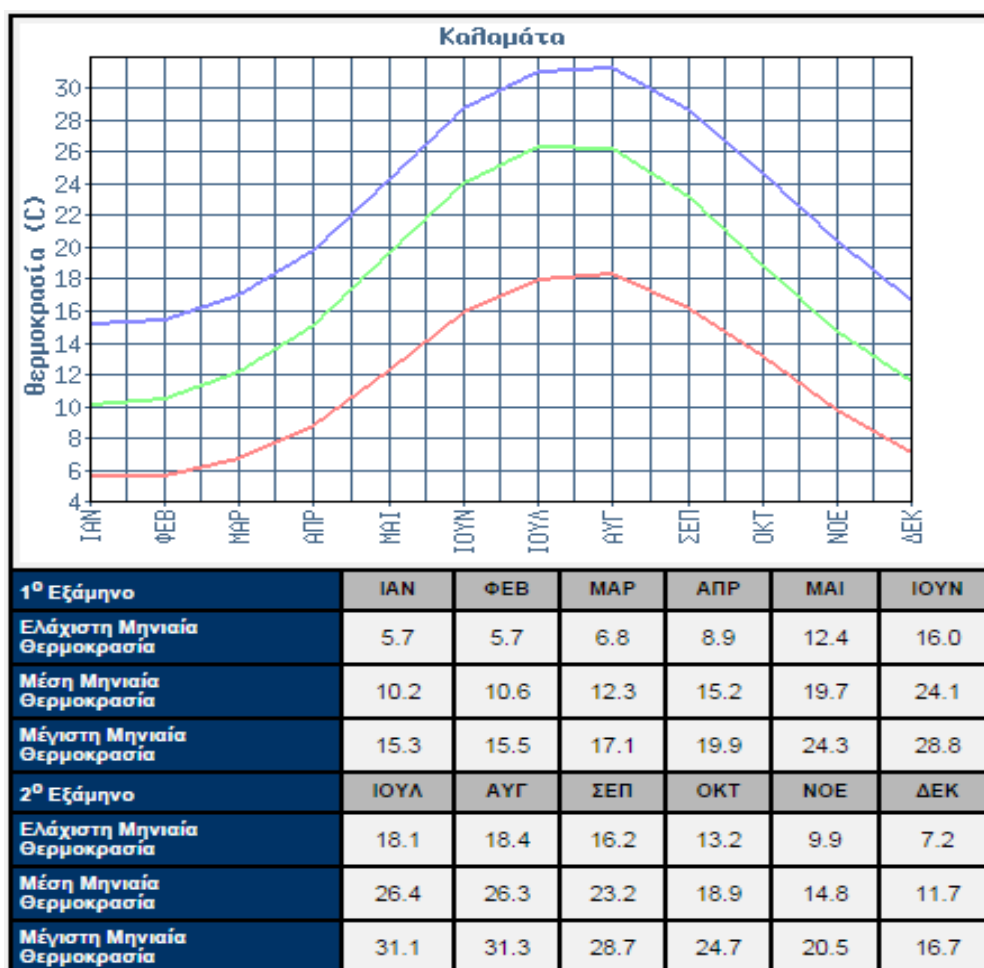
3.2.2. Κλιματολογία Περιοχής

Το κλίμα στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται έως εύκρατο μεσογειακό δηλαδή ήπιοι και υγροί χειμώνες και σχετικά θερμά και ξερά καλοκαίρια²¹. Κατά συνέπεια, το ίδιο ισχύει και για τη περιοχή μελέτης μας. Παρόλα οι τοπικοί παράγοντες μπορούν να μεταβάλλουν σε μεγάλο βαθμό τις συνήθεις κλιματολογικές συνθήκες.

²¹ Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

Έτσι λοιπόν μπορούμε να χωρίσουμε το Δήμο Δυτικής Μάνης σε τρεις ζώνες από άποψη κλιματολογικών συνθηκών. Την ορεινή ζώνη που κατα κύριο λόγο περιλαμβάνει τις περιοχές της οροσειράς του Ταυγέτου όπου λόγω υψόμετρου επικρατεί ορεινός τύπος κλίματος, την παραθαλάσσια ζώνη όπου το κλίμα χαρακτηρίζεται κατα κύριο λόγο ως υγρό και την ενδιάμεση ζώνη που ουσιαστικά γίνεται μετάβαση από τον ένα τύπο στον άλλο και περιλαμβάνει τις ενδιάμεσες περιοχές.

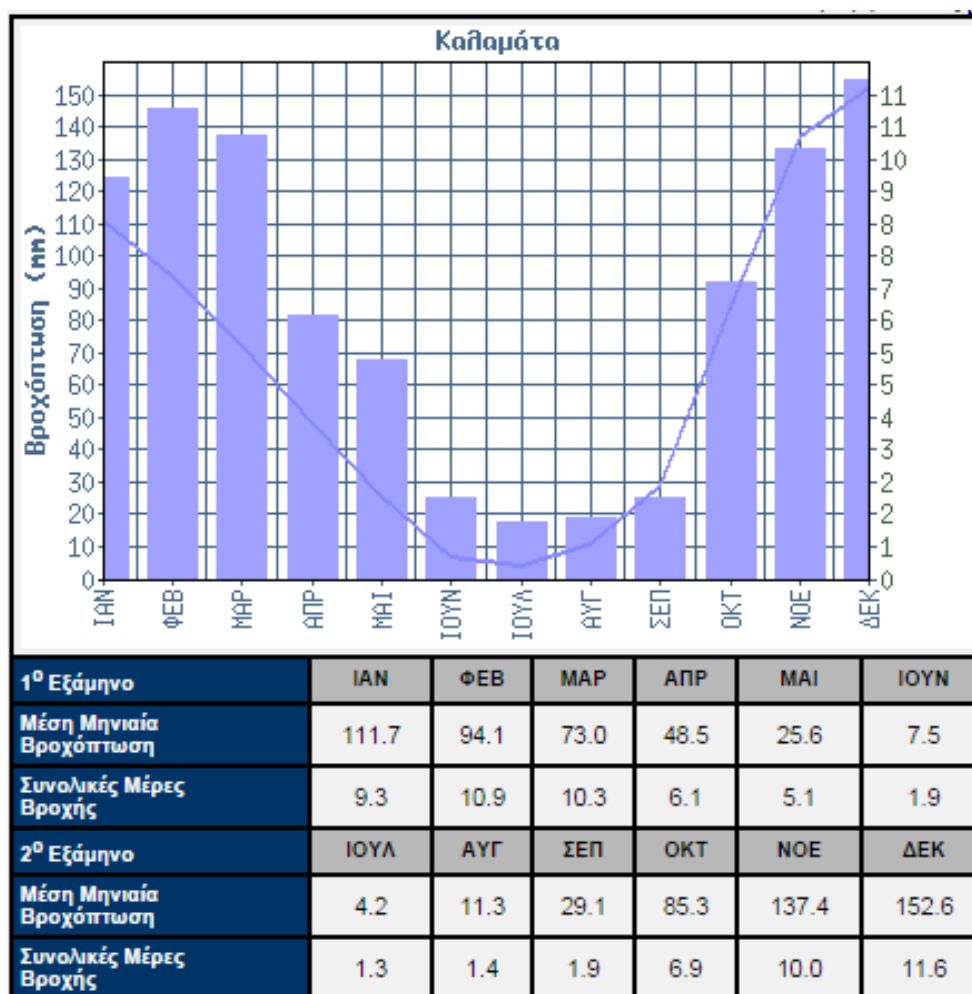
Σύμφωνα με τα στοιχεία της εθνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας που αφορούν το σταθμό της Καλαμάτας²² και για τα έτη 1956-1997 ,οι χαμηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται την περίοδο του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου με μέσες θερμοκρασίες +10,2 και +10,6 °C αντίστοιχα ενώ οι θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέσες θερμοκρασίες +26,4 και +26,3 °C αντίστοιχα.



Διάγραμμα 6: Καταγεγραμμένες Θερμοκρασίες περιόδου 1956-1997 σταθμού Καλαμάτας. (ΕΜΥ)

²² Σταθμός Καλαμάτας ΕΜΥ (Γ. Μήκος 22°10'0" - Γ. Πλάτος 34°4'0" – Υψος 8,10 μ.). Η επιλογή του σταθμού αυτού οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ο πλησιέστερος στη περιοχή μελέτης και στο ότι η περίοδος καταγραφής στοιχείων είναι ασφαλής ως προς την εξαγωγή βασικών συμπερασμάτων για τη περιοχή.

Για την ίδια χρονική περίοδο, από τις καταγραφές των βροχοπτώσεων, προκύπτει ότι κατά τους μήνες Νοέμβριο έως Μάρτιο, έχουμε την περίοδο των βροχοπτώσεων, με πιο αποδοτικό τον μήνα Δεκέμβριο, με μέση μηνιαία βροχόπτωση τα 152,6 mm και 11,6 ημέρες βροχής, ενώ η περίοδος Ιουνίου – Σεπτεμβρίου χαρακτηρίζεται ως η πιο ξηρή με τον Ιούλιο να αποτελεί το μήνα με τη μικρότερη βροχόπτωση (4,2 mm) και τις λιγότερες μέρες βροχής (1,3).

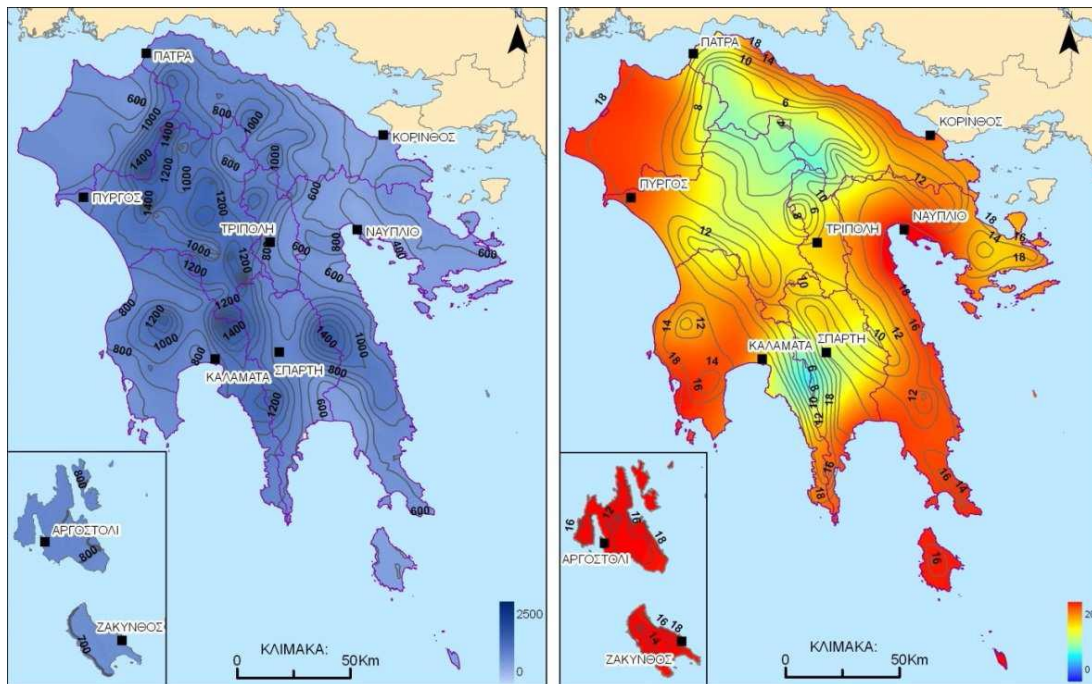


Διάγραμμα 7: Καταγεγραμμένες τιμές βροχόπτωσης περιόδου 1956-1997 σταθμού Καλαμάτας. (EMY)

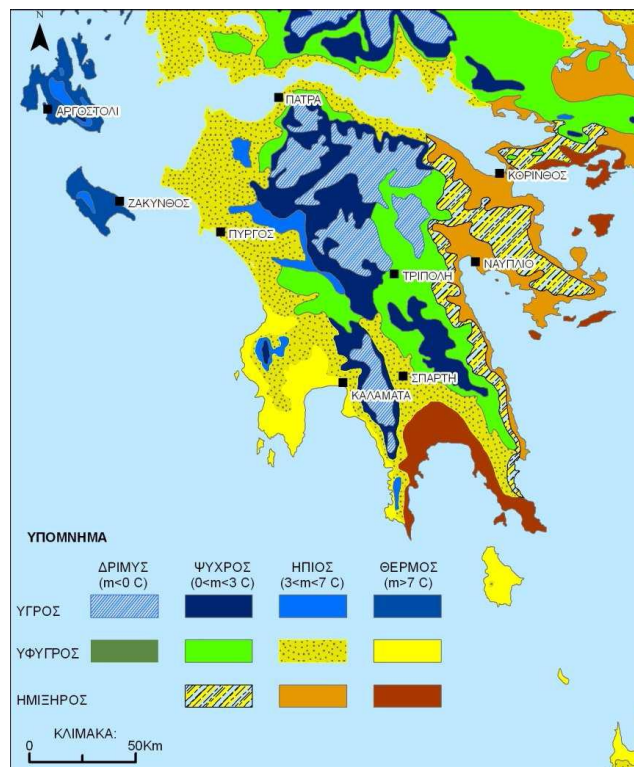
Αντίστοιχα με τις βροχοπτώσεις, μεταβάλλονται και οι τιμές της μέσης υγρασίας στην περιοχή, με τους θερινούς μήνες να κυμαίνεται μεταξύ 58–60% ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο να καταγράφονται τιμές τις τάξης 70 -75%, ενώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η παρουσία χιονιού ή χαλαζιού είναι πολύ μικρή, της τάξης 1,6 ημέρα ανα έτος και 0,7 ημέρες ανα έτος αντίστοιχα.

Οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή είναι κατά κύριο λόγο οι Βόρειοι με μέση μηνιαία ένταση 5.6 με 5.7 Kt κατά τους θερινούς κυρίως μήνες και οι Νοτιοδυτικοί με μέση μηνιαία ένταση από 4.7 έως 5.7 Kt.

Μεγαλύτερη νέφωση παρουσιάζει ο μήνας Φεβρουάριος, ο μέγιστος αριθμός αίθριων ημερών είναι 140-150 ανα έτος ενώ τέλος η απόλυτη ελάχιστη καταγεγραμμένη θερμοκρασία είναι -5°C και η μέγιστη $+42,6^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 27: Κατανομή μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και μέσης ετήσιας θερμοκρασίας²³



Εικόνα 28: Χάρτης βιοκλιματικών ορόφων Πελοποννήσου²³

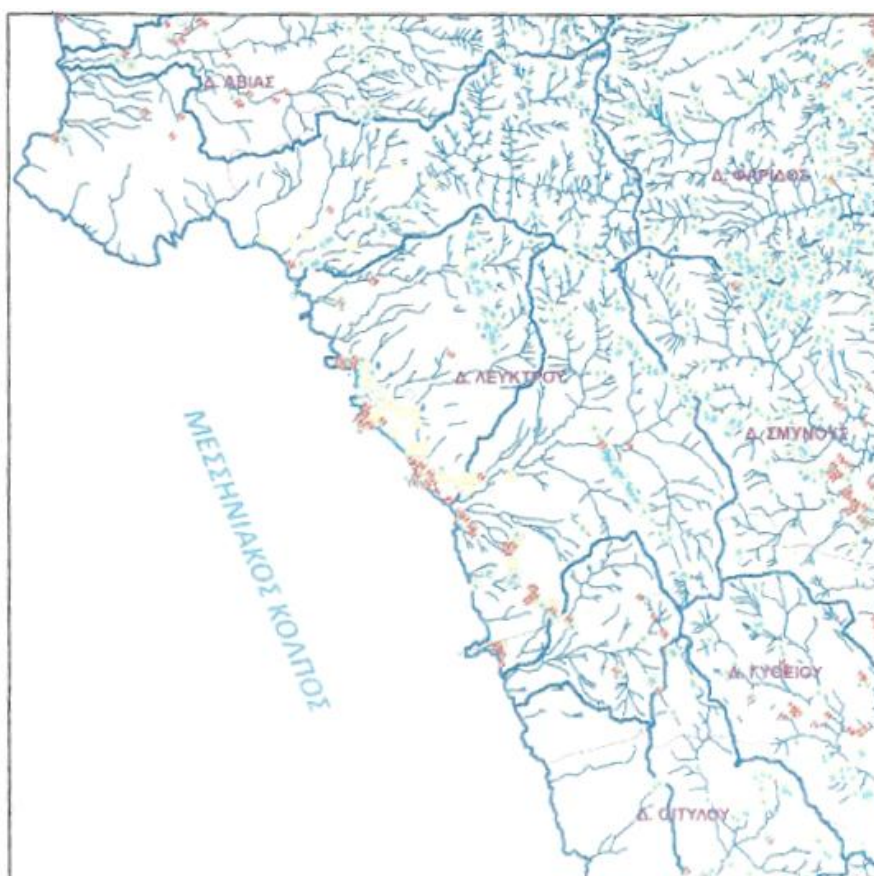
²³ Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ

3.2.3. Υδρογραφικό Δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής παρουσιάζει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Σε όλη την περιοχή μελέτης το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται με κατεύθυνση από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη του Ταυγέτου του οποίου οι απορροές καταλήγουν δυτικά στο Μεσσηνιακό κόλπο.

Με βάση την μορφολογία της, η περιοχή μπορεί να χωριστεί στις παρακάτω υδρολογικές λεκάνες²⁴:

- Λαγκάδας (υδατόρευμα Βαθύ Λαγκάδι)
- Αγ.Νικολάου (υδατορεύματα Στεπινίτσα, Γέροβα, Μόιτσα, Βεσίωνας και Αστοτίνα)
- Στούπας-Λεύκτρου (υδατορεύματα Φραγκιά, Βαθύ Λαγκάδι, Μεγάλο Λαγκάδι και Βραμπάς)
- Καρδαμύλης (υδατορεύματα Βύρος, Μπαρτσαδέλη, Νεροπλαγιά και Θωμαίτικο Λαγκάδι)
- Κάμπου (υδατόρευμα Ριντόμου)

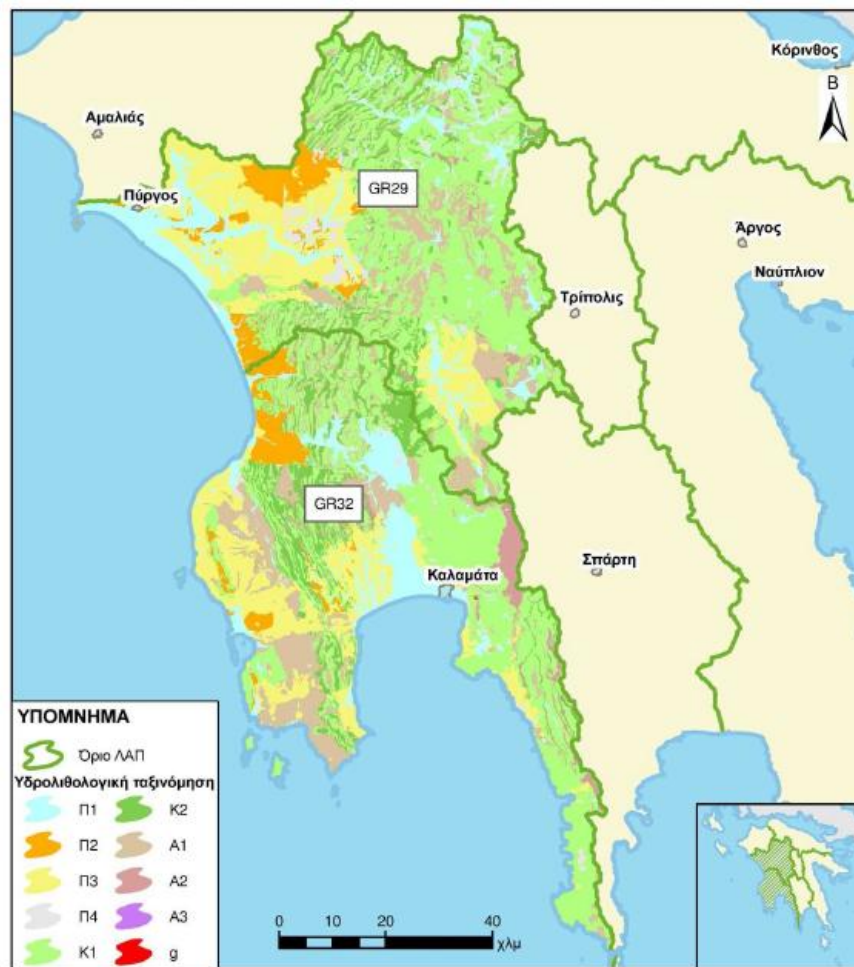


Εικόνα: Δίκτυο υδρολογικών Λεκανών Δήμου Δυτικής Μάνης²⁴

²⁴ «Υποθαλάσσιες Πηγές στον Όρμο Στούπας» του Αν.Καθ. Υδρογεωλογίας Γ.Π.Α. Δρ.Γ.Σταματη.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι μέτρια ανεπτυγμένο. Αποτελείται κυρίως από χείμαρρους και μικρά ποτάμια τα οποία πηγάζουν από το Ταΰγετο. Διαβρώνουν τους σχηματισμούς στα ανάντη και μεταφέρουν εδαφικό υλικό προς τις πιο επίπεδες προσχωσιγενείς περιοχές.

Εκτός από τον επιφανειακό δίκτυο, η περιοχή παρουσιάζει ενδιαφέρον και ως προς τον υπόγεια ύδατα. Στην περιοχή έχουμε 3 κατηγορίες υπόγειων υδροφορειών: τα καρστικά, τα κοκκώδη και τα ρηγματώδη συστήματα. Κάποια υπόγεια υδατικά συστήματα περιλαμβάνουν περισσότερους του ενός, τύπους υδροφορειών.



Υδρολιθολογική ταξινόμηση

Κοκκώδεις σχηματισμοί

- Π1** Προσχωματικές κυρίως αποθέσεις, κυμαινόμενης υδροπερατότητας
- Π2** Νεογενείς και Πλειστοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας
- Π3** Μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας
- Π4** Κορήματα κυμαινόμενης υδροπερατότητας

Καρστικοί σχηματισμοί

- Κ1** Ανθρακικοί σχηματισμοί υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας
- Κ2** Ανθρακικοί σχηματισμοί μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας

Ρωγματώδεις σχηματισμοί

- Α1** Ρωγματώδεις σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (φλύσχης)
- Α2** Ρωγματώδεις σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (φυλλίτες-χαλαζίτες-σχιστόλιθοι)
- Α3** Ρωγματώδεις σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας (πιριγενή)

Γύψοι

- γ** Γύψοι

Εικόνα 29: Υδρολιθολογικός Χάρτης δυτικής Πελοποννήσου ²³

3.2.4. Τεκτονική – Σεισμικό περιβάλλον.

Η περιοχή μελέτης, χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών ρηγμάτων μεγάλου μήκους. Έχει διαμορφωθεί από τα συνεχόμενα τεκτονικά γεγονότα που έλαβαν χώρα στη περιοχή κατά την διάρκεια των αιώνων.

Η εναλλαγή τεκτονικών κεράτων και βυθισμάτων είναι εμφανής στην περιοχή. Το Κέρας του Ταΰγετου που διαδέχεται το βύθισμά της Καλαμάτας-Κυπαρισσίας υποδηλώνουν το έντονα τεκτονικό περιβάλλον. Κυρίαρχη δομή στη περιοχή μελέτης είναι το κέρας του Ταΰγετου, μια σειρά από επωθημένα τεκτονικά καλύμματα εσωτερικών και εξωτερικών ελληνικών γεωτεκτονικών ζωνών ως αποτέλεσμα συνεχών τεκτονικών γεγονότων. Αποδίδεται σε ένα συμπιεστικό γεγονός που έλαβε χώρα κατά το Μειόκαινο σε διεύθυνση Β-Ν το οποίο προκάλεσε τη συσσώρευση των καλυμμάτων πάνω στο αυτόχθονο σύστημα με ταυτόχρονη ανάπτυξη μεταμόρφωσης υψηλής πίεσης. Έτσι, τα ανώτερα και κατώτερα τεκτονικά καλύμματα διαχωρίζονται από ένα κύριο εφελκυστικό ρήγμα.

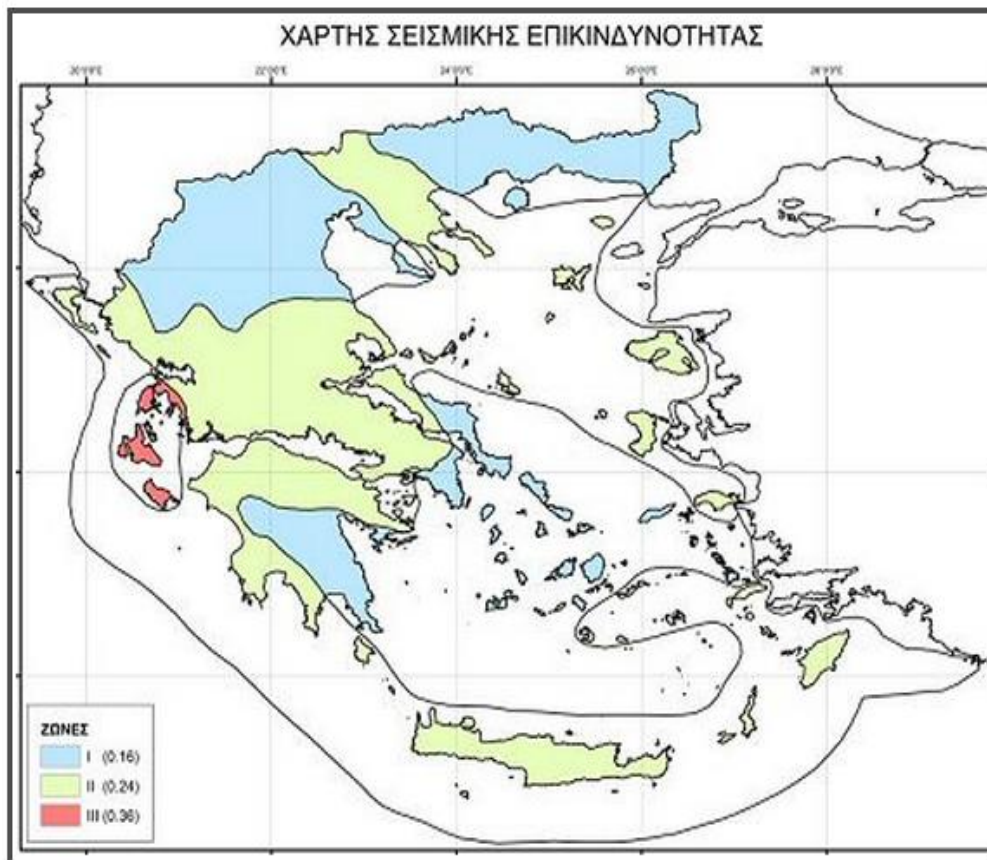
Λόγω της γεινίασης της περιοχής με την Ελληνική τάφρο, που αναπτύσσεται τοξοειδώς από Νότια της Κρήτης έως Δυτικά της Κέρκυρας²⁵, παράλληλα με τις ακτές, η περιοχή έχει έντονο σεισμικό παρελθόν. Στην περιοχή παρατηρούνται νεοτεκτονικές ζώνες, τα ενεργά ρήγματα των οποίων έχουν προκαλέσει αρκετούς σεισμούς.



Εικόνα 30: Χάρτης κύριων ρηγμάτων (Μαριολάκος et al 2001)

²⁵ Αναφέρεται το τμήμα της Ελληνικής Τάφρου που βρίσκεται ενός της Ελληνικής επικράτειας.

Σύμφωνα με τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό (Ε.Α.Κ. 2003), όλος ο Δήμος Δυτικής Μάνης, συμπεριλαμβανομένης και της θαλάσσιας περιοχής βρίσκεται στη δεύτερη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας.



Εικόνα 31: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας κατά ισχύοντα Ε.Α.Κ. (Ε.Α.Κ. 2003)

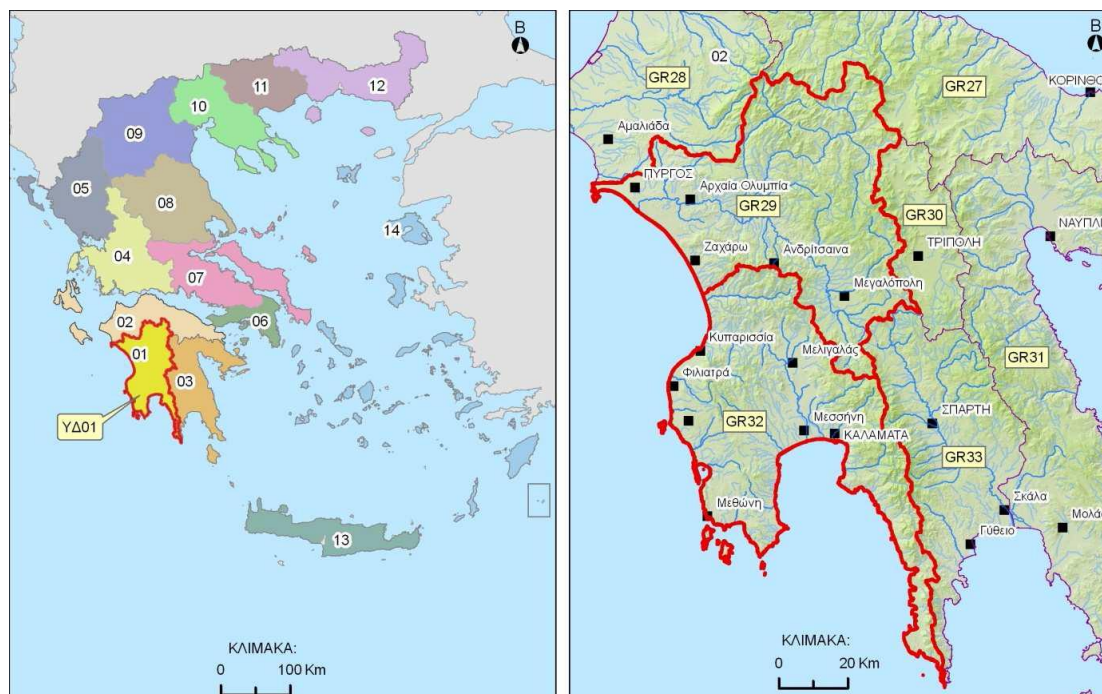
Η περιοχή κατά το παρελθόν έχει δώσει ισχυρούς σεισμούς μεγέθους ακόμα και 7,5R (Πύλος 27/8/1886) με πιο πρόσφατο τον σεισμό της Καλαμάτας (13/9/1986) ισχύος 6,2R.

3.3 Διαχειριστικό Σχέδιο Υδάτων Δυτικής Πελοποννήσου

3.3.1 Τι Περιλαμβάνει

Τον Απρίλιο του 2013 ολοκληρώθηκε και εκπονήθηκε από το ΥΠΕΚΑ το Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ 01). Το σχέδιο αυτό θέτει τις προδιαγραφές αξιοποίησης των υδατικών πόρων με βάση την οδηγία 2000/60/ΕΚ κατ εφαρμογή του Ν.3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007. Αφού καθόρισε τα υδατικά συστήματα, περιέγραψε την υφιστάμενη κατάσταση τους, τόσο από πλευράς ποιοτικών χαρακτηριστικών όσο και από πλευράς υφιστάμενων πιέσεων, ανέλυσε οικονομικά τις χρήσεις ύδατος και όρισε τα προγράμματα μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν από τους αρμόδιους φορείς με βάση τους περιβαλλοντικούς στόχους που έχει θέσει πρωτίτερα.

Με βάση την οδηγία όλα τα κράτη μέλη θέτουν ως στόχο την επίτευξη καλής κατάστασης όλων των υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) μέχρι το 2015. Σύμφωνα με την απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ 1383Β/2-9-2010) καθορίζονται τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Με βάση αυτή η διαίρεση της Πελοποννήσου γίνεται ως εξής:



Εικόνες 32 & 33: Διαίρεση των υδατικών διαμερισμάτων Ελλάδας (αριστερά) και Δυτικής Πελοποννήσου (δεξιά)(Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)

Το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ 01) με βάση τη διαίρεση χωρίζεται σε 2 Λεκάνες Απορροής Ποταμών: την ΛΑΠ Αλφειού (GR 29) ,και την ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) που περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας.

Το Σχέδιο Διαχείρισης λαμβάνει υπόψιν του και την οδηγία 2006/118/ΕΚ (θυγατρική της 2000/60/ΕΚ) που αναφέρεται στην προστασία των υπόγειων υδάτων από ρύπανση και υποβάθμιση.

3.3.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων τα υδατικά συστήματα της περιοχής δέχονται πιέσεις που μπορούν να μεταβάλλουν σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό, την ποιότητα τους. Τα υπόγεια υδατικά συστήματα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό αφού προκαλούν αλλαγή της χημικής τους κατάσταση με τις γεωργικές δραστηριότητες και τα αστικά λύματα νε επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις NO_3 , των οξειδίων του φωσφόρου των χλωριόντων και της αγωγιμότητας

Ανάλογα με την έκταση την οποία επηρεάζουν ταξινομούνται σε σημειακές (εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ, εκβολή δικτύων αποχέτευσης σε φυσικό αποδέκτη, μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, βιομηχανικές και κτηνοτροφικές μονάδες, ΧΑΔΑ – ΧΥΤΑ, μεταλλεία) ή διάχυτες (γεωργικές δραστηριότητες, αστικά λύματα που δεν καταλήγουν σε ΕΕΛ, ποιμενική κτηνοτροφία).

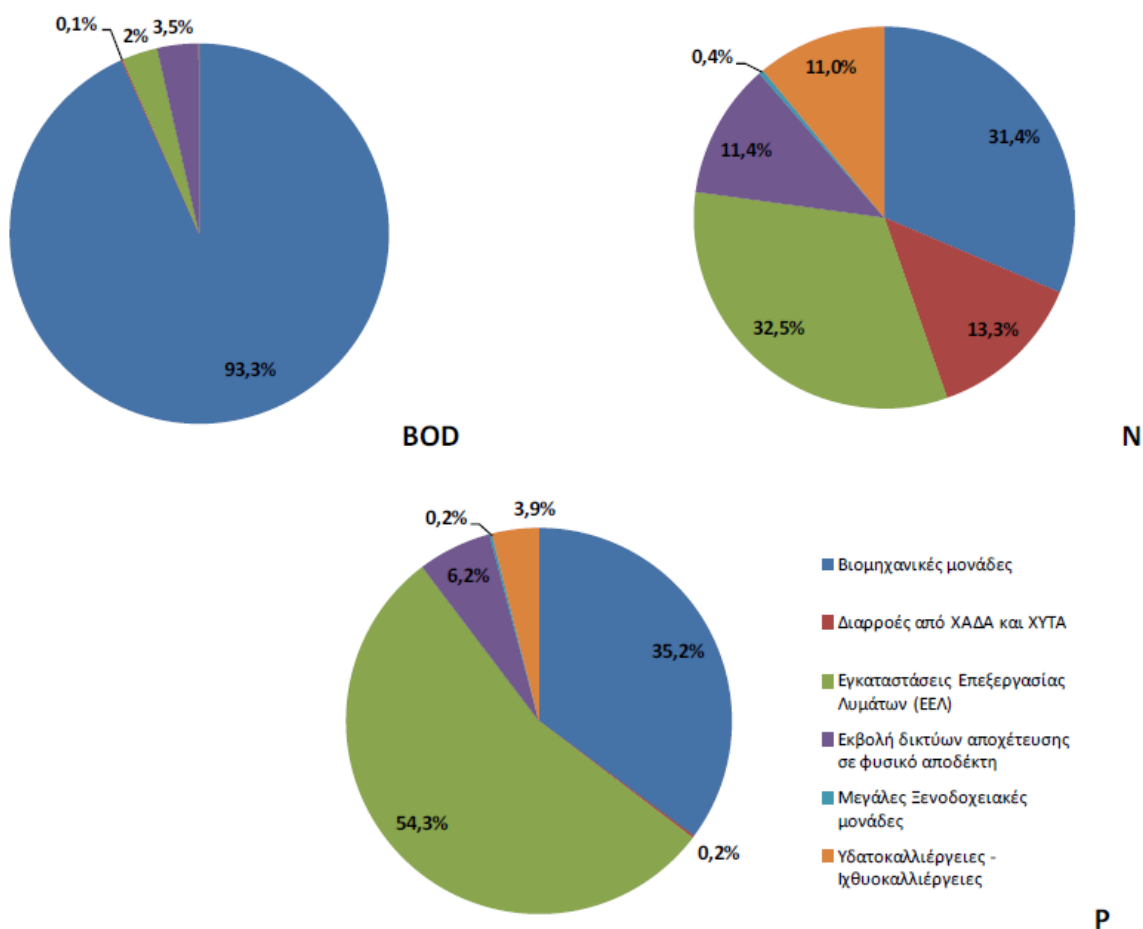
Οι ρύποι που προκαλούνται από αυτές ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες από πλευράς σπουδαιότητας. Η πρώτη να περιλαμβάνει ρύπους όπως το οργανικό φορτίο, τα αμμωνιακά, τα νιτρικά και τα φωσφορικά άλατα, τα αιωρούμενα στερεά κ.α. και προέρχεται από αστικά λύματα, γεωργική δραστηριότητα, κτηνοτροφία και ιχθυοκαλλιέργειες. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις τοξικές ουσίες (βαρέα μέταλλα, φυτοφάρμακα, βιοκτόνα, κ.α.) και τους παθογόνους μικροοργανισμούς και προέρχεται από βιομηχανική δραστηριότητα, χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων, φυτοφάρμακα, λύματα αστικής χρήσης και κτηνοτροφίας.

Εξετάζοντας βασικούς δείκτες φορτίων όπως BOD , N και P μπορεί να γίνει αντιληπτό το επίπεδο ρύπανσης των υδάτων. Επίσης η ποσοτικοποίηση και ο εντοπισμός της πηγής ρύπανσης, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μπορεί να αναδείξει και την μέθοδο επίλυσης τυχόν προβλήματος. Στο διαχειριστικό σχέδιο έχει γίνει επεξεργασία μετρήσεων των παραπάνω πηγών ρύπων αλλά και φορτίων καθώς και των αναγκών σε νερό και έχουν προκύψει τα παρακάτω αποτελέσματα:

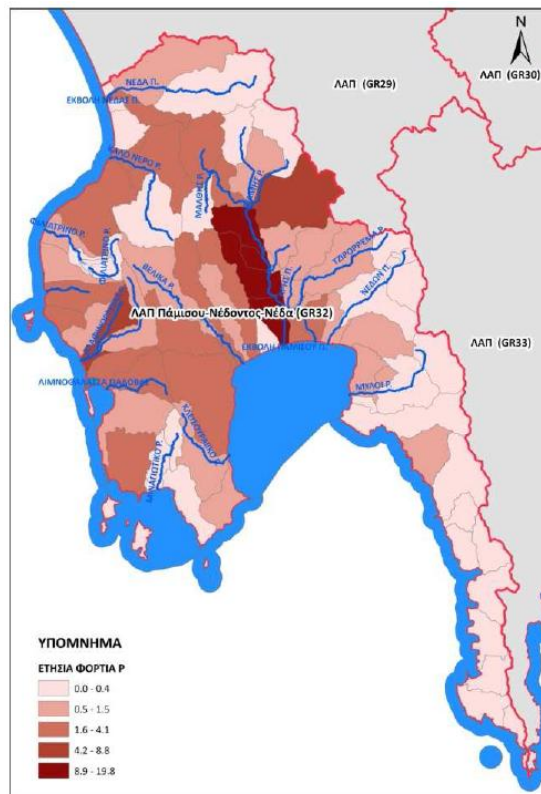
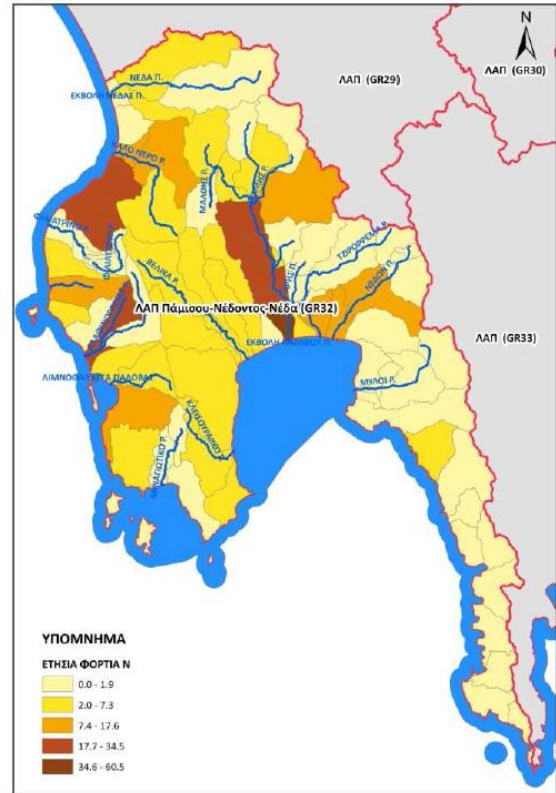
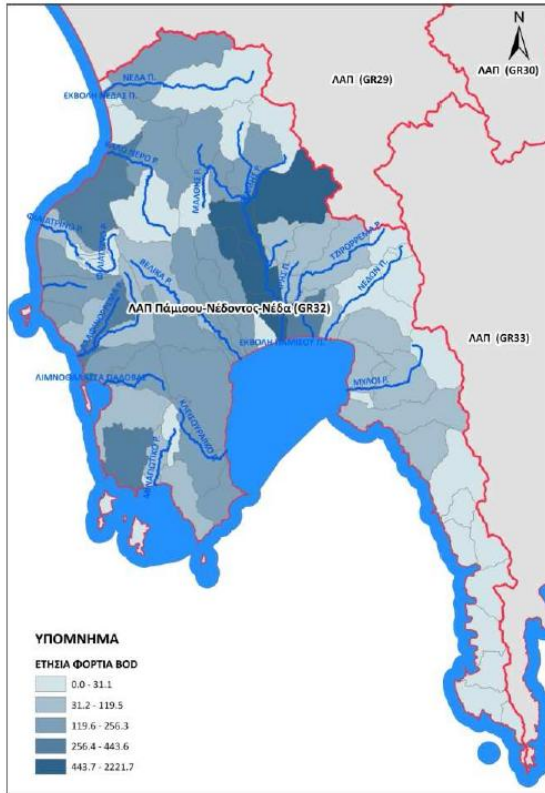
3.3.2.1 Σημειακές Πηγές Ρύπανσης

| ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ | BOD (τόνοι/ έτος) | N (τόνοι / έτος) | P (τόνοι/ έτος) | BOD (τόνοι/ θερινή περίοδο) | N (τόνοι/ θερινή περίοδο) | P (τόνοι/ θερινή περίοδο) |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Βιομηχανικές μονάδες | 7.509,4 | 155,7 | 67,2 | 2.503,1 | 51,9 | 22,4 |
| Διαρροές από ΧΑΔΑ και ΧΥΤΑ | 9,5 | 65,8 | 0,3 | 3,2 | 21,9 | 0,1 |
| Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων | 243,7 | 161,2 | 103,8 | 83,6 | 55,2 | 35,7 |
| Εκβολή δικτύων αποχέτευσης | 283,8 | 56,8 | 11,8 | 103,0 | 20,6 | 4,3 |
| Μεγάλες Ξενοδοχειακές μονάδες | 1,5 | 2,0 | 0,4 | 1,0 | 1,4 | 0,3 |
| Υδατοκαλλιέργειες - Ιχθυοκαλλιέργειες | 2,3 | 54,5 | 7,4 | 0,8 | 18,2 | 2,5 |
| ΣΥΝΟΛΑ | 8.050,0 | 495,8 | 191,0 | 2.694,7 | 169,1 | 65,3 |

Πίνακας 11: Συνολικά ετήσια και θερινά φορτία BOD, N,P Που παράγονται στο ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)



Διαγράμματα 8, 9, 10: Κατανομή ετήσιας επιβάρυνσης BOD, N,P από σημειακές πιέσεις στο ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)

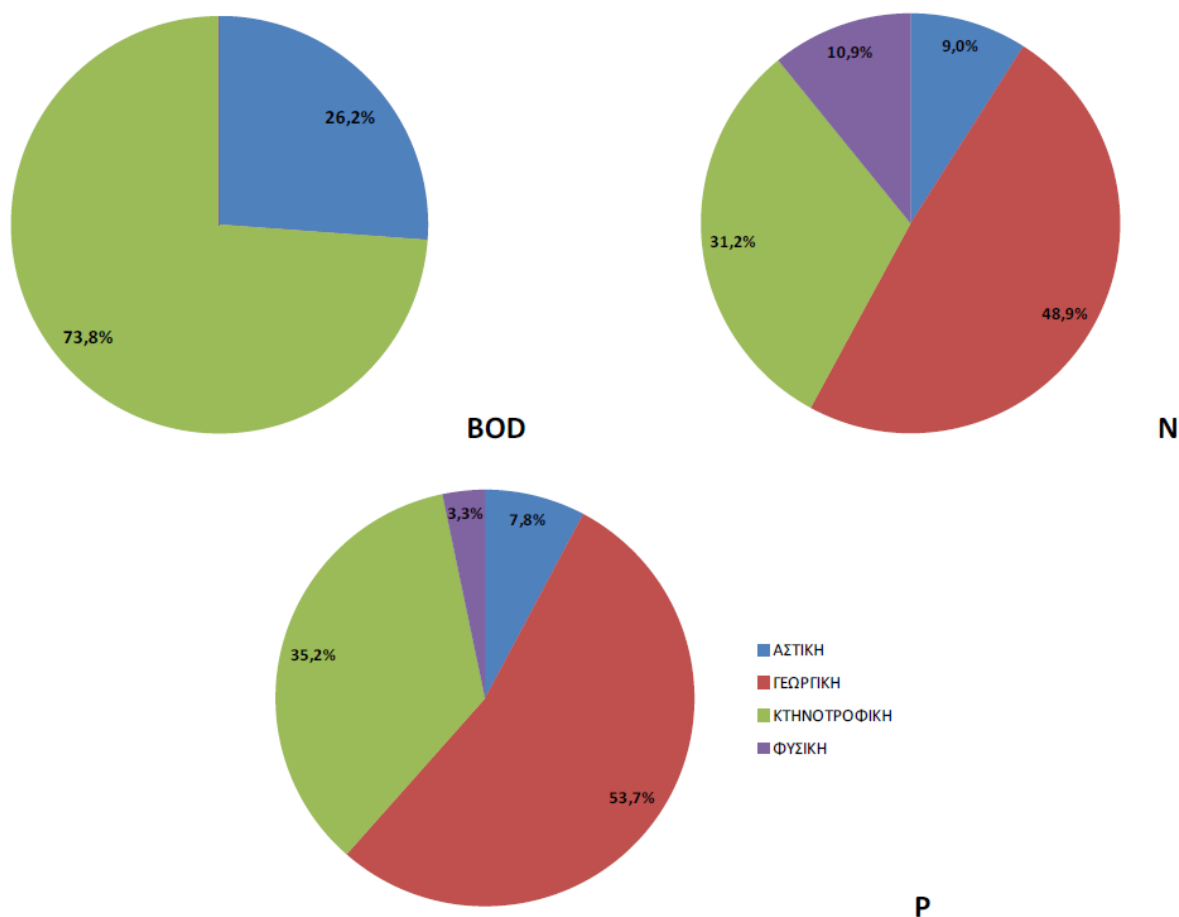


Εικόνες 34, 35 & 36: Τελική ετήσια επιφανειακή αθροιστική ποσότητα ρύπων BOD, N, P (τόνοι/έτος) από σημειακές πηγές ρύπανσης στο ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)

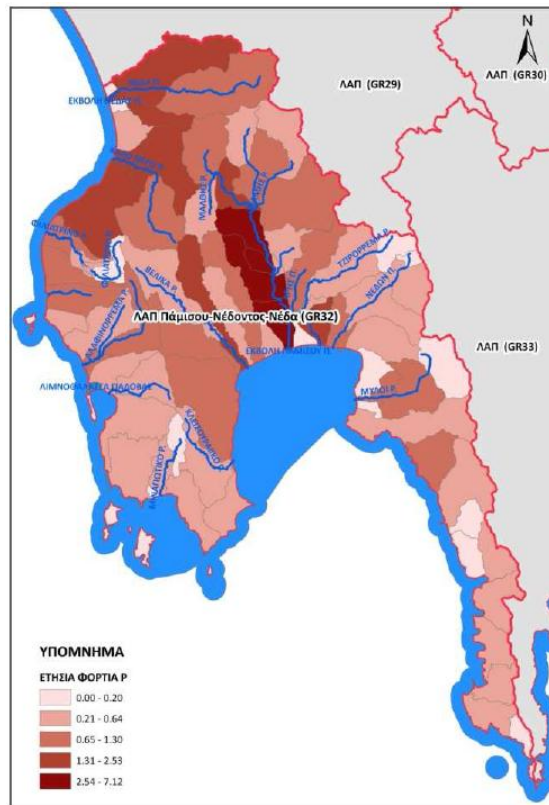
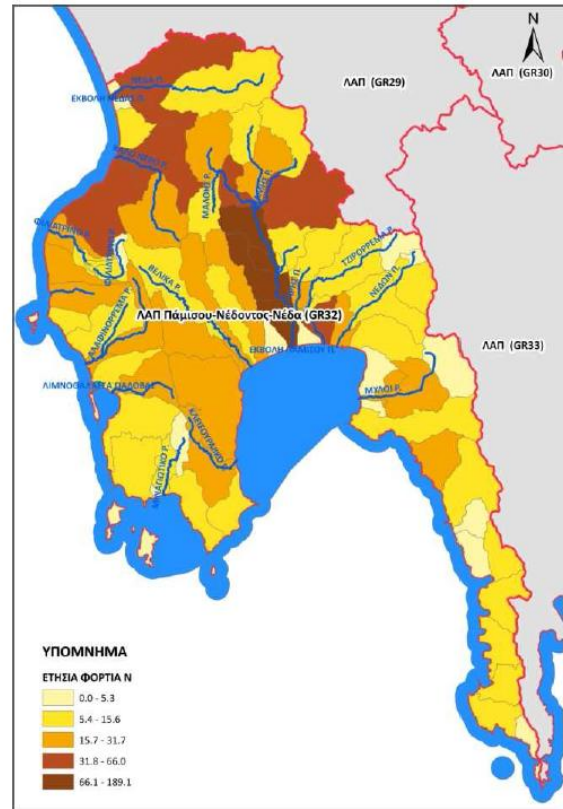
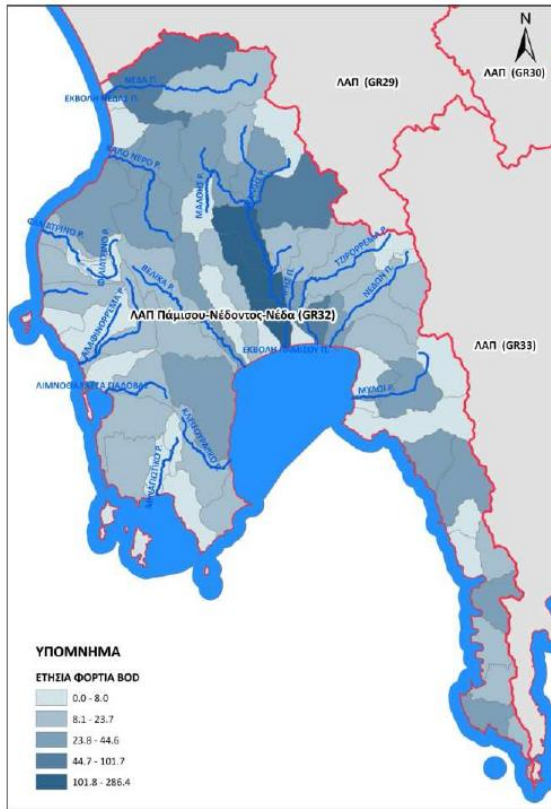
3.3.2.2 Διάχυτες Πηγές Ρύπανσης

| ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ | BOD (τόνοι/έτος) | N (τόνοι/έτος) | P (τόνοι/έτος) | BOD (τόνοι/έτος) | N (τόνοι/έτος) | P (τόνοι/έτος) |
|---------------|------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| ΑΣΤΙΚΗ | 274,0 | 78,3 | 2,7 | 105,9 | 30,3 | 1,0 |
| ΓΕΩΡΓΙΚΗ | 0,0 | 423,5 | 18,6 | 0,0 | 127,0 | 5,6 |
| ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΗ | 773,0 | 270,4 | 12,2 | 257,7 | 90,1 | 4,1 |
| ΦΥΣΙΚΗ | 0,0 | 94,2 | 1,1 | 0,0 | 31,5 | 0,4 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 1047,0 | 866,4 | 34,6 | 363,6 | 278,9 | 11,1 |

Πίνακας 12: Συνολικά ετήσια και θερινά φορτία BOD , N , P που παράγονται στο ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)

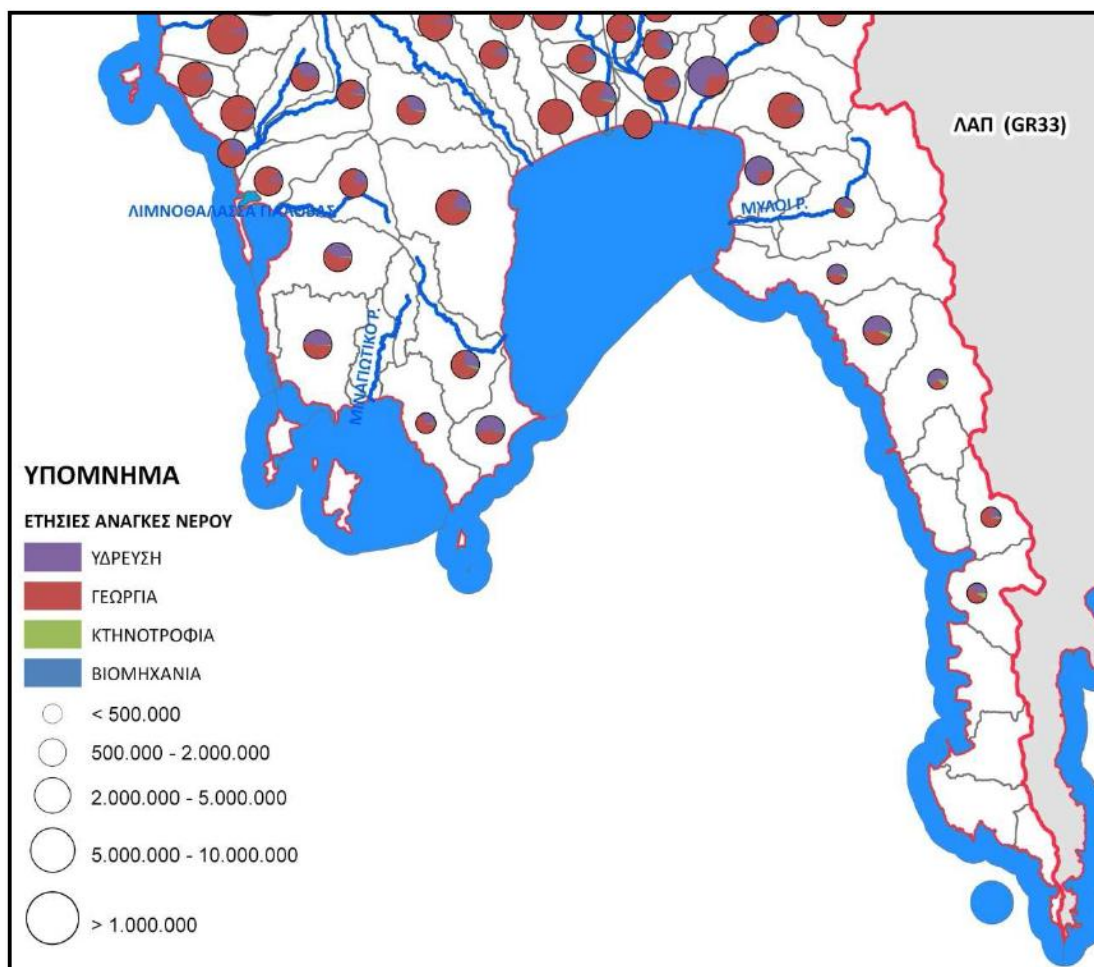


Διαγράμματα 11, 12 & 13: Κατανομή ετήσιας επιφανειακής επιβάρυνσης BOD, N,P από διάχυτες πιέσεις στο ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)



Εικόνα 37, 38 & 39: Τελική ετήσια επιφανειακή αθροιστική ποσότητα ρύπων ΒΟΔ, Ν, Ρ (τόνοι/έτος) από διάχυτες πηγές ρύπανσης στο ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)

3.3.2.3 Ανάγκες σε νερό



Εικόνα 40: Ετήσιες ανάγκες νερού του Νοτίου τμήματος της ΛΑΠ Παμίσου – Νέδοντος - Νέδα (GR32) (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Συστήματος Δ. Πελοποννήσου, ΥΠΕΚΑ)

3.3.3 Στόχοι σχεδίου διαχείρισης

Με δεδομένα τα προβλήματα που προκύπτουν στην περιοχή από τις παραπάνω καταγεγραμμένες πιέσεις καθώς και από την εντατική άντληση και τη διαπιστωμένη θαλάσσια διείσδυση (που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό από τις αντλήσεις), σχέδιο διαχείρισης έθεσε κάποιους βασικούς περιβαλλοντικούς στόχους για τα υπόγεια νερά:

- Λήψη μέτρων για πρόληψη και περιορισμό στη διοχέτευση ρύπων.
- Προστασία, αναβάθμιση και αποκατάσταση των υπογείων ΥΣ με διασφάλιση ισορροπίας εκφορτίσεων και ανατροφοδότησης.
- Εφαρμογή μέτρων αναστροφής κάθε ανοδικής τάσης συγκέντρωσης ρύπου που οφείλεται σε ανθρωπογενή δραστηριότητα.

Το σχέδιο αναφέρει μεταξύ άλλων ότι από ερευνητικά προγράμματα σε διάφορες περιοχές της Πελοποννήσου κατέδειξαν μεγάλους χρόνους φυσικής απονίτρωσης (30-60 χρόνια) με βάση πάντα τα χαρακτηριστικά του υδροφορέα, το βαθμό νιτρορρύπανσης και το ρυθμό επανατροφοδοσίας του. Κρίσιμοι παράγοντες στην επίτευξη καλύτερης περιβαλλοντικής κατάστασης σε ένα εύλογο χρονικό περιθώριο, είναι ο έλεγχος των αντλήσεων με ιδανική περίπτωση την απαγόρευσή τους και ο βαθμός που μπορεί να γίνει τεχνητός εμπλουτισμός

Το σχέδιο διαχείρισης πρόκρινε την κατασκευή έργων που να είναι σημαντικά ως προς τα κοινωνικοοικονομικά οφέλη που αναμένεται να ανταποδώσουν:

- Έργα ύδρευσης
- Έργα άρδευσης
- Έργα Υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Αναπτυξιακές παρεμβάσεις
- Αντιπλημμυρική προστασία

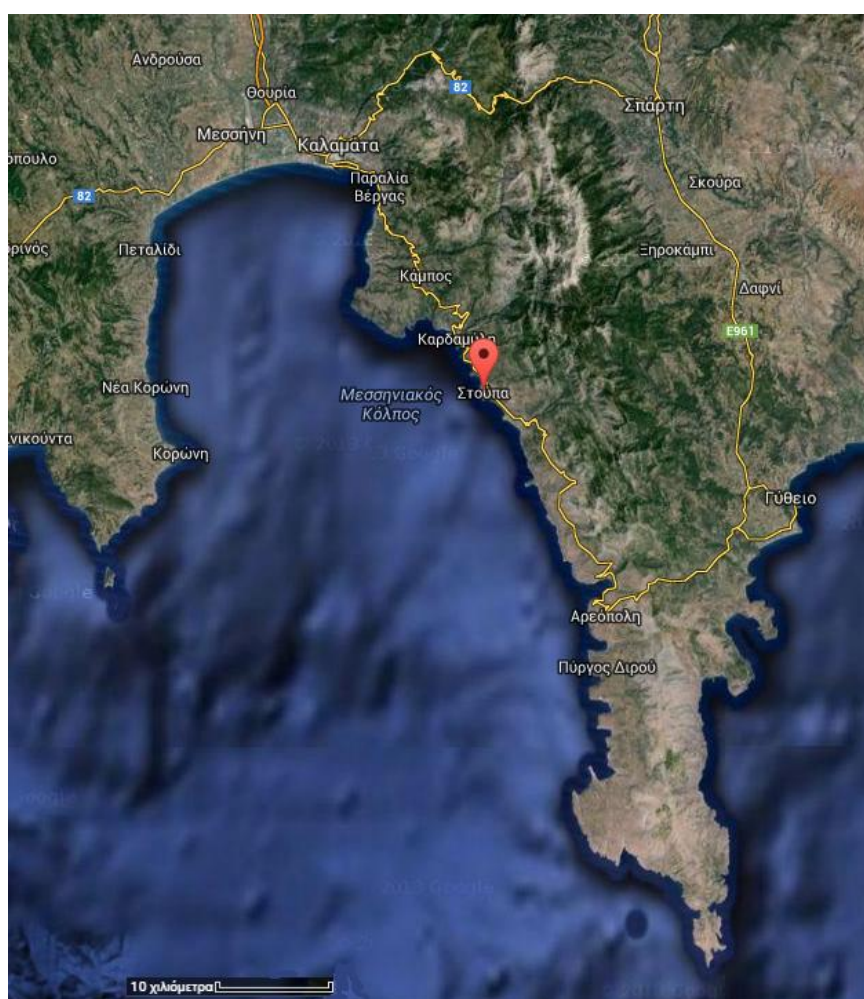
Καθοριστικό ρόλο έχει η σημαντικότητα του έργου ως προς την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων και κατα πόσο αυτό θα επηρεάσει τα υδατικά συστήματα.

Για την περιοχή μελέτης (Δήμου Δυτικής Μάνης) έχουν προγραμματιστεί έργα ενίσχυσης ύδρευσης Συνδέσμου Ύδρευσης Καλαμάτας Μεσσήνης από τις πηγές του Αγίου Φλώρου ενώ διερευνούνται οι συνθήκες εφαρμογής τεχνητών εμπλουτισμών των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων ως μέσο ποιοτικής και ποσοτικής ενίσχυσης των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων.

3.4 Υποθαλάσσια Ανάβλυση Στούπας

3.4.1 Τοποθεσία

Στον θαλάσσιο χώρο του Δήμου Δυτικής Μανής, στο Μεσσηνιακό Κόλπο, βρίσκεται η υποβρύχια ανάβλυση Της Στούπας, που είναι αντικείμενο μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Έχει πάρει το όνομά της από τον ομώνυμο οικισμό που βρίσκεται Νοτιοανατολικά της θέσης της. Ο οικισμός της Στούπας, υπάγεται στη Τοπική Κοινότητα Νεοχωρίου της Δημοτικής Ενότητας Λεύκτρου του Δήμου Δυτικής Μάνης.



Εικόνα 41: Τοποθεσία οικισμού Στούπας (Google maps)

Η ακριβής θέση της ανάβλυσης είναι Δυτικά του ακρωτηρίου που υπάρχει μεταξύ του κόλπου του οικισμού της Στούπας και της παραλίας της Καλογριάς, Βορείως του οικισμού. Απέχει από τη στεριά περί τα 150 μέτρα, ενώ το βάθος της ανάβλυσης έχει μετρηθεί σε βάθος 29 μέτρων.

Η πρώτη επίσημη επιστημονική καταγραφή της συγκεκριμένης πηγής χρονολογείται το 1975²⁶ αν και υπάρχουν αναφορές από ντόπιους κατοίκους ότι υπάρχει συνεχόμενη δραστηριότητα τα τελευταία τουλάχιστον 60 χρόνια²⁷



Εικόνα 42: Θέση ανάβλυσης σε σχέση με τον οικισμό της Στούπας (Επεξεργασία από χάρτη Google)

Η ανάβλυση δημιουργεί στην επιφάνεια της θάλασσας, όταν αυτή είναι σε κατάσταση ηρεμίας, έναν κυκλικό σχηματισμό όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα με διάμετρο που ποικίλει ανάλογα με την εποχή και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 60 μ. Η περιοχή έχει διάσπαρτες και άλλες αναβλύσεις οι οποίες είναι μικρότερης παροχής.

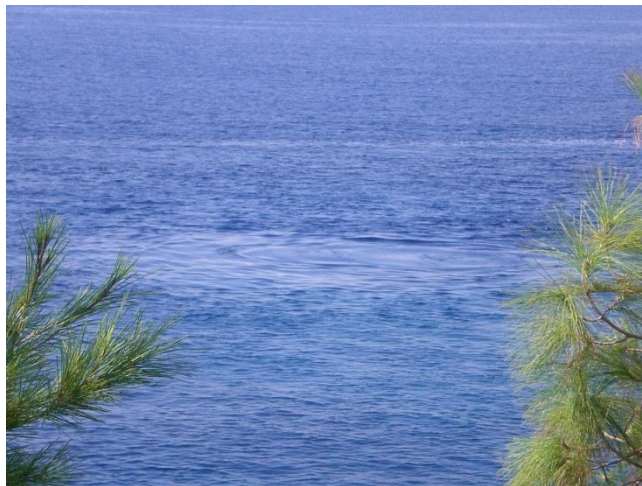


Εικόνα 43: Η ανάβλυση της Στούπας από τη στεριά. (Καρουζάκης Μ.)

²⁶ In-situ radionuclide characterization of a SDG site at Kalogria Bay, Stoupa, Greece (C. Tsabaris et al)

²⁷ Under water situ measurements of radionuclides in selected SDG, Mediteranian Sea (C. Tsabaris et al)

Οι παρακάτω φωτογραφίες έχουν ληφθεί στις 19/9/2014 (Καρουζάκης Μιχαήλ) και 17/8/2014 (Αυδίκος Χρίστος). Και στις δύο φαίνεται η ανάβλυση η οποία αν και στους θερινούς μήνες του έτους, παρουσιάζει σημαντική παροχή, όπως αυτή αποτυπώνεται στην επιφάνεια της θάλασσας.



Εικόνες 44 & 45: Η ανάβλυση της Στούπας από τη στεριά. (Καρουζάκης Μ.)



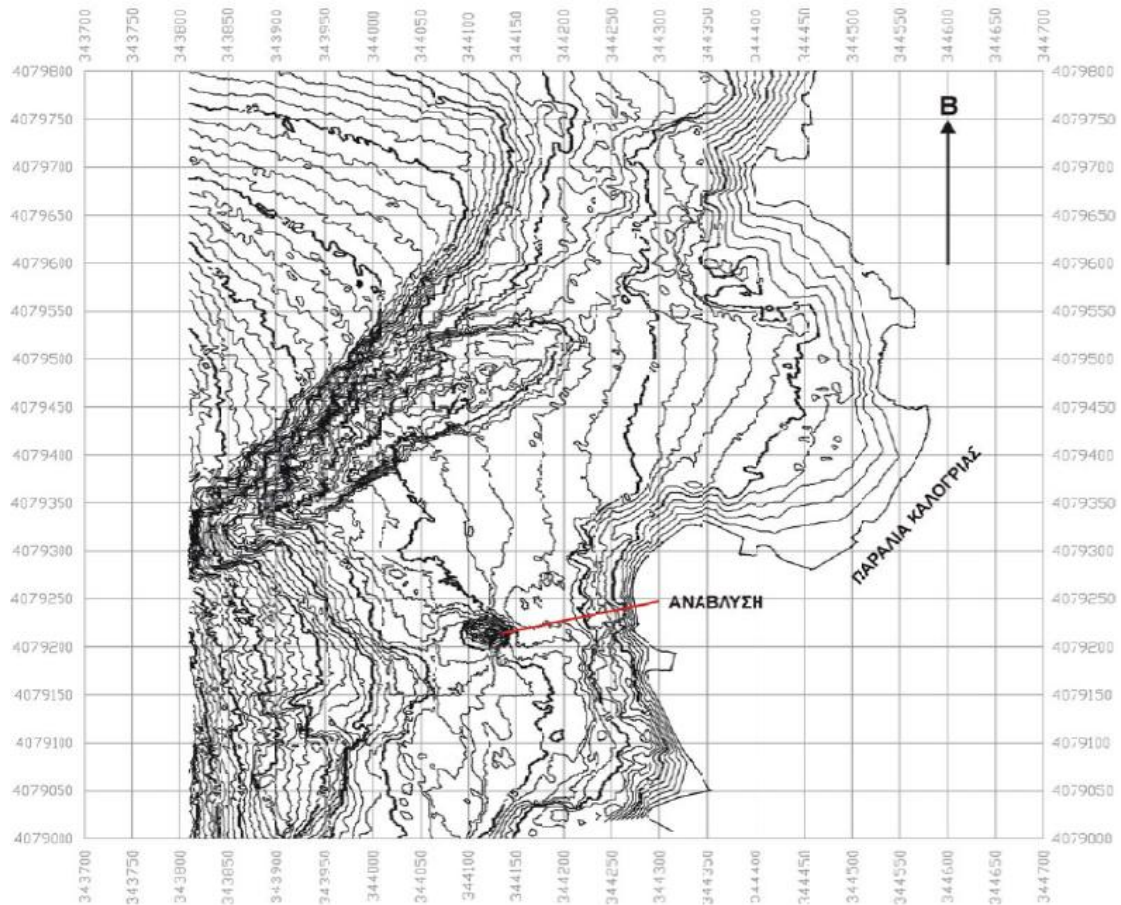
Εικόνες 46 & 47: Η ανάβλυση της Στούπας από τη θάλασσα. (Αυδίκος Χ.)



Εικόνες 48 & 49: Η ανάβλυση της Στούπας από τη θάλασσα. (Καρουζάκης Μ.)

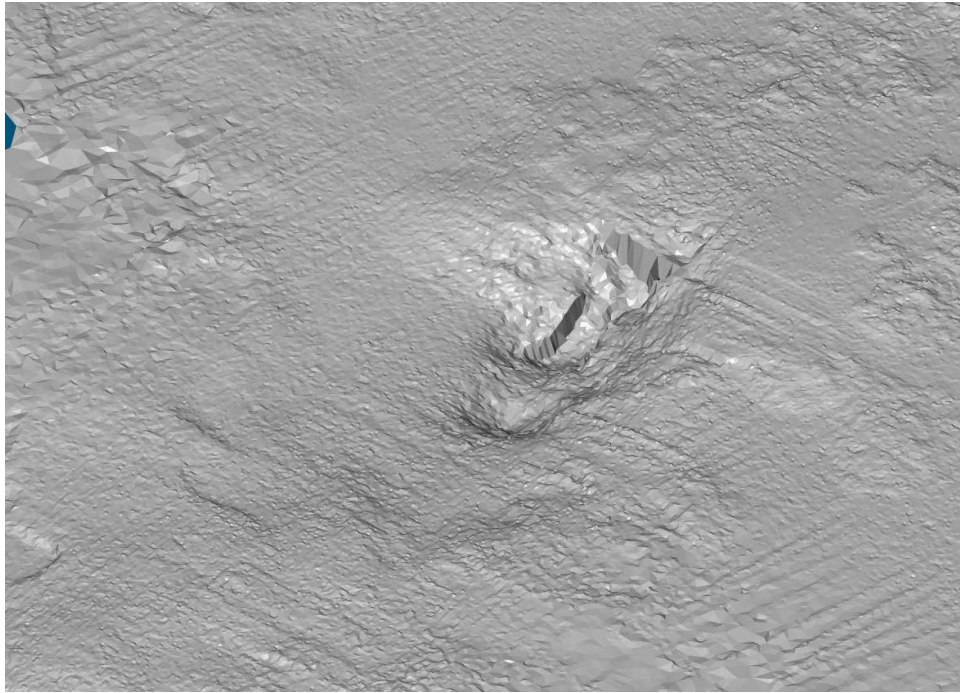
3.4.2 Η μορφολογία του πυθμένα

Το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. κατά τα έτη 2006, 2009 και 2010 πραγματοποίησε πλόες και καταδύσεις στην περιοχή της ανάβλυσης, για τις ανάγκες ερευνητικών προγραμμάτων, από τις οποίες προέκυψε χαρτογράφηση του πυθμένα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η μορφολογία του πυθμένα χαρακτηρίζεται από ήπιες κλίσεις σε βάθη 20 έως 40 μέτρα. Προς τα δυτικά και με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ σχηματίζεται ένα ύβωμα με μεγάλες βυθομετρικές διαφορές στα βάθη 35 – 45 μέτρων με ύψος υβώματος περί τα 20 μέτρα.

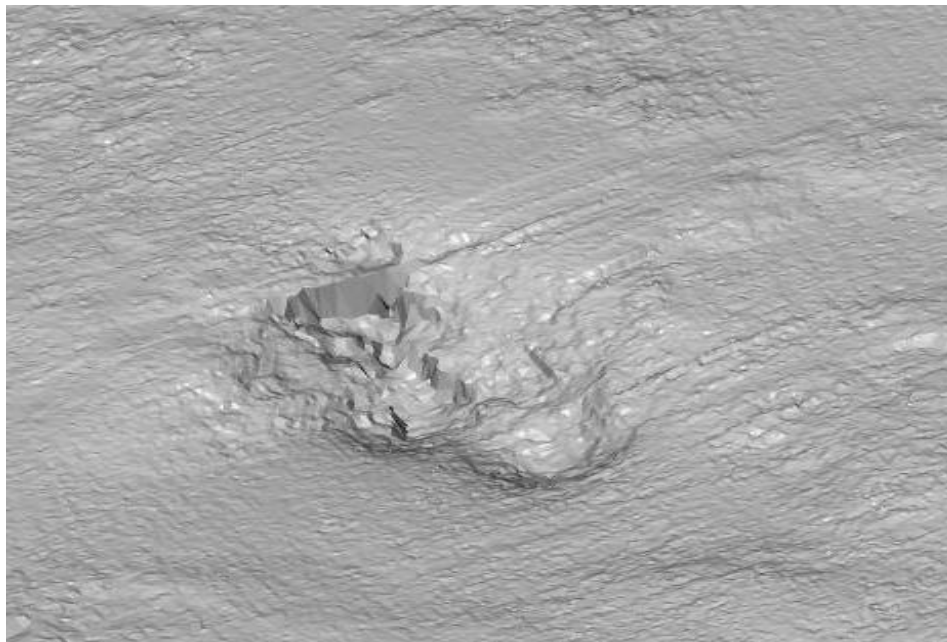


Εικόνα 50: Βυθομετρικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Καλογριάς – Στούπας (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

Στο σημείο της ανάβλυσης παρατηρείται καταβύθιση του πυθμένα, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες. Η καταβύθιση είναι σχήματος ωσειδούς με κύρια διεύθυνση Δ-Α με απότομα πρανή στα Ανατολικά και στα Βόρεια, σχηματίζοντας 2 οπές, δυτικά και ανατολικά βάθους 27 και 29 μέτρων. Το μέγιστο βάθος της είναι 10 μέτρα (στο ανατολικό μέρος της) και φτάνει μέχρι τα 5 (δυτικά), ενώ ο πυθμένας στην ευρύτερη περιοχή βρίσκεται σε βάθος 15-17 μέτρων και μπορεί να θεωρηθεί επίπεδος. Δυτικότερα ο πυθμένας αρχίζει να παίρνει πιο απότομες κλίσεις όταν ξεπεράσει το βάθος των 21 μέτρων.

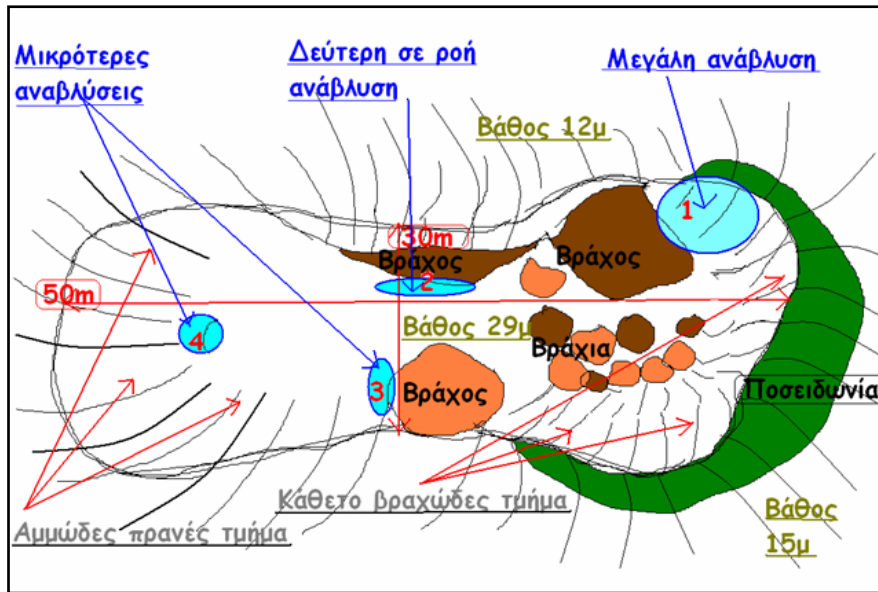


Εικόνα 51:Άποψη καταβύθισης στην περιοχή της ανάβλυσης από Ν-Δ (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)



Εικόνα 52:Άποψη καταβύθισης στην περιοχή της ανάβλυσης από Δ-ΒΔ (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

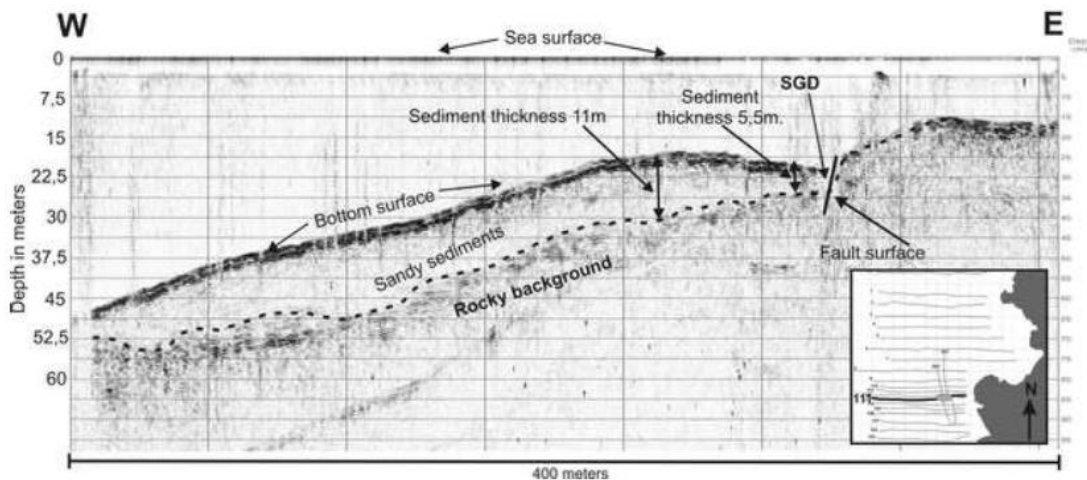
Η καταβύθιση έχει αποτυπωθεί εκτενέστερα με την βοήθεια δυτών και έχει προκύψει σκίτσο στο οποίο αποτυπώνεται η ακριβής θέση των αναβλύσεων. Έχει μετρηθεί το πλάτος και το μήκος της με τις διαστάσεις να είναι 50 και 30 μέτρα αντίστοιχα.



Σχήμα 9 : Σκίτσο καταβύθισης με την αποτύπωση της θέσης των αναβλύσεων (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

Βρέθηκαν τέσσερις θέσεις από τις οποίες αναβλύζει νερό με την μία από αυτές να είναι η κύρια και οι άλλες 3 δευτερεύουσες. Η κύρια ανάβλυση έχει πρακτικά μόνιμη ροή, με σημαντικές όμως αυξομειώσεις στην ένταση της, ενώ οι άλλες τρεις ανάλογα με την εποχή, καθίστανται από χαμηλής ροής έως ανενεργές.

Μέχρι το 2009 η κύρια ανάβλυση βρισκόταν εντός σπηλαίου, όμως η οροφή του κατέρρευσε αποκαλύπτοντας πλήρως την πηγή. Η πιθανότερη εκδοχή είναι πως, το Μάρτιο του 2009 που συνέβησαν πολλά επεισόδια έντονων βροχοπτώσεων, προκάλεσαν μεγάλη ένταση ροής της πηγής με αποτέλεσμα την κατάρρευση της οροφής.



Εικόνα 53: Τομογραφία του πυθμένα όπως προέκυψε από ακουστική διερεύνηση (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

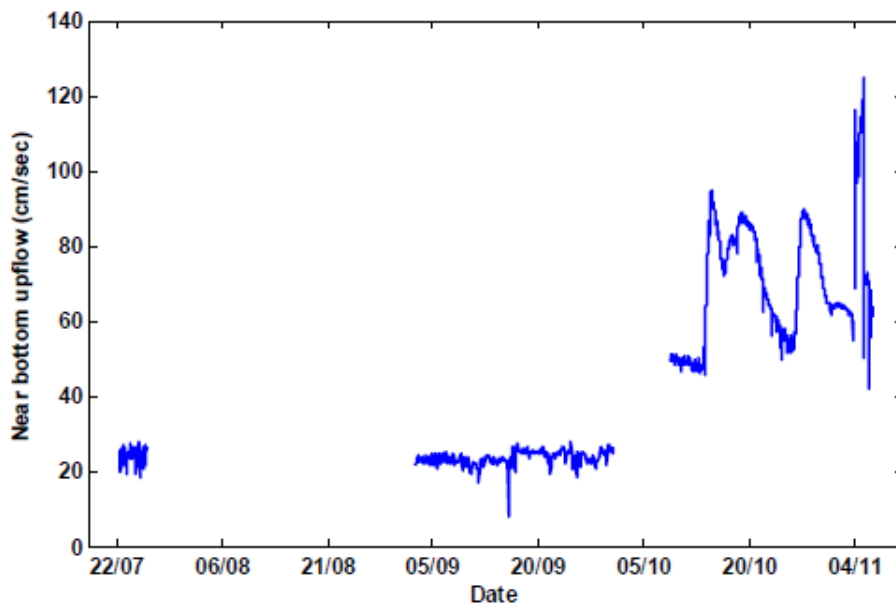
3.4.3 Τα χαρακτηριστικά της ροής

Το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε κατα τα έτη 2009-2010, πραγματοποίησε βαθυμετρικές και γεωφυσικές μετρήσεις, για λογαριασμό της τότε Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, με σκοπό την διερεύνηση της ποσότητας και της ποιότητας των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της. Επίσης κατα την ίδια χρονική περίοδο, πραγματοποιήθηκε υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής του τότε Δήμου Λεύκτρου, από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, με σκοπό τον υπολογισμό των υδροδυναμικών παραμέτρων και των υδατικών αποθεμάτων του καρστικού υδροφορέα. Και από τις δύο μελέτες προέκυψαν μετρήσεις της ταχύτητας ροής, της αλατότητας και άλλων χημικών χαρακτηριστικών της κύριας ανάβλυσης και παρατίθενται παρακάτω.

3.4.3.1 Παροχή και ταχύτητα ροής

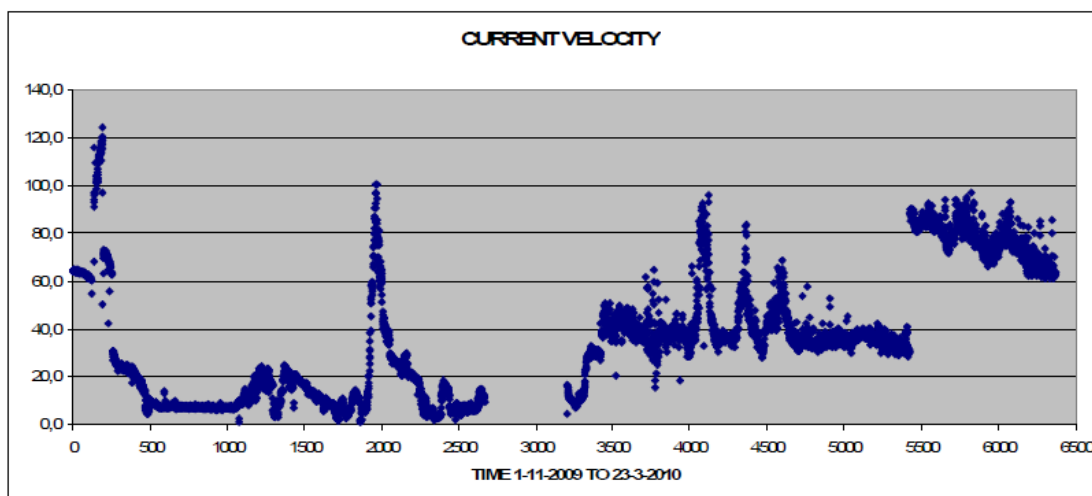
Η ανάβλυση παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις ως προς την παροχή αλλά και την ταχύτητα ροής. Με συντηρητική προσέγγιση εκτιμάται ότι η επιφάνεια που αναβλύζει το νερό είναι 1 τ.μ. Από καταγραφές ροής για την περίοδο 7/2009 έως 3/2010 που διενήργησε το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. προέκυψαν τα παρακάτω στοιχεία:

Έγινε αρχική καταγραφή για την περίοδο 7/2009 έως 11/2009 και προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα ροής (σε cm/sec). Μετρήθηκε μέγιστη ταχύτητα πάνω από 120 cm/sec. Στα κενά του διαγράμματός υπήρξε διακοπή της μέτρησης.



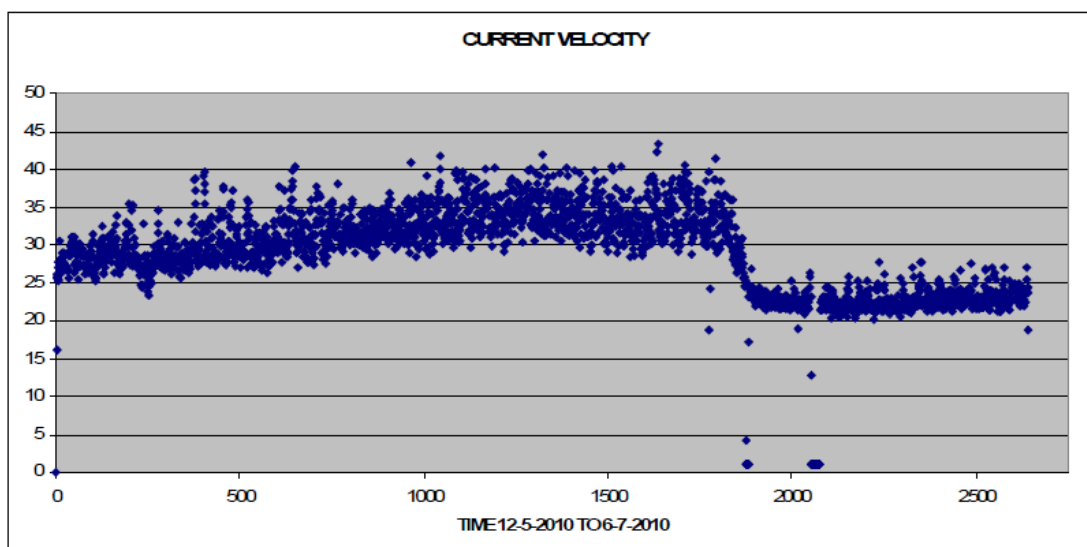
Διάγραμμα 14: Μετρήσεις ταχύτητας ροής περιόδου 22/7/2009 – 4/11/2009 (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

Συνεχίστηκε η καταγραφή την περίοδο 11/2009 - 03/2010 όπου προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα. Μετρήθηκαν ταχύτητες έως και 100 cm/sec



Διάγραμμα 15: Μετρήσεις ταχύτητας ροής περιόδου 1/11/2009 – 23/3/2010 (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

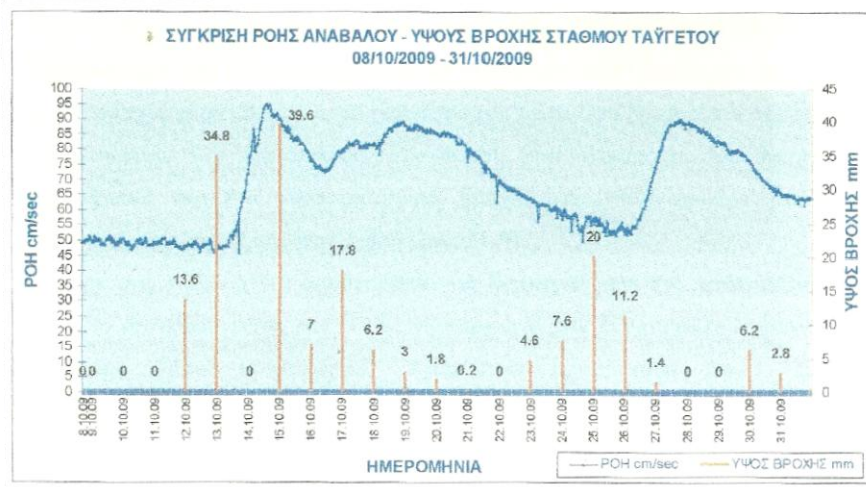
Οι τελικές μετρήσεις πάρθηκαν την περίοδο 5/2010 με 6/2010. Σε αυτές προέκυψαν ταχύτητες γύρω στα 25-45 cm/sec. Είναι σαφώς μειωμένες λόγω του γεγονότος ότι έγιναν κατά την ξηρή περίοδο.



Διάγραμμα 16: Μετρήσεις ταχύτητας ροής περιόδου 1/11/2009 – 23/3/2010 (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)

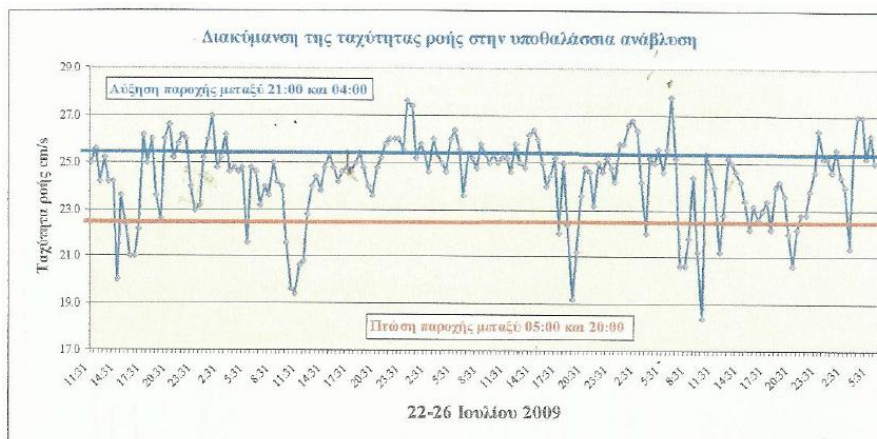
Στην μελέτη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών γίνεται λόγος για συσχέτιση των επεισοδίων βροχής που συνέβησαν την περίοδο των μετρήσεων με την παροχή της πηγής. Συγκεκριμένα από μετρήσεις βροχής που έγιναν στον Ταΰγετο και ροής στην ανάβλυση, προέκυψε ότι αύξηση του

ύψους βροχής συνεπάγεται και αύξηση της παροχής με μέσο διάστημα υστέρησης τις 100 ώρες η αλλιώς 5 ημέρες.



Διάγραμμα 17: Σύγκριση ροής Ανάβαλου Στούπας και ύψους βροχής Σταθμού Ταΰγετου²⁸

Επίσης μετρήθηκε έντονη αυξομείωση των παροχών της πηγής κατά τις θερινές μετρήσεις όπου δεν είχαν προκληθεί επεισόδια βροχής. Παρατηρήθηκε αύξηση της ροής κατά τη νύχτα και μείωση κατά την ημέρα το οποίο αποδόθηκε στην λειτουργία των αντλιοστασίων της περιοχής.



Διάγραμμα 18: Διακύμανση της ταχύτητας ροής στην ανάβλυση την περίοδο 22-26 / 7 / 2009²⁸

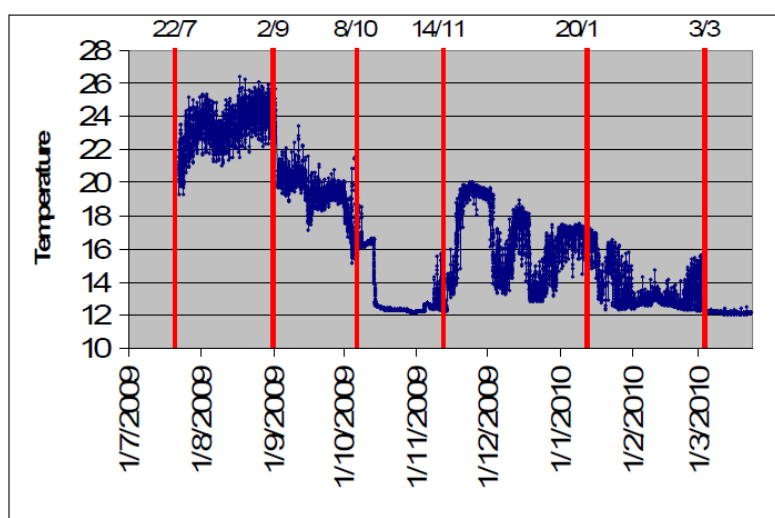
Γενικά η εκτίμηση για την πηγή είναι, ότι με την πιο συντηρητική παραδοχή της ενεργού επιφάνειας ανάβλυσης 1 τ.μ., προκύπτουν παροχές που κυμαίνονται από 720m³/h έως 4500m³/h το οποίο μεταφράζεται σε τουλάχιστον 7.000.000 με 15.000.000 m³ νερού σε ετήσια βάση. Επίσης από ιχνηθέτηση που έγινε με ουρανίνη στην καταβόθρα Καστανέα¹⁴ στον Ταΰγετο και δειγματοληψία από την ανάβλυση διαπιστώθηκε αφ' ενός η υδραυλική σύνδεση της λεκάνης απορροής του Ταΰγετου με την ανάβλυση και αφ

²⁸ «Υποθαλάσσιες Πηγές στον Όρμο Στούπας» του Αν.Καθ. Υδρογεωλογίας Γ.Π.Α. Δρ.Γ.Σταματη.

εταίρου τα υψηλά επίπεδα εντοπισμού της χρωστικής 82 και 109 ώρες μετά δείχνουν ότι σημαντικό κομμάτι της υδροφορίας διέρχεται από την ανάβλυση.

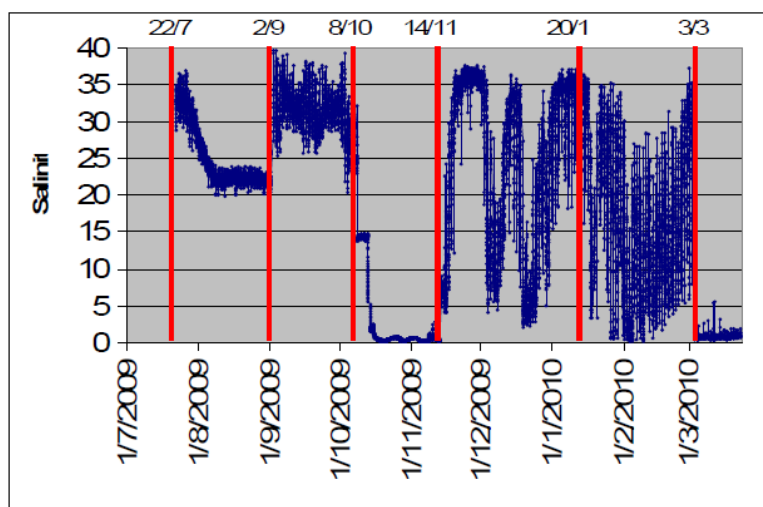
3.4.3.2 Θερμοκρασία και Αλατότητα

Για την ίδια περίοδο έγιναν μετρήσεις για την θερμοκρασία και για την αλατότητα. Το όργανο καταγραφής (CT) τοποθετήθηκε κοντά στη κύρια έξοδο της ανάβλυσης, μισό περίπου μέτρο από το έδαφος. Λόγω συνθηκών ροής δεν είναι σίγουρη η τοποθέτηση του στο κέντρο της φλέβας με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ποιότητα των δεδομένων.



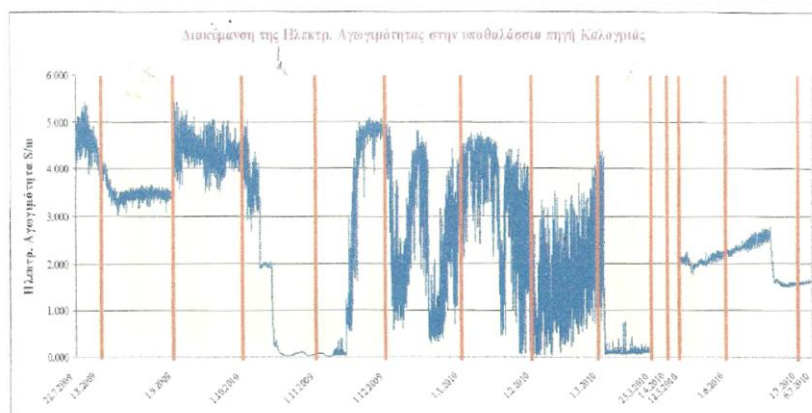
Διάγραμμα 19: Διακύμανση θερμοκρασιών (°C) ανάβλυσης την περίοδο 7/2009 – 3/2010 (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε)

Τόσο οι μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία όσο και στην αλατότητα, υποδηλώνουν ότι στο σημείο το οποίο έγιναν οι μετρήσεις δεν είναι απολύτως εντός της φλέβας του γλυκού νερού. όταν αυτό επιτεύχθηκε η θερμοκρασία ήταν 12°C, ενώ η Αλατότητα έφτασε σε μηδενικές τιμές.



Διάγραμμα 20: Διακύμανση Αλατότητας (σε βαθμούς) ανάβλυσης την περίοδο 7/2009 – 3/2010 (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε)

Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται την περίοδο Οκτωβρίου - Νοεμβρίου και κατά την περίοδο του Μαρτίου με τιμές έως 600 mS/cm ενώ σε άλλες περιόδους φτάνουν και τα 5000 mS/cm.



Διάγραμμα 21: Διακύμανση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (S/m) ανάβλυσης την περίοδο 7/2009 – 7/2010 ²⁸

3.4.3.3 Άλλες Παράμετροι

Εξίσου σημαντική είναι και η ποιότητα των υδάτων της ανάβλυσης. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξήγαγε το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε προέκυψε πως οι τιμές των θρεπτικών αλάτων οι οποίες καταγράφηκαν στην υποθαλάσσια ανάβλυση σε 4 δειγματοληψίες κατά την διάρκεια της περιόδου Ιούλιος 2009 – Νοέμβριος 2009, ήταν σε γενικές γραμμές υψηλότερες από αυτές που μετρήθηκαν στο εγγύς θαλάσσιο περιβάλλον, στην ίδια όμως, τάξη μεγέθους. Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου (DO) κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα μεταξύ 4,59–6,53ml/l. Οι τιμές που καταγράφηκαν είναι οι ακόλουθες:

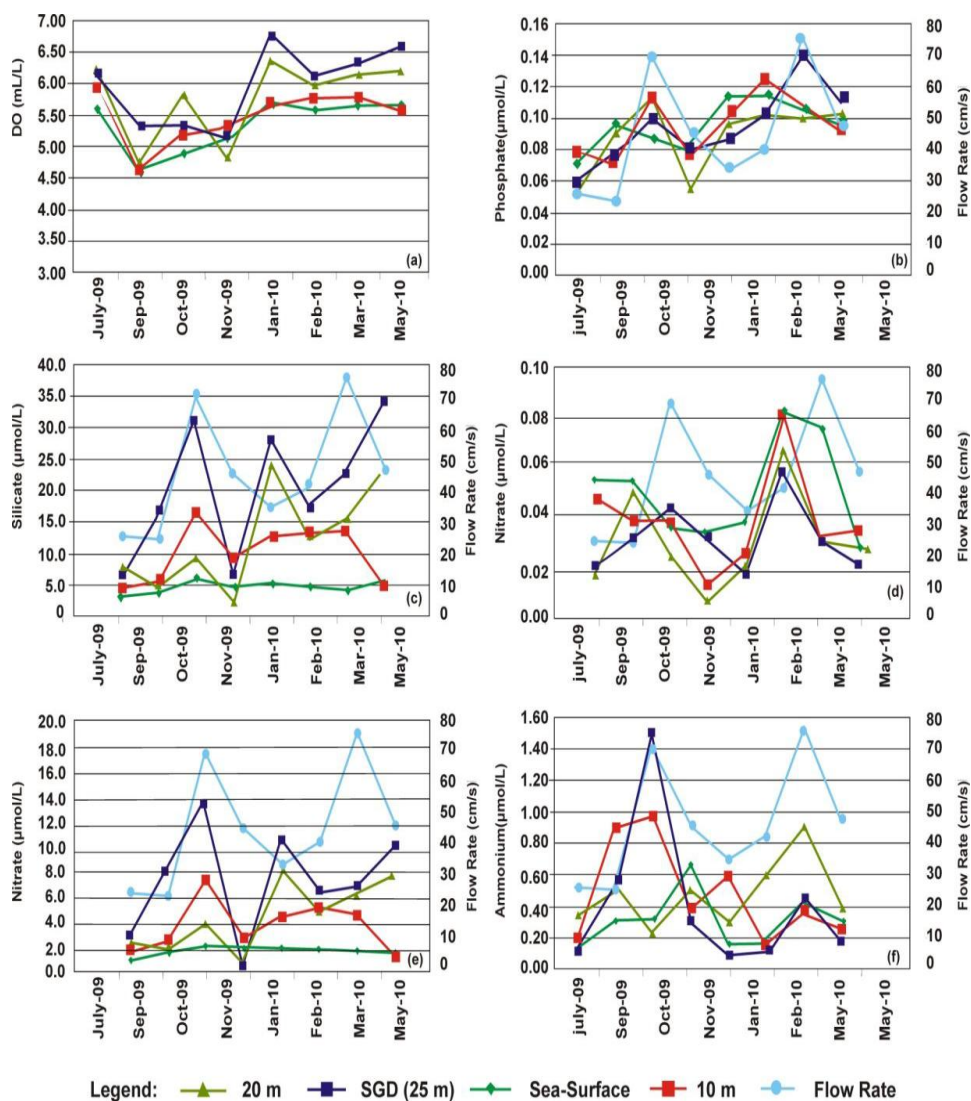
| | DO (mL/L) | Φωσφορικά (μM) | Πυριτικά (μM) | Νιτρώδη (μM) | Νιτρικά (μM) | Αμμωνιακά (μM) |
|-------------------------|--------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Ιούλιος 2009 | | | | | | |
| Ανάβλυση | 6.04 | 0.064 | 5.253 | 0.033 | 1.817 | 0.183 |
| St01 | 5.53 | 0.103 | 1.750 | 0.050 | 0.167 | 0.333 |
| St04 | 5.66 | 0.095 | 1.446 | 0.046 | 0.117 | 0.357 |
| St02 | 5.59 | 0.088 | 1.723 | 0.047 | 0.153 | 0.092 |
| St03 | 5.88 | 0.085 | 1.378 | 0.048 | 0.120 | 0.116 |
| St05 | 5.46 | 0.069 | 1.319 | 0.045 | 0.060 | 0.249 |
| Σεπτέμβριος 2009 | | | | | | |
| Ανάβλυση | 4.75 | 0.082 | 5.662 | 0.044 | 2.452 | 0.596 |
| M2 | 5.05 | 0.096 | 1.190 | 0.051 | 0.452 | 0.425 |
| Οκτώβριος 2009 | | | | | | |
| Ανάβλυση | 5.37 | 0.106 | 18.520 | 0.034 | 7.944 | 0.639 |
| M2 | 5.10 | 0.100 | 1.361 | 0.038 | 0.140 | 0.485 |
| Νοέμβριος 2009 | | | | | | |
| Ανάβλυση | 5.11 | 0.070 | 5.375 | 0.015 | 1.291 | 0.421 |
| ST04 | 4.97 | 0.060 | 1.366 | 0.020 | 1.635 | 0.280 |
| M2 | 5.07 | 0.071 | 1.480 | 0.050 | 0.082 | 0.270 |

Πίνακας 13: Μέσες ολοκληρωμένες τιμές διαλυμένου οξυγόνου (DO) και θρεπτικών αλάτων στην ανάβλυση και στους σταθμούς (st01-05) στο θαλάσσιο περιβάλλον κοντά στην ανάβλυση.(ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε)

Από τα παραπάνω προκύπτει πως η ανάβλυση είναι εμπλουτισμένη σχετικά σε πυριτικά και νιτρικά άλατα λιγότερο σε αμμωνιακά ενώ φωσφορικά και νιτρώδη είναι πολύ χαμηλά τόσο στην ανάβλυση όσο και στην περιοχή. Η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη στην ανάβλυση όπως καταγράφηκε ήταν η ακόλουθη:

| Βάθος (m) | Ιούλιος | Σεπτέμβριος | Οκτώβριος | Νοέμβριος |
|-----------|---------|-------------|-----------|-----------|
| 2 | 0,26 | 0,17 | 0,36 | 0,53 |
| 10 | 0,33 | 0,24 | 1,07 | 1,10 |
| 20 | 0,22 | 0,17 | 0,23 | 0,68 |
| 25 | 0,23 | 0,18 | 0,44 | 2,43 |

Πίνακας 14: Τιμές αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης.(ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.)



Διαγράμματα 22 -27: Συγκεντρώσεις DO και θρεπτικών αλάτων σε σχέση με το ρυθμό ανάβλυσης σε βάθη SGD, 20 και 10 μέτρων βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε)

4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ

4.1 Ανωστικές φλέβες

Απαραίτητη προϋπόθεση για να εφαρμοστεί οποιαδήποτε τεχνική υδρομάστευσης της πηγής, είναι η καλή γνώση των υδροδυναμικών χαρακτηριστικών του νερού που αναβλύζει. Ο τρόπος εισόδου του νερού στη θάλασσα, η διαφορά πυκνότητας καθώς και το μοντέλο διάχυσης του είναι βαρύνουσας σημασίας για να μας οδηγήσουν στην επιλογή μεθόδου.

Όπως προαναφέρθηκε, από μετρήσεις προέκυψε ότι το νερό της ανάβλυσης είναι μικρότερης αλατότητας από το θαλασσινό, κατά συνέπεια νερό μικρότερης πυκνότητας, καθώς το θαλασσινό νερό έχει πυκνότητα $\rho_a=1027\text{kg/m}^3$ και του νερού $\rho_o=998\text{kg/m}^3$ (θερμοκρασία 20°C). Επομένως οι υποθαλάσσιες φλέβες μπορούν να προσομοιωθούν ως ανωστικές φλέβες (Fischer et al 1979), δηλαδή φλέβα ρευστού που διαχέεται σε ομοειδές ρευστό με διαφορετική πυκνότητα

Γενικά²⁹ για τις ανωστικές φλέβες που εκρέουν από κυκλικό στόμιο διαμέτρου D ταχύτητας U και πυκνότητας ρ_o , ισχύει για τις παραμέτρους ροής ότι η ογκομετρική παροχή $Q_o=(\pi D^2/4)U_o$, η ροή ειδικής ορμής $M_o=U_o Q_o$ και η ροή ειδικής κίνησης $B_o=g_o' Q_o$.

Λόγω της εισόδου στη θάλασσα με αρχική ορμή, η ροή είναι τυρβώδης και θεωρώντας $\Delta\rho \ll \rho_a$, θα ισχύουν κατά Fisher ότι $l_Q=Q_o/\sqrt{M_o}$ και $l_M=M_o^{3/4}/B_o^{1/2}$. Αν z η κατακόρυφη απόσταση από την εκροή, τότε όταν $z > l_M$, η φλέβα έχει μηδενική αρχική ορμή και επιδρούν μόνο δυνάμεις άνωσης λόγω διαφορά πυκνότητας (ΠΛΟΥΜΙΟ), ενώ όταν $z < l_Q$ τότε η φλέβα συμπεριφέρεται ως απλή φλέβα³⁰. Για μεγάλους αριθμούς Froude (F_o) κυριαρχεί η ορμή στην εκροή ενώ για πολύ μικρούς F_o έχουμε κατάσταση πλουμίου.

Στη περίπτωση της υποθαλάσσιας ανάβλυσης στην Στούπα, λόγω των καταγεγραμμένων ταχυτήτων ροής, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο τύπος φλέβας που προσομοιάζει τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι αυτός της απλής εκτοξευόμενης φλέβας με αρχική ορμή (Jet), αλλά και αυτός της απλής ανωστικής με αρχική ορμή και πυκνομετρική διαφορά σε σχέση με το περιβάλλον ρευστό (buoyant jet) όταν οι τιμές της αλατότητας είναι πολύ χαμηλές.

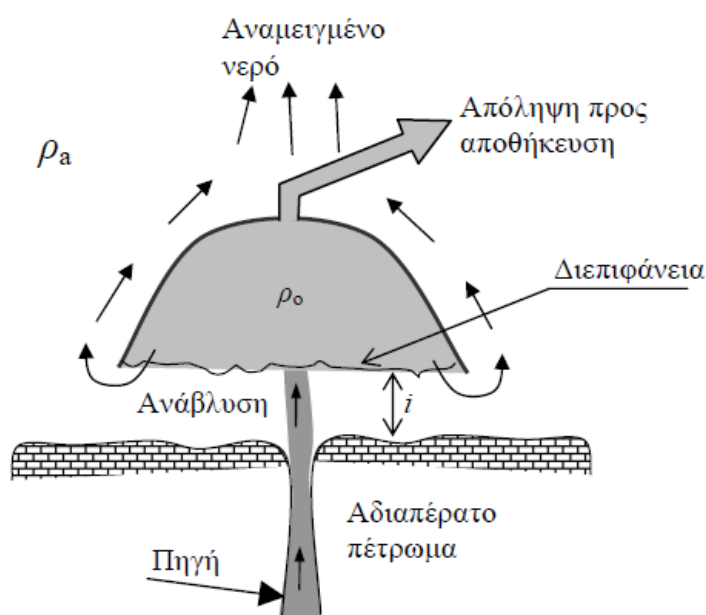
²⁹ «Απόληψη πόσιμου νερού από υποθαλάσσιες πηγές διερεύνηση εφαρμογής στη Στούπα Μεσσηνίας» 2^ο κοινό συνέδριο Ε.Υ.Ε. – Ε.Ε.Δ.Υ.Π, 11-13 Οκτωβρίου 2012, Πάτρα

³⁰ «Τυρβώδεις Ανωστικές Φλέβες» Παναγιώτης Ν. Παπανικολάου PhD, ΕΜΠ

4.2 Μελέτη ΕΜΠ

Στη εργασία «Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής της Στούπας του Δήμου Λεύκτρου του Νομού Μεσσηνίας» που εκπόνησε το Ε.Μ.Π. το Μάιο του 2010, έγινε προσπάθεια μέσω πειράματος να διερευνηθεί η δυνατότητα συλλογής νερού υποθαλασσίων πηγών.

Το πείραμα που διεξήχθη είχε ως βάση τα αποτελέσματα των ερευνών του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. που παρουσιάστηκαν ήδη στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η πειραματική διάταξη έλαβε υπόψη της την τεχνική υδρομάστευσης τύπου ομπρέλας και προσπάθησε να γίνει προσομοίωση τόσο των συνθηκών ροής της ανάβλυσης της Στούπας όσο και των συνθηκών του ευρύτερου περιβάλλοντος της περιοχής.



Σχήμα 10: Σκαρίφημα διάταξης απόληψης νερού από την υποθαλάσσια πηγή³¹

Η φιλοσοφία της διάταξης είναι η τοποθέτηση της ομπρέλας πάνω από την ανάβλυση με αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό του νερού της πηγής λόγω διαφοράς πυκνότητας και κατ'επέκταση την συλλογή του νερού από το ανώτερο σημείο της ομπρέλας με την μικρότερη δυνατή ανάμειξη του με το

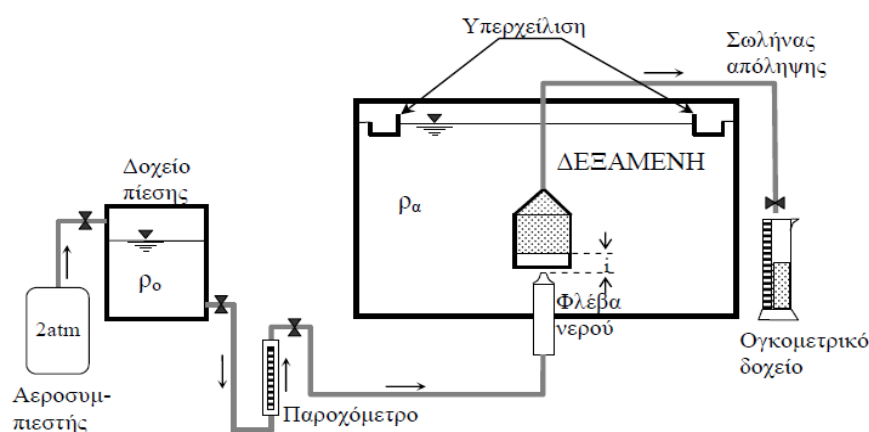
³¹ «Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής της Στούπας του Δήμου Λεύκτρου του Νομού Μεσσηνίας» ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

θαλασσινό νερό. Επιπλέον η περίσσεια του νερού θα διαφεύγει από το κατώτερο μέρος ελεύθερα προς την θάλασσα, χωρίς να επηρεάζει την κατασκευή.

Οι παραδοχές οι οποίες λήφθηκαν υπόψιν όπως αναφέρονται στη μελέτη ήταν:

- Η διατομή της πηγής ρέει πλήρης, ενώ η ταχύτητα του νερού είναι τέτοια που η διεπιφάνεια μπορεί να είναι οριζόντια ή διαταραγμένη από εσωτερικά κύματα λόγω της πυκνομετρικής διαφοράς εκατέρωθεν και ταχύτητας εισόδου (ορμής) της φλέβας του γλυκού νερού.
- Το νερό που εξέρχεται από το στόμιο της ανάβλυσης είναι γλυκό.
- Ο πυθμένας είναι οριζόντιος.
- Η διάταξη σύλληψης του νερού είναι ανεστραμμένο δοχείο με κωνικό το ανώτερο τμήμα του απ' όπου αντλείται το νερό της πηγής.
- Η διεπιφάνεια γλυκού-θαλασσινού νερού απέχει κάποια απόσταση από την πηγή και θεωρείται δεδομένη.
- Η παροχή απόληψης είναι μικρότερη από την παροχή της πηγής, έτσι ώστε η θέση της διεπιφάνειας να είναι δεδομένη.
- Τα οριζόντια ρεύματα του πυθμένα είναι ασθενή και δεν επηρεάζουν την ανάμειξη του νερού της ανάβλυσης.
- Η όποια ανάμειξη οφείλεται στη συμπάραυση θαλασσινού νερού λόγω διατμητικών τάσεων, που εμφανίζονται στην κατακόρυφη διεπιφάνεια μεταξύ φλέβας γλυκού νερού και θάλασσας.

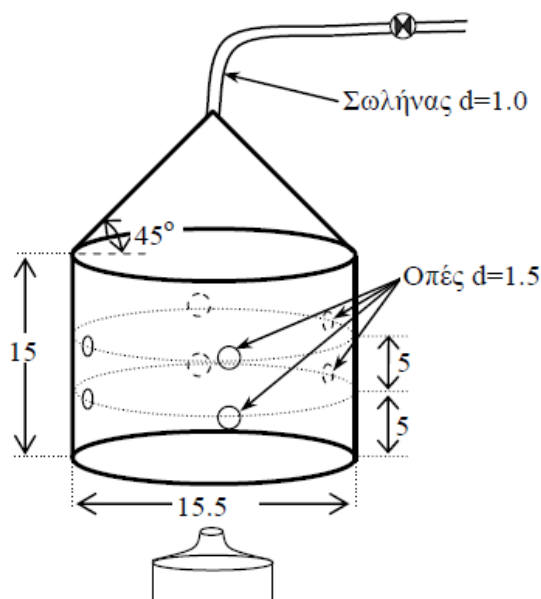
Δημιουργήθηκε ένα προσομοίωμα διαστάσεων 1,00X0,80X0,70 μέτρων και τοποθετήθηκε μια διάταξη δημιουργίας φλέβας, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 11: Σκαρίφημα διάταξης απόληψης νερού από την υποθαλάσσια πηγή³²

³² «Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής της Στούπας του Δήμου Λεύκτρου του Νομού Μεσσηνίας» ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Τοποθετήθηκε αντί για εύκαμπτη, σταθερού τύπου ομπρέλα από Plexiglas, ενώ η διάταξη είχε δυνατότητα κατακόρυφης κίνησης προκειμένου να προκύψει η βέλτιστη θέση τοποθέτησης.



Σχήμα13 : Διάταξη απόληψης νερού της φλέβας³²

Από τα πειραματικά αποτελέσματα προέκυψε ότι όταν η διεπιφάνεια νερού και αλατόνευρο βρίσκεται στο επίπεδο εκροής η συγκέντρωση του νερού που λαμβάνεται είναι γενικά μικρή (περίπου 1% της συγκέντρωσης του αποδέκτη) για $Fo \leq 7.5$. Για μεγάλους πυκνομετρικούς αριθμούς Froude ($Fo=23.1$) παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση η οποία μειώνεται αισθητά αν η διεπιφάνεια κατέβει κάτω από το επίπεδο εκροής.

Συνεπώς το νερό της πηγής μπορεί να συλλεχθεί ελάχιστα αναμιγμένο με το θαλάσσιο νερό αν η διεπιφάνεια γλυκού και θαλάσσιου νερού βρίσκεται στο επίπεδο της εκροής ή χαμηλότερα. Φυσικά η λήψη πόσιμου νερού προϋποθέτει ότι δεν υπάρχει διείσδυση θαλάσσιου νερού στην πηγή και ότι το νερό της πηγής είναι πράγματι πόσιμο.

Αναφέρει δε η μελέτη ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε θα πρέπει να επιβεβαιωθούν με περισσότερες μετρήσεις και ότι προφανώς με τα μέχρι στιγμής δεδομένα είναι επισφαλής η κατασκευή ενός συστήματος απόληψης.

4.3 Πρόταση Μεταπτυχιακής Εργασίας

Η ανάβλυση της Στούπας παρουσιάζει κάποια χαρακτηριστικά ροής, τα οποία καθιστούν ορισμένες μεθόδους απόληψης νερού υποθαλάσσιων πηγών, ακατάλληλες, ενώ κάποιες άλλες προβληματικές ως προς την εφαρμογή τους. Η μορφολογία του πυθμένα και κυρίως, οι μεγάλες διακυμάνσεις της ταχύτητας ροής, σε συνάρτηση με το χρόνο, είναι οι κύριες δυο παράμετροι που οφείλει να ξεπεράσει κάθε μέθοδος.

Στη παρούσα παράγραφο θα προταθεί μια εναλλακτική μέθοδος απόληψης της υποθαλάσσιας ανάβλυσης, εκμεταλλευόμενη τη γνώση που έχει προκύψει από όλες τις προηγούμενες και επιχειρώντας να λύσει όσο το δυνατόν προβλήματα που έχουν προκύψει από την εφαρμογή τους. Θα πρέπει να τονιστεί σ' αυτό το σημείο, ότι όπως κάθε πρόταση, έτσι και σε αυτή υπάρχουν τα δυνατά και τα λιγότερο δυνατά σημεία της. Σε γενικές γραμμές όμως, μπορεί να ειπωθεί ότι είναι μια πρόταση οικονομικά εφαρμόσιμη και τεχνικά εφικτή, η οποία αν επαληθευτεί πειραματικά, μπορεί να βελτιώσει τυχόν αδυναμίες της.

4.3.1. Παραδοχές μελέτης

Οι παραδοχές στις οποίες βασίστηκε η πρόταση, προέκυψαν κατά κύριο λόγο, από τα δεδομένα μετρήσεων που κατέγραψε το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. καθώς και από κάποια στοιχεία του πειράματος που διεξήγαγε το ΕΜΠ. Με βάση τα παραπάνω θεωρήθηκαν τα εξής:

- Με βάση την αναφορά του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. ότι η επιφάνεια ανάβλυσης με συντηρητική προσέγγιση είναι της τάξης του 1m^2 , θεωρείται επιφάνεια προσαυξημένη κατά 20% ($1,20\text{m}^2$), σχήματος κυκλικού δίσκου και με διάμετρο 1,50 μέτρου (από στρογγυλοποίηση 1,24 μ)

- Με βάση τις μετρήσεις του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. το σημείο της ανάβλυσης βρίσκεται 27 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας, με βάθος καταβύθισης πυθμένα 10 μέτρα και βάθος περιβάλλοντα της καταβύθισης επίπεδου πυθμένα, τα 17 μέτρα.

- Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης της κυματικής προσομοίωσης του ΕΜΠ, θεωρείται ύψος χαρακτηριστικών κυματισμών στο σημείο της ανάβλυσης τα 4,0 μέτρα με περίοδο επαναφοράς τα 10 έτη.

- Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης της κυματικής προσομοίωσης του ΕΜΠ, την ύπαρξη πολύ μικρών θαλάσσιων ρευμάτων.

- Με βάση τις μετρήσεις του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. οι ταχύτητες εκροής που ελήφθησαν υπόψιν είναι 0,20 -1,20 m/s

- Με βάση τις μετρήσεις του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. οι αλατότητες που μετρήθηκαν ήταν 22 g/l τον Αύγουστο του 2009 και μηδενικές τον Νοέμβριο του ίδιου έτους.

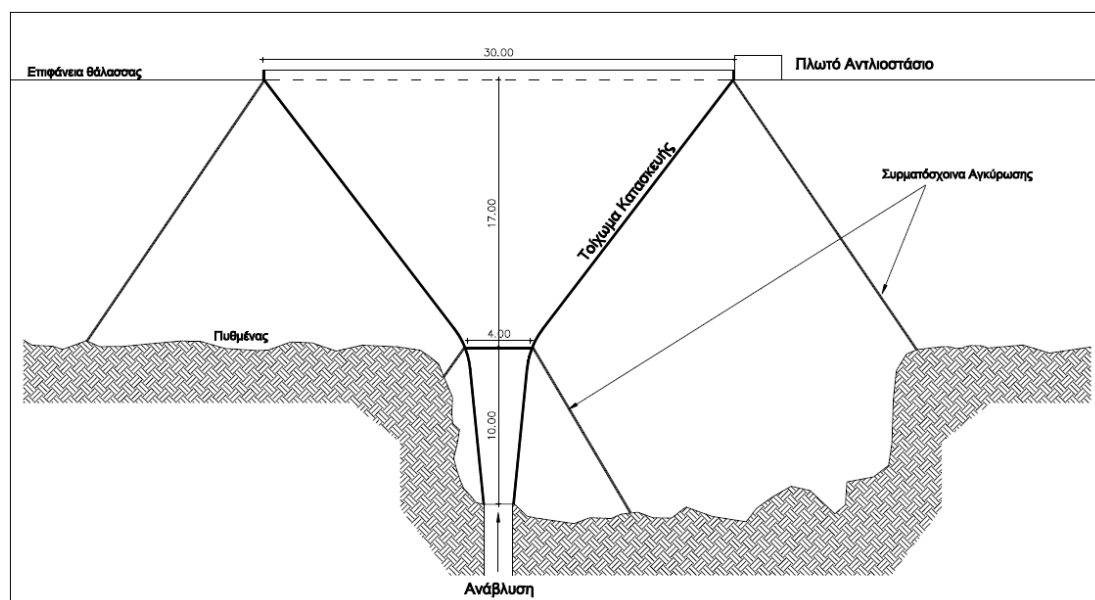
- Με βάση τις μετρήσεις του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε διακύμανση παροχής 720m³/h έως 4500m³/h

- Πυκνότητα θαλασσινού νερού ίση με 1025 kg/m³ και πυκνότητα νερού ανάβλυσης ίση με 1000 kg/m³

- Απαιτήση δήμου για 6500m³/ημέρα

4.3.2. Περιγραφή διάταξης

Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω παραδοχές προτείνεται η διάταξη απόληψης του νερού για την Υποθαλάσσια πηγή της Στούπας, που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 14: Διάταξη απόληψης νερού της υποθαλάσσιας πηγής. (Καρουζάκης Μ.)

Αποτελείται από 3 τμήματα: τη βάση, τη κύρια δεξαμενή, και την εξέδρα άντλησης, τα οποία περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω. Όπως φαίνεται και στο σχήμα όλη η κατασκευή είναι βυθισμένη με μοναδικά τμήματα να προεξέχουν, το άνω τμήμα της δεξαμενής καθώς και η εξέδρα άντλησης. Η χωρητικότητα της δεξαμενής μαζί με τη βάση είναι 4800m³ με αντίστοιχες δυνατότητες άντλησης.

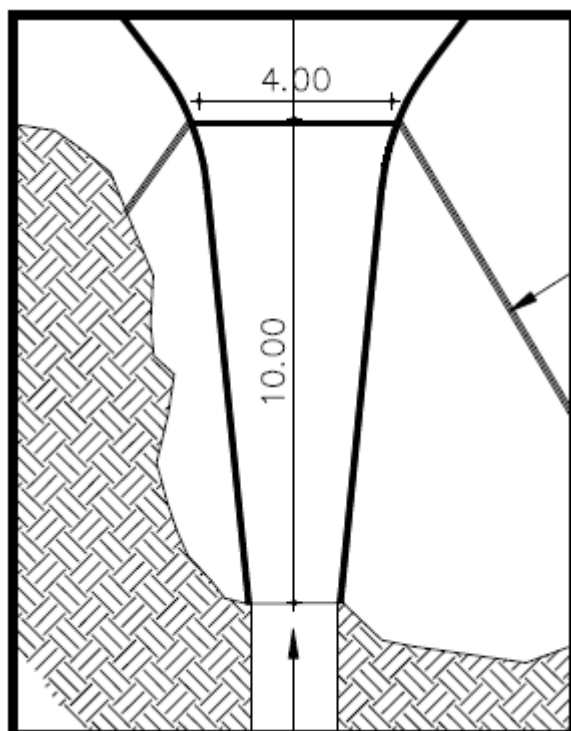
Πρόκειται για ένα ανεστραμμένο κώνο, σχήματος χωνιού, ενιαίο χωρίς δυνατότητα εισροής θαλασσινού νερού εντός του, παρά μόνο κάποιες πιθανές αμελητέες εισροές στη βάση και οροφή. Εφόσον απ την ανάβλυση ρέει νερό

μικρής έως μηδενικής αλατότητας δεν αναμένονται αυτές οι μικρό εισροές να επηρεάσουν την ποιότητά του.

Η διαστασιολόγηση της δεξαμενής έγινε με βάση την μέγιστη ωριαία παροχή που έχει μετρηθεί (4500m^3 και ταχύτητα εξόδου $1,20\text{ m/s}$). Το υλικό κατασκευής της μπορεί να είναι από ενισχυμένο ύφασμα πολυεστέρα (1100 Dtx), πλαστικοποιημένο (PVC) ή επικαλυμμένο με πολυμερή (PU), για την επίτευξη της μακροχρόνιας αντοχής του στην ηλιακή ακτινοβολία το θαλασσινό περιβάλλον και τα πετρελαιοειδή. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πλωτών φραγμάτων απορρύπανσης, έχοντας επιδείξει πολύ καλές αντοχές σε δυναμικές καταπονήσεις αλλά και σε ακραία από κλιματολογικής άποψης, περιβάλλοντα.

4.3.2.1 Τμήμα A - Βάση

Όπως φαίνεται στην εικόνα η βάση της κατασκευής είναι σχήματος ανεστραμμένου κολουρου κώνου με αυξημένο χείλος στην μικρή βάση. Η διάμετρος της μικρής βάσης προτείνεται στα 2 μέτρα ενώ η διάμετρος της μεγάλης στα 4 μέτρα. Το ύψος της κατασκευής ορίζεται στα 10 μέτρα .



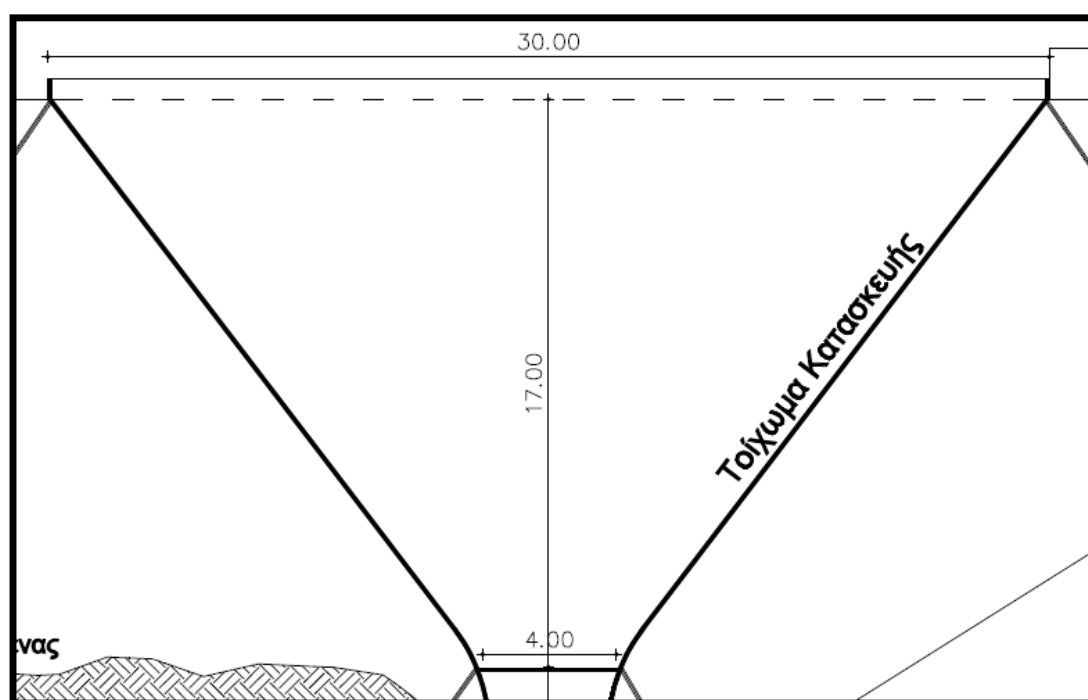
Σχήμα 15 : Διάταξη απόληψης νερού - Τμήμα A (Καρουζάκης Μ.)

Ζητούμενο είναι η απόληψη του νερού της πηγής με μία διάταξη κατακόρυφη προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν επαφές με τα τοιχώματα της καταβύθισης καθώς και η στεγάνωση του στομίου από το θαλασσινό

νερό. Προκειμένου να αποφευχθεί η είσοδος του τελευταίου από το κατώτατο τμήμα, προτείνεται η εκκαθάριση του πυθμένα περιμετρικά του στομίου ανάβλυσης καθώς και των βράχων που ενδέχεται να βρίσκονται πάνω από το στόμιο του. Το αυξημένο χείλος θα ακουμπήσει στο πυθμένα και προτείνεται να τοποθετηθούν πάνω του σάκοι με αδρανή υλικά ικανού πλάτους ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή στεγάνωση. Ενδεχομένως να χρειαστεί τοπικά έγχυση σκυροδέματος για καλύτερο αποτέλεσμα. Στο ανώτερο σημείο της τοποθετείται μεταλλικός δακτύλιος ο οποίος ακυρώνεται στο βυθό για να εξασφαλίσει την ακινησία του τμήματος Α και εν μέρη του υπερκείμενου Τμήματος Β. Έχει συνολικό όγκο $V_A=73,27\text{m}^3$ και επιφάνεια τοιχωμάτων $E_A=94,20\text{m}^2$

4.3.2.2 Τμήμα Β – Κύρια Δεξαμενή

Αποτελείται από το ίδιο υλικό κατασκευής. Το σχήμα της διάταξης είναι επίσης ανεστραμμένου κολουρου κώνου. Το μήκος της διαμέτρου της βάσης είναι 4,00 μέτρα ενώ της οροφής 30,00 μέτρα. Το ύψος του τμήματος είναι 17,00 μέτρα και αποτελεί την δεξαμενή στην οποία θα αποθηκεύεται το νερό της ανάβλυσης.



Σχήμα 16: Διάταξη απόληψης νερού – Τμήμα Β (Καρουζάκης Μ.)

Λόγω διαφοράς πυκνότητας η επιφάνειά του νερού εντός της δεξαμενής είναι υπερυψωμένη 0,17³³ μέτρα από την στάθμη της θάλασσας. Η επιφάνεια της δεξαμενής είναι καλυμμένη από διαφανές συνθετικό υλικό ίδιο με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη πισινών και είναι κατάλληλο για

³³ Ο υπολογισμός του ύψους υπερύψωσης έχει προκύψει υπολογιστικά (παράγραφος 4.3.6.1)

να εμποδίζει τη ρύπανση της δεξαμενής, την ανάπτυξη μικροοργανισμών καθώς και για αποφυγή υπερπήδησης του θαλασσινού νερού και ανάμειξης του με αυτό της δεξαμενής, ενώ έχει προβλεφθεί χείλος διαφυγής νερού όταν η παροχή ξεπεράσει την παροχή σχεδιασμού. Η επιφάνεια είναι ακυρωμένη στο βυθό με δυνατότητα μικρών κινήσεων προκειμένου να μην διατρηθεί. Ο όγκος της κύριας δεξαμενής είναι $V_B=4608,47\text{m}^3$ και το εμβαδόν των τοιχωμάτων $E_B= 1147,67 \text{ m}^2$

4.3.2.3 Τμήμα Γ – Πλωτό Αντλιοστάσιο

Το τμήμα αυτό αποτελείται από τη πλωτή εξέδρα άντλησης. Σε αυτήν είναι εγκατεστημένο ζεύγος αντλιών (καθαρά για εφεδρικούς λόγους) το οποίο θα αντλεί το νερό προς την ξηρά καθώς και σύστημα μέτρησης της αλατότητας της περιεχόμενης ποσότητας στην κατασκευή. Θα μπορεί να έχει την δυνατότητα, εφόσον ανιχνευθεί στο νερό μεγάλη συγκέντρωση αλατότητας, να το απορίπτει στην θάλασσα. Παρελκόμενο αυτής είναι οι σωληνώσεις οι οποίες μεταφέρουν το νερό προς την ακτή με μήκος περίπου 200 μέτρα.

4.3.3. Φιλοσοφία Κατασκευής - Περιγραφή Λειτουργίας

Η κατασκευή έχει ως σκοπό την υδρομάστευση της υποθαλάσσιας ανάβλυσης. Στόχος είναι η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του υδατικού αποθέματος με την μικρότερη ανάμειξη θαλασσινού νερού σε συνδυασμό με την επίτευξη μιας λογικής οικονομικής κλίμακας.

Η διάταξη επιλέχθηκε να είναι εύκαμπτου τύπου. Αφενός οι απότομες αυξομειώσεις της παροχής της πηγής και αφετέρου η μεταβαλλόμενη μορφολογία του πυθμένα (σε μικρό βαθμό αλλά ικανό να θέσει ενδεχομένως εκτός λειτουργίας μια πιο άκαμπτη κατασκευή) ήταν οι λόγοι που οδήγησαν προς αυτή τη τεχνική. Επίσης η αβεβαιότητα κάποιων μετρήσεων όπως η διατομή της οπής της ανάβλυσης καθώς και της παροχής αιχμής ήταν παράγοντες που επηρέασαν στην διαστασιολόγηση της.

Ο τρόπος λειτουργίας επιλέχθηκε να είναι απλός ώστε να μπορεί να αποσβαίνει τις μεταβολές της ορμής της πηγής: φτιάχτηκε ένα διάφραγμα μεταξύ του νερού της ανάβλυσης και του θαλασσινού. Η πηγή εκφορτίζει με ελεύθερο τρόπο χωρίς να εμποδίζεται η άνοδος του νερού προς την επιφάνεια. Αφού δημιουργηθεί η όδευση (Τμήμα Α) που θα το φέρει σε ένα χώρο συλλογής (Τμήμα Β), γίνεται άντληση (Τμήμα Γ) προς την ακτή. Με το χείλος υπερπήδησης διασφαλίζεται η ασφάλεια της κατασκευής ενώ με τον μετρητή αλατότητας η ποιότητα του νερού που πηγαίνει στην ακτή.

Οι μόνες απαιτήσεις συντήρησης είναι αυτές ενός τυπικού αντλιοστασίου καθώς και η γενικότερη εποπτεία του χώρου για τυχόν ατυχήματα. Στο σημείο

αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο θαλάσσιο χώρο γύρω από την δεξαμενή και του αγωγού που μεταφέρει το νερό προς την ακτή θα πρέπει να εγκατασταθεί ένα δίκτυο από σηματοδούρες και μικρούς φάρους προκειμένου η περιοχή να είναι ασφαλής για την ναυσιπλοΐα.

4.3.4 Πλεονεκτήματα μεθόδου

Η πρόταση που περιγράφηκε παραπάνω είχε ως στόχο την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού της ανάβλυσης προσαρμοσμένη πάντα στις ιδιαιτερότητες της περιοχής. Θα μπορούσε συνεπώς να γίνει μια σύνοψη των πλεονεκτημάτων αυτής:

- Μέγιστη δυνατή αξιοποίηση παροχής πηγής.
- Καλύτερη ποιότητα νερού ανάβλυσης λόγω της μη ανάμειξης με το θαλασσινό νερό.
- Η διαστασιολόγηση της μπορεί να αφομοιώσει έως ένα βαθμό τυχούσα εσφαλμένη εκτίμηση των υπάρχουσών μετρήσεων σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες.
- Περιορισμένης έκτασης και όγκου εγκαταστάσεις στην ακτή.
- Χρήση υλικών προορισμένα για το θαλάσσιο περιβάλλον.
- Μηχανολογικός εξοπλισμός δοκιμασμένος επί σειρά ετών και όχι τεχνικά πιο πολύπλοκος σε σχέση με τον αντίστοιχο άλλων μεθόδων.
- Μικρότερο κόστος σε σχέση με τεχνικά πιο πολύπλοκες κατασκευές
- Μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση και λειτουργία της.
- Δεν επηρεάζεται από τις συνήθεις σεισμικές δράσεις της περιοχής.
- Μικρή ευπάθεια στο κυματικό περιβάλλον της περιοχής.
- Ευκολία στη αφαίρεση της διάταξης στο τέλος ζωής της.
- Δυνατότητα εφαρμογής και σε άλλες περιπτώσεις SDG.

4.3.5 Μειονεκτήματα μεθόδου

Κάθε καινούργια πρόταση η οποία δεν έχει εφαρμοστεί στην πράξη πειραματικά σε εργαστήριο, έχει αβεβαιότητες ως προς την εφαρμογή και την λειτουργία της. Θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε τα διαφαινόμενα μειονεκτήματα στα παρακάτω που κάποια από αυτά αποτελούν ήδη μειονεκτήματα και για άλλες μεθόδους:

- Δεν υπάρχει πειραματική επιβεβαίωση της λειτουργίας της διάταξης.
- Ενδεχόμενες δυσκολίες στην τοποθέτηση της διάταξης υποβρυχίως.
- Έκθεση σε περίπτωση παράβασης κανόνων ναυσιπλοΐας.
- Μη συμβατό οπτικά με το περιβάλλον

4.3.6 Ειδικές παρατηρήσεις

Κρίνεται σκόπιμο να γίνουν κάποιες ειδικές παρατηρήσεις που αφορούν τόσο κατασκευαστικές λεπτομέρειες όσο και γενικότερου ενδιαφέροντος θέματα, σχετικά πάντα με τη πρόταση αξιοποίησης

4.3.6.1 Υπολογισμός Ύψους υπερπήδησης

Ο υπολογισμός του ύψους υπερπήδησης γίνεται με τις παραδοχές μέσης πυκνότητας $\rho_o=1000\text{kg/m}^3$ για το νερό της ανάβλυσης και $\rho_a=1025\text{kg/m}^3$ για το θαλασσινό νερό και συνολικό επιθυμητό όγκο της δεξαμενής να είναι $V_{\Delta} = 4800\text{m}^3$. Με βάση την διαστασιολόγηση που προτάθηκε παραπάνω, οι επιμέρους όγκοι των Τμημάτων Α και Β είναι : $V_A=73,27 \text{ m}^3$, $V_B=4608,47\text{m}^3$ αντίστοιχα.

Συνεπώς ο συνολικός όγκος του βυθισμένου τμήματος θα είναι :

$$\text{➤ } V_A + V_B = 73,27 \text{ m}^3 + 4608,47 \text{ m}^3 = 4681,74 \text{ m}^3$$

Το βάρος του νερού του όγκου αυτού είναι :

$$\text{➤ } B_{\text{νερού ανάβλυσης}} = 1,000 \text{ tn/m}^3 \times 4681,74 \text{ m}^3 = 4681,74 \text{ tn}$$

Το ισοδύναμο βάρος του θαλασσινού νερού σ αυτό τον όγκο είναι:

$$\text{➤ } B_{\text{θαλασσινού νερού}} = 1,025 \text{ tn/m}^3 \times 4681,74 \text{ m}^3 = 4798,78 \text{ tn}$$

Από την διαφορά των παραπάνω βαρών προκύπτει ο επιπλέον όγκος νερού και συνεπώς το ύψος υπερπήδησης ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{➤ } B_{\text{νερού υπερπήδησης}} &= B_{\text{θαλασσινού νερού}} - B_{\text{νερού ανάβλυσης}} = \\ &= 4798,78 \text{ tn} - 4681,74 \text{ tn} = 117,04 \text{ tn} \end{aligned}$$

Όμως

$$\text{➤ } B_{\text{νερού υπερπήδησης}} = 1,000 \text{ tn/m}^3 * V_{\text{νερού υπερπήδησης}} = 117,04 \text{ tn} \rightarrow$$

$$\text{➤ } V_{\text{νερού υπερπήδησης}} = 117,04 \text{ tn}$$

Επομένως το ύψος υπερπήδησης θα είναι:

$$\text{➤ } V_{\text{νερού υπερπήδησης}} = \frac{\pi * D^2}{4} * h_{\text{υπερπήδησης}} \rightarrow$$

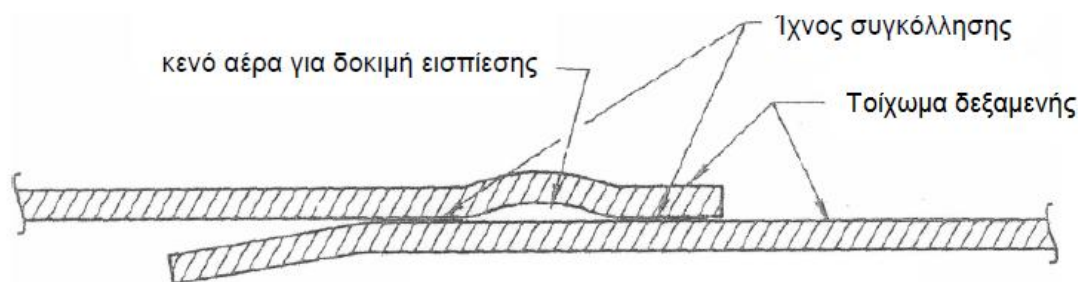
$$\text{➤ } h_{\text{υπερπήδησης}} = 0,17 \text{ μέτρα}$$

4.3.6.2 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Προτείνεται η μεμβράνη που θα κατασκευαστεί, να είναι ενισχυμένη στο εσωτερικό της, με μεταλλικό πλέγμα κατάλληλο για το θαλάσσιο περιβάλλον. Το πλέγμα αυτό θα έχει διπλό ρόλο. Θα επιτρέπει αφενός τη μερική παραμόρφωση της κατασκευής, η οποία αναμένεται να προκαλείται από τα θαλάσσια ρεύματα καθώς και λόγω της ορμής της ανάβλυσης, αφετέρου θα παραλαμβάνει τις τάσεις των αναπτυσσόμενων δυνάμεων στην επιφάνειά της χωρίς να καταπονείται το υλικό της μεμβράνης.

Το στέγαστρο από συνθετικό υλικό που θα τοποθετηθεί ως οροφή της δεξαμενής (Τμήμα Β) προτείνεται να εφοδιαστεί από αλουμινένιο σκελετό, ο οποίος θα έχει κλίση από το κέντρο της δεξαμενής προς το εξωτερικό, 2-3% ώστε να γίνεται η απορροή των υδάτων που αναμένεται να την υπερπηδήσουν λόγω κυματισμού. Μάλιστα προτείνεται και η δημιουργία οπής η σειράς οπών στο κεντρικό τμήμα της οροφής, σε απόσταση έως 5 μέτρα από το κέντρο από την υπήνεμη πλευρά, ώστε πρακτικά να μην υπάρχει υπερπήδηση του θαλασσινού νερού, αλλά και να γίνεται σωστός αερισμός και θέρμανση του χώρου, για να μην δημιουργείται το φαινόμενο της συμπύκνωσης των υδρατμών.

Η ένωση των τεμαχίων του σώματος της δεξαμενής προτείνεται να γίνει σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Συνηθέστερη μέθοδος είναι αυτή της θερμικής συγκόλλησης με την μέθοδο της διπλής συρραφής κατάλληλη για μεγάλου μήκους συγκολλήσεις αντίστοιχη αυτής που χρησιμοποιείται για την συγκόλληση και των γεωμεμβρανών σύμφωνα με το ΠΕΤΕΠ 08-05-03-04³⁴.



Σχήμα 17 : Τομή συρραφής σώματος δεξαμενής σύμφωνα με ΠΕΤΕΠ 08-05-03-04

Μεταξύ των δύο συρραφών δημιουργείται κενό στο οποίο εισπνέζεται αέρας προκειμένου να διαπιστωθεί η ορθότητα της συγκόλλησης. Όσο αφορά τον τρόπο ένωση των επιμέρους τμημάτων αλλά και μεταξύ αυτών, ένωση των δύο παραπάνω τμημάτων μπορεί να γίνει με ελαστικούς αρμούς ή με αρμούς σιλικόνης.

³⁴ ΠΕΤΕΠ : Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές.

4.3.6.3 Χρήσεις του αντλούμενου νερού

Τα ποιοτικά και τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του νερού ανάβλυσης δεν είναι απολύτως αποσαφηνισμένα. Στις δημοσιεύσεις των ευρημάτων της ερευνάς του, το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. αναφέρει τόσο για τα προβλήματα που προέκυψαν με τις συσκευές καταγραφής όσο και για το ότι η μελέτη διακόπηκε πριν ολοκληρωθεί. Επομένως στην παρούσα φάση δεν μπορεί να ειπωθεί με βεβαιότητα ποια θα μπορούσε να είναι η ιδανική πρόταση για την αξιοποίηση του νερού.

Μπορεί να γίνει όμως, μία γενικότερη προσέγγιση περί της χρήσης του ανάλογα με την πραγματική κατάσταση. Δηλαδή μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες ποιότητας και με βάση αυτές να προσδιοριστεί η ιδανικότερη χρήση. Οι κατηγορίες ποιότητας είναι το μηδενικής αλατότητας νερό δηλαδή το γλυκό νερό με τιμές T.D.S. να κυμαίνονται μεταξύ 0-1.000 mg/L, υφάλμυρο με τιμές 1.000-10.000 mg/L, και αλμυρό με τιμές 10.000 mg/L και άνω. Οι ανάγκες για νερό προκύπτουν από την κατάσταση στη περιοχή με τρεις να είναι οι βασικές ανάγκες της περιοχής: ύδρευσης, άρδευσης και εμπλουτισμού των υπόγειων υδοφόρων. Με βάση αυτά πρόκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

| | | ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ | | |
|-------------|--------------|----------------------|-----------|-----------|
| | | Μηδενικής αλατότητας | Υφάλμυρο | Θαλασσινό |
| ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ | ΠΟΣΙΜΟ | 1 - Β | 2 – Β & Γ | 0 |
| | ΑΡΔΕΥΣΗ | 2 - Α | 0 | 0 |
| | ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ | 2 - Α | 1 – Β ή Γ | 0 |

0 = Μή ενδυνκνειόμενη χρήση.

1 = Βασική χρήση χωρίς.

2 = Δευτερεύουσα χρήση του πλεονάσματος της βασικής χρήσης.

A = καθόλου επεξεργασία

B = Μικρή επεξεργασία

Γ = Επεξεργασία αφαλάτωσης

Πίνακας 15: Χρήσεις νερού ανάλογα με τη ποιότητα του (Καρουζάκης Μ.)

Από τα παραπάνω προκύπτει πως η καταλληλότερη χρήση του νερού σε περίπτωση που είναι καλής ποιότητας είναι φυσικά για ύδρευση ενώ στην περίπτωση που προκύψει υφάλμυρο θα είναι κατάλληλο για εμπλουτισμό με επεξεργασία αφαλάτωσης. Πάντως η χρήση η οποία διαφαίνεται ως η καταλληλότερη είναι αυτή του εμπλουτισμού. Υπάρχουν δύο μεταβλητές που την αναδεικνύουν σε σχέση με τις άλλες.

Η πρώτη έχει να κάνει με την χρονική κατανομή της παροχής. Ο ανάγκες ύδρευσης είναι μεγαλύτερες την θερινή περίοδο (κυρίως λόγω τουρισμού) κατα την οποία όμως παρουσιάζονται και οι μικρότερες παροχές.

Αποθήκευση του νερού το χειμώνα για κατανάλωση τη θερινή περίοδο, καθίσταται ασύμφωρη λόγω μη ύπαρξης σημαντικής χωρητικότητας συστήματος δεξαμενών (εκτίμηση 7.000.000 – 15.000.000 m³ κατ έτος), επομένως η περίσσια του νερού θα ήταν ιδανική για εμπλουτισμό καθ όλο το έτος.

Η δεύτερη έχει να κάνει με την ποιότητα του νερού της ανάβλυσης. Εφόσον αυτό είναι μηδενικής αλατότητας καθ όλο το έτος, δεν τίθεται αμφισβήτηση περί της χρήσης του για ύδρευση. Επειδή όμως αναμένεται ποιότητα ύδατος, μεταξύ γλυκού και υφάλμυρου, η πιο συμφέρουσα χρήση , τόσο οικονομικά όσο και τεχνικά είναι αυτή του εμπλουτισμού.

Εν κατακλείδι η χρονικές κατανομές ποσότητας – ποιότητας θα αναδείξουν την πραγματικά ιδανική χρήση ή συνδυασμό αυτών.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά

Το νερό αδιαμφισβήτητα είναι ένας πολύτιμος φυσικός πόρος. Ο άνθρωπος αποτελώντας μέρος του περιβάλλοντος και λειτουργώντας μέσα σε αυτό, οφείλει να τον διαφυλάξει και να τον αποδώσει στις επόμενες γενεές στην ίδια και καλύτερη κατάσταση.

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες επιβαρύνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητά του. Βιομηχανία, συγκοινωνίες και γεωργία είναι μόνο μετρικές από τα αίτια υποβάθμισης της ποιότητας του νερού. Υποβάθμιση προκαλεί και η διείσδυση της θάλασσας, μια φυσική διαδικασία, της οποίας όμως οι αιτίες είναι πολλές φορές ανθρωπογενείς.

Σήμερα η ανάγκη για υδατικούς πόρους είναι αυξημένη όσο ποτέ. Η ανθρωπότητα καλείται να βρει μεθόδους ,πρακτικές αλλά και να αποκτήσει ως παγκόσμια συνείδηση, την ορθή χρήση των υδατικών πόρων. Ορθή χρήση οποία θα σέβεται το περιβάλλον και θα ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες του ανθρώπου.

Στα παραπάνω, η αξιοποίηση των υποθαλάσσιων αναβλύσεων μπορεί να συμβάλει σε καταλυτικό βαθμό. Σίγουρα δεν μπορεί να λύσει πλήρως το πρόβλημά, μπορεί όμως να αποτελέσει σημαντικό μέρος της επίλυσης του. Ο λόγος είναι προφανής: οι υποθαλάσσιες αναβλύσεις απαντώνται σε όλα τα μέρη του κόσμου, αποδίδοντας σημαντικές παροχές.

Προς αυτή την κατεύθυνση έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές ανάλογα με την περίπτωση, οι οποίες παρατέθηκαν προηγουμένως. Εκμεταλλευόμενες τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε ανάβλυσης στοχεύουν στην εμπόδιση ανάμειξης του νερού της ανάβλυσης με αυτή του θαλασσινού. Το θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί και το μεγαλύτερο εμπόδιο προς αυτή τη κατεύθυνση.

Στην Ελλάδα η κατάσταση από άποψη πλήθους πηγών είναι αρκετά καλή λαμβάνοντας υπόψιν ότι το 30 - 35 % του Ελληνικού χώρου αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα. Η αξιοποίηση των αναβλύσεων όμως , είναι ένας τομέας στον οποίο χρειαζόμαστε καλύτερες επιδόσεις.

5.2 Για τη Στούπα

Η υποθαλάσσια ανάβλυση της Στούπας είναι γνωστή πολλά χρόνια. Έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης στο παρελθόν από διάφορους φορείς. Παρόλα αυτά μόλις πριν μερικά χρόνια έγινε η πρώτη ουσιαστική προσπάθεια

καταγραφής των χαρακτηριστικών της καθώς και της ευρύτερης περιοχής από επιστημονικούς φορείς όπως το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., το Γ.Π.Α. και το Ε.Μ.Π.

Τα ευρήματα ήταν εξόχως ενθαρρυντικά, αφού υπολογίστηκαν με συντηρητική προσέγγιση, παροχές της τάξης 7.000.000-15.000.000 κ.μ. νερού σε ετήσια βάση. Από ποιοτικής πλευράς τα πράγματα είναι λίγο ασαφή. Κατα τις μετρήσεις δεν ανιχνεύθηκαν ρύποι, όμως από πλευράς αλλατότητας υπήρξαν σημαντικές μεταβολές.

Σαν γενική θεώρηση μπορεί να ειπωθεί ότι από τη πηγή απορρέει υφάλμυρο νερό σε μεγάλη διάρκεια του έτους. Παρόλα αυτά οι καταγραφές αλλατότητας δεν μπορούν αν δώσουν σαφή απάντηση για την τελική ποιότητα του νερού της ανάβλυσης.

Ένα συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί επίσης είναι ότι χρειάζεται να γίνει πιο συστηματική καταγραφή της ανάβλυσης, τόσο σε χρόνο όσο και σε μέσα. Θα πρέπει να αφαιρεθούν τυχόν αδρανή που επηρεάζουν έξοδο της ανάβλυσης και δημιουργούν ταχεία ανάμειξη με το θαλασσινό νερό.

Επίσης θα πρέπει όποια τεχνική και αν εφαρμοστεί να επαληθευτεί πειραματικά ώστε κατα την εφαρμογή της να υπάρχει η μέγιστη δυνατή βεβαιότητα.

Προϋπόθεση όλων των παραπάνω είναι η μέριμνα των αρμοδίων φορέων προς εκμετάλλευση της πηγής. Ένας γενικότερος σχεδιασμός αλλά και μία πιο σφαιρική διαχείριση είναι απαραίτητες συνιστώσες για την πραγματοποίηση ενός τέτοιου έργου

5.3 Για την πρόταση της Μεταπτυχιακής εργασίας

Σε επίπεδο μελέτης όμως μπορεί να λεχθεί ότι είναι μία πρόταση ευέλικτη. Μπορεί να αφομοιώσει σε μεγάλο βαθμό τα σφάλματα των υπάρχουσών μετρήσεων με μόνο άγνωστο την πραγματική ποιότητα του νερού

Είναι μια μέθοδος η οποία βασίζεται σε ήδη υλοποιημένες πρακτικές για όσο το δυνατόν μικρότερες αβεβαιότητες σε κάθε επιμέρους τομέα.

Έχει λογική οικονομική κλίμακα και σε σύγκρισή με άλλες δαπανηρές μεθόδους αυτό μπορεί να αποτελέσει πλεονέκτημα.

Σημαντικό είναι το γεγονός πως η ίδια μέθοδος με τις κατάλληλες τροποποιήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιπτώσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A. Δημάδη, Σ. Μανωλοπούλου, Η. Μπακάσης, Σ. Μπάντης, *Έρευνα και αξιολόγηση γεωλογικών / γεωτεχνικών προβλημάτων στα τεχνικά έργα, Σημειώσεις Τεχνικής Γεωλογίας II*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2012.
- A. Τζέλου, *Υποθαλάσσια Δίκτυα Αισθητήρων Ήχου Αρχιτεκτονικές και Τεχνικές Εντοπισμού*, Δ.Π.Μ.Σ. Πληροφοριακά Συστήματα – Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2012.
- Αναπτυξιακή Σύμπραξη «Μεσσηνία», *Συλλογική Τοπική Δράση για την Απασχόληση και την κοινωνική ένταξη ευπαθών ομάδων στην Περιφερειακή Ενότητα Μεσσηνίας*, Υπουργείο Εργασίας Κοινωνικής Ασφάλισης και Πρόνοιας, Γενική Γραμματεία Διαχείρισης Κοινοτικών και άλλων Πόρων, 2014.
- B. Καραβέλα, *Τεχνικές Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Εφαρμογή στην ανάλυση της ρηξιγενούς δομής της ευρύτερης περιοχής του Ταΰγετου*, Πτυχιακή Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο - Τμήμα Γεωγραφίας, 2010.
- Γ. Ελευθερίου, *Ραδιολογική Εκτίμηση Υδρολογικών Χαρακτηριστικών Υποθαλάσσιων Ανάβλυσης στη Στούπα (ΝΑ Μεσσηνία, Πελοπόννησος)*, Μεταπτυχιακή Εργασία, Δ.Π.Μ.Σ.-Ε.Μ.Π., 2010.
- Γ. Μιγκίρος, *Διαχείριση νερού ως φυσικός πόρος*, Εργαστήριο Ορυκτολογίας και Γεωλογίας Διαλέξεις - Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Γ. Σούλιος, *Παράκτια υδροφόρα συστήματα, Κεφάλαιο 5^ο*, Σημειώσεις Μαθήματος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θράκης - Τμήμα Γεωλογίας (<http://www.geo.auth.gr/763/ch5.htm>).
- Γ. Σταμάτης, *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου Ν. Μεσσηνίας, Έκθεση Προόδου 1*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Εργαστήριο Ορυκτολογίας και Γεωλογίας, 2009.
- Γ. Σταμάτης, *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου Ν. Μεσσηνίας, Τελική Έκθεση Προόδου 3*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Εργαστήριο Ορυκτολογίας και Γεωλογίας, 2010.

- Γ. Σταμάτης, *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου Ν. Μεσσηνίας, Έκθεση Προόδου Εργασιών Νο1 (Φάση 1^η)*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Εργαστήριο Ορυκτολογίας και Γεωλογίας, 2010.
- Γ. Σταμάτης, *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου Ν. Μεσσηνίας, Έκθεση Προόδου Εργασιών 2 (Φάση 2^Α)*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών – Εργαστήριο Ορυκτολογίας και Γεωλογίας, 2010.
- Δ. Λυκούδη, *Καρστική Διάβρωση- Καρστικές μορφές, Διάλεξη*, Ε.Μ.Π. – Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, 2005.
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων, *Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Συστήματος Δυτικής Πελοποννήσου*, ΥΠΕΚΑ, 2013
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων, *Υδατικοί Πόροι – Υδάτινο περιβάλλον*, ΥΠΕΚΑ, 2014.
- Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, *Υπόγεια νερά, Διαλέξεις*, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών - Ε.Μ.Π., Αθήνα 2009.
- Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Δυτικής Μάνης 2012 – 2014*, Δήμος Δυτικής Μάνης 2012.
- Η. Παπακωνσταντής, Π. Παπανικολάου, Ε. Καστρινάκης, *Απόληψη πόσιμου νερού από υποθαλάσσιες πηγές: Διερεύνηση εφαρμογής στη Στούπα Μεσσηνίας*, 2^ο Κοινό Συνέδριο Ε.Υ.Ε.-Ε.Ε.Δ.Υ.Π., 2012.
- Η. Παπακωνσταντής, Π. Παπανικολάου, Β. Κοτσιώνη, Μ. Χονδρός, Ε. Καστρινάκης, Κ. Μέμος, Δ. Κουτσογιάννης, *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου του Νομού Μεσσηνίας*, Τεύχος 1, ΕΜΠ - Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, 2010.
- Ι. Κουμαντάκης, *Εμπειρίες από την αξιοποίηση παράκτιων καρστικών υδροφορέων, παραθαλάσσιων και υποθαλάσσιων πηγών*, Διαλέξεις μαθήματος Αξιοποίηση-Διαχείριση-Προστασία Υπόγειων Υδροφορέων, Δ.Π.Μ.Σ.-Ε.Μ.Π., 2007.
- Ι. Κουμαντάκης, *Τεχνητός Εμπλουτισμός Υπόγειων Υδροφορέων ως Εργαλείο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων*, Διάλεξη στα πλαίσια της ημερίδας συμβολή των γεωεπιστημών στην ανάπτυξη της γής της Αρκαδίας, Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία, 2001.
- Ι. Κουμαντάκης, *Υδατικού πόροι στην Ελλάδα*, Διάλεξη στα πλαίσια της εκδήλωσης για την παγκόσμια ημέρα κατά της ερημοποίησης, Εθνική Επιτροπή κατά της ερημοποίησης, 2004.

- Καραγεώργης Α., *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου Ν. Μεσσηνίας*, Έκθεση προόδου 2, Βαθυμετρικές και γεωφυσικές μετρήσεις – Ωκεανογραφικές μετρήσεις – ιζηματολογικές αναλύσεις, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. , Δεκέμβριος 2009.
- Καραγεώργης Α., *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου Ν. Μεσσηνίας*, Έκθεση προόδου 3, Ωκεανογραφικές μετρήσεις – Ραδιολογική μελέτη, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. , Ιούνιος 2010.
- Καραγεώργης Α., Παπαθανασίου Ε., *Ολοκληρωμένη θαλάσσια και χερσαία μελέτη για τη διερεύνηση της ποσότητας, ποιότητας και υδρομάστευσης των υποθαλάσσιων αναβλύσεων της περιοχής Στούπας του Δήμου Λεύκτρου Ν. Μεσσηνίας*, Έκθεση προόδου 1, Συγκέντρωση επεξεργασία και αξιοποίηση των υφιστάμενων δεδομένων, συγκρίσεις και επαληθεύσεις με επιτόπου παρατηρήσεις και μετρήσεις, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. , Ιούνιος 2009.
- Κ. Βουδούρης, *Ηλεκτρονικό Μάθημα: Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος, Κεφάλαιο 3^ο Φυσικές Ιδιότητες του Νερού*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – Τμήμα Γεωλογίας, 2007.
- Κ. Μαρκαντώνης, Ι. Κουμαντάκης, Έρευνα Αξιοποίησης Παράκτιων και Υποθαλάσσιων Υφάλμυρων Καρστικών Πηγών Νομού Κορινθίας, Τελική Έκθεση, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Κορινθίας – Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας – Ε.Μ.Π., 2007.
- Κλιματολογία Καλαμάτας, *Περίοδος Δεδομένων 1956-1997*, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2014.
- Λ. Παπαδοπούλου, Δ. Κίτσιου, Χ. Κ. Καραπαναγιώτη, *Αναγνώριση Υποθαλάσσιων Αναβλύσεων Γλυκού Νερού Κοντά Στην Παράκτια Ζώνη*
- Μ. Γκολουμποβιτς Δεληγιαννη, *Καρστική γεωμορφολογική εξέλιξη στη Δυτική Ελλάδα: Η περίπτωση της περιοχής του Ξηρόμερου*, Διδακτορική Διατριβή, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο - Τμήμα Γεωγραφίας, 2011.
- Π. Ντόντος, Αργολίδα: Ένα κλασσικό παράδειγμα κακοδιαχείρισης των πηγαίων υδάτινων πόρων. Πρακτικά κοινού συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (11^{ου}) και Ελληνικής Επιτροπής Διαχείρισης Υδατικών Πόρων (7^ο), 2009.

Π. Χιουρέα, *Η Εξέλιξη της Οικιστικής Ανάπτυξης στο Δήμο Λεύκτρου Νομού Μεσσηνίας – Προβλήματα – Προοπτικές*, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π. - Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, 2009.

Πρόγραμμα δράσεων για τον Εκσυγχρονισμό της παραγωγής των Δημόσιων Έργων, *Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΕΤΕΠ) Τοποθέτηση και συγκόλληση μεμβρανών πολυαιθυλενίου (HDPE)*, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2006.

Πρόγραμμα Καλλικράτης, *Αποτελέσματα της Απογραφής Πληθυσμού - Κατοίκων 2011 (Δημότες) (ΦΕΚ Β 697/2014)*, Ελληνική Στατιστική Αρχή – Υπουργείο Εσωτερικών, 2014.

Σ. Κυριακουλάκου, *Γεωφυσικές και ωκεανογραφικές έρευνες σε υποθαλάσσιες εκροές υπόγειων υδάτων στη Στούπα Ν. Μεσσηνίας*, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών - Τμήμα Γεωλογίας, 2011.

Χ. Μαρκόπουλος, Δ. Κουτσογιάννης, *Ο Υδρολογικός Κύκλος*, Μετάφραση κειμένου USGS, Ε.Μ.Π., 2014.

-

A. Karageorgis, V. Papadopoulos, G. Roussakis, Th. Kanellopoulos, D. Georgopoulos, *Bay, Messinia – Greece: geophysical investigation and one-year high resolution monitoring of hydrological parameters*, Institute of Oceanography, Hellenic Centre For Marine Search, 2012.

A. Pavlidou, I. Hatzianestis, Ch. Zeri, E. Roussaki, *Chemistry of Submarine Groundwater Discharge in Kalogria Bay, Messinia – Greece* Institute of Oceanography, Hellenic Centre For Marine Search, 2012.

C. Tsabaris, D. Patiris, A. Karageorgis, G. Eleftheriou, D. Georgopoulos, V. Papadopoulos, A. Prospathopoulos, E. Papathanassiou, *Application of an in-situ system for continuous monitoring of radionuclide's in a submarine groundwater sources*, Institute of Oceanography, Hellenic Centre For Marine Search, 2012.

C. Tsabaris, D. Patiris, A. Karageorgis, G. Eleftheriou, V. Papadopoulos, D. Georgopoulos, E. Papathanassiou, P. Povinec, *In-situ radionuclide characterization of a submarine groundwater discharge site at Kalogria Bay, Stoupa, Greece*, Journal of Environmental Radioactivity, 2011.

C. Tsabaris, J. Scholten, A. Karageorgis, J.-F. Comanducci, D. Georgopoulos, L. LiongWee Kwong, D. Patiris, E. Papathanassiou, *Underwater In-situ Measurements of Radionuclide's in Selected Submarine Groundwater Springs, Mediterranean Sea*, Radiation Protection Dosimetry, Oxford University Press, 2010.

- Environment Laboratories, *Submarine Groundwater Discharge*, International Atomic Energy Agency.
- G. Rousakis, A. Karageorgis, P. Georgiou, *Geological structure and seabed morphology of Stoupa SGD system, Messinia, Greece*, Institute of Oceanography, Hellenic Centre For Marine Search, 2012.
- G. Simons Jr, *Importance of submarine groundwater discharge (SGWD) and seawater cycling to material flux across sediment water interfaces in marine Environments*, Department of Biology, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1992
- Helmholtz – Zentrum für polar-und meeresforschung, *Submarine Groundwater Discharge*, Alfred – Wegener – Institut.
- JM. Krest, WS Moore, LR. Gradner, *Marsh nutrient export supplied by groundwater discharge: evidence from radium measurements*, Glob Biogeochem Cycles, 2000.
- L. Tulipano, M. Dolores Fidelibus, A. Panagopoylos, *Groundwater management of coastal karstic aquifers, Final Report, COST Action 621*, 2005.
- M. Bakalowich, *Karst sub marine Springs (KSMS)*, The University of Texas, 2005.
- M. Breznik, F. Stainman, *Desalination of Coastal Karst Springs by Hydro-geologic, Hydro-technical and Adaptable Methods*, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- M. Taniguchi, W. Burnett, J. Cable, J. Turner, *Investigation of Submarine Groundwater Discharge*, 2006.
- Nymphaea Environment, *Submarine springs*,
- P.H. Gleick, "Water reserves on the earth" , *Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources Table 2.1*, Oxford University Press, 1993.
- P.W. French, Goldberg "Problems and Solutions", *Coastal Defenses Processes*, 1994.
- W.C. Burnett, P.K. Aggarwal, A. Aureli, H. Bokuniewicz, J.E. Cable, M.A. Charette, E. Kontar, S. Krupa, K.M. Kulkarni, A. Loveless, W.S. Moore, J.A. Oberdorfer, J. Oliveira, N. Ozyurt, P. Povinec, A.M.G. Privitera, R. Rajar, R.T. Ramessur, J. Scholten, T. Stieglitz, M. Taniguchi, J.V. Turner, *Quantifying submarine groundwater discharge in the coastal zone via multiple methods*, *Science of the Total Environment*, 2006.

- <http://www.prosodol.gr/?q=el/node/220>
- <http://www.oilspillresponse.gr/>
- <http://www.nymphea.fr/>
- <http://www.solon.org.gr/index.php/2008-07-15-19-12-42/54-2008-07-15-14-19-18/1447-provlimata-diaxeirisis-idatinon-poron-se-ota.html>
- <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=11747>
- http://imbriw.hcmr.gr/en/wp-content/uploads/2013/12/CollectArgol_KOUPONIA1.pdf
- http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82_%CE%94%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82_%CE%9C%CE%AC%CE%BD%CE%B7%CF%82
- <http://www.who.edu/science/MCG/groundwater/pubs/PDF/Nov06/burnett%20STOTEN.pdf>
- <http://www.pool-about.gr/el/component/k2/item/253-kalipsi-pisinas.html>
- http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/ergasies/2012/Underwater%20Acoustic%20Sensor%20Networks.pdf
- <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=22768&subid=2&pubid=4734858>
- <http://www.explorenautilus.com/index.php/site/episode/%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BB%CE%AE%20%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C%20-%20%CE%A0%CE%B7%CE%B3%CE%AE%20%CE%96%CF%89%CE%AE%CF%82%20/27/3>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΩΝ