



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ-ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

**Διαχείριση Υδατικών Πόρων Άνυδρων Νησιών. Το
Υδροσύστημα Μυκόνου.**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπούζιος Ιωάννης

Επιβλέπων: Νικόλαος Μαμάσης, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

**Δ.Π.Μ.Σ.
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

Ευχαριστίες

Στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Μαμάση, για την ανάθεση αυτής της ενδιαφέρουσας μεταπτυχιακής εργασίας, για τις ιδέες του, τις συμβουλές του, τη στήριξή του, την άρτια καθοδήγησή του και τη γενικότερη συνεισφορά του στο τελικό αποτέλεσμα. Ευχαριστώ, επίσης, τον μεταπτυχιακό φοιτητή του ΔΠΜΣ Διονύση Νικολόπουλο, για τον χρόνο που μου αφιέρωσε, που με τη πολύτιμη βοήθεια του κατέστη δυνατή η εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	i
Περίληψη	iii
Abstract	iv
Extended summary	v
References	xiii
Εισαγωγή	1
1.1 Παρουσίαση του θέματος - Σκοπός διπλωματικής	1
1.2 Επισκόπηση των κεφαλαίων	1
2. Προσφορά Νερού - Κόμβοι Προσφοράς	3
2.1 Γενικά για το νερό και το φαινόμενο της λειψυδρίας	3
2.2 Το φαινόμενο της λειψυδρίας στην Ελλάδα	3
2.3 Η υδροδότηση της Μυκόνου - Κόμβοι προσφοράς νερού (Υδρονομέας)	6
2.3.1 Περιοχή μελέτης	6
2.3.2 Υδρολογία	7
2.3.3 Υδρογεωλογία	9
2.4 Κόμβοι Προσφοράς Νερού	11
3. Ζήτηση νερού	17
3.1 Ύδρευση	17
3.2 Άρδευση	23
3.3 Κτηνοτροφία	29
3.4 Βιομηχανία	30
3.5 Λοιπές Χρήσεις	32
4. Υπολογιστικά εργαλεία και θεωρητικά στοιχεία διαχείρισης υδατικών πόρων – Το μοντέλο Υδρονομέας	34
5. Σχηματοποίηση Υδροσυστήματος	40
5.1 Συνοπτική περιγραφή σταδίων σχηματοποίησης	40
5.2 Συνολική σχηματοποίηση, πίνακας στόχων και κατηγοριοποίηση	40
5.3 Υδρολογικές χρονοσειρές εισόδου	42
5.4 Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών με το μοντέλο Κασταλία	47
5.5 Επεξήγηση της σχηματικής απεικόνισης του υδροσυστήματος στο μοντέλο Υδρονομέας	49

6. Προσομοίωση Συστήματος - Αποτελέσματα προσομοίωσης	55
6.1 Γενικοί Προβληματισμοί	55
6.2 Ανάλυση και αποτελέσματα των σεναρίων	56
6.2.1 Σενάριο 1	56
6.2.2 Σενάριο 2	62
6.2.3 Σενάριο 3	66
6.2.4 Σενάριο 4	69
6.2.5 Σενάριο 5	72
6.2.6 Σενάριο 6	73
6.2.7 Σενάριο 7	75
6.2.8 Σενάριο 8	78
6.2.9 Σενάριο 9	81
6.3 Αποτίμηση των αποτελεσμάτων των σεναρίων – Προτάσεις	82
6.4 Ανάλυση και αποτίμηση Ακραίων σεναρίων	88
6.4.1 Σενάριο αύξησης ζήτησης Υδρευτικού νερού	88
6.4.2 Σενάριο μειωμένων εισροών στους Ταμιευτήρες	94
6.4.3 Σενάριο αύξησης ζήτησης Υδρευτικού νερού με ταυτόχρονη μειωμένη εισροή στους Ταμιευτήρες	99
7. Συμπεράσματα	103
Βιβλιογραφικές Αναφορές	105

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λειψυδρία αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα αρκετών περιοχών του πλανήτη με μελλοντικές τάσεις επιδείνωσης. Η αύξηση του πληθυσμού, η επέκταση των πόλεων, ο τουρισμός, η κλιματική αλλαγή είναι μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων και την επάρκεια των αποθεμάτων νερού. Στον Ελλαδικό χώρο έλλειψη νερού παρατηρείται στα "άνυδρα" νησιά του Αιγαίου και των Κυκλάδων, περισσότερο κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, πρόβλημα το οποίο έχει σημαντικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες και μέχρι στιγμής δεν έχει βρεθεί κάποια μόνιμη εφικτή λύση.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας αυτής αποτελεί η αποτίμηση των υπαρχόντων διαθέσιμων τεχνολογιών στην κάλυψη των υδατικών αναγκών της νήσου Μυκόνου καθώς και η εύρεση ενός Διαχειριστικού σχεδίου που θα καλύπτει αυτές τις ανάγκες αλλά ταυτόχρονα θα δίνει βάση στο ενεργειακό και οικονομικό κόστος. Η νήσος λοιπόν διαθέτει δύο κατασκευασμένα φράγματα από ισχύο κυλινδρούμενο σκυρόδεμα (RCC), το φράγμα Μαραθίου και το φράγμα Άνω Μεράς. Επίσης διαθέτει Μονάδες Αφαλάτωσης, Γεωτρήσεις και Φρέατα καθώς και υποδομή για άντληση νερού από υδροφόρο πλοίο.

Αξιοποιούνται οι υφιστάμενες τεχνικές μελέτες και ΜΠΕ, χωρικά δεδομένα σε ΣΓΠ και ιστορικά υδρολογικά δεδομένα. Ο Υδρονομέας υλοποιεί τη μεθοδολογική προσέγγιση της σύζευξης παραμετροποίησης – προσομοίωσης - βελτιστοποίησης και δίνει σημαντικά συμπεράσματα για την απόκριση του συστήματος στους στόχους και στις ανάγκες του, εξετάζοντας διαφορετικά σενάρια λειτουργίας. Παράλληλα με την χρήση συνθετικών χρονοσειρών εισόδου, έπειτα από στοχαστική προσομοίωση στο λογισμικό Κασταλλία, επιτυγχάνεται και ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας του συστήματος σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες και εξετάζεται η συμπεριφορά του ακόμη και σε ακραίες καταστάσεις.

ABSTRACT

Water shortage is a major problem of many regions of the globe with future trends worsening. Population growth, the expansion of cities, tourism, and climate change are some factors that affect the availability of water resources and the adequacy of water supplies. In Greece water shortage is observed mostly in " waterless " Aegean islands and the Cyclades, more during the summer months, a problem that has significant impact on local communities and so far has not found a permanent solution possible.

The purpose of this thesis is the valuation of existing technologies available to meet the water needs of Mykonos Island and finding a Management Plan that will cover these needs but also gives basis to the energy and economic costs. The island therefore has two dams constructed by Roller meager concrete (RCC), the Marathi dam and the Ano Mera dam. Also has, Desalination plants, Drilling wells and infrastructure for pumping water from water-bearing vessel.

Existing technical studies and EIS, spatial data in GIS and historical hydrological data are exploited. The Ydromeas software implements the methodological approach of coupling configuration - simulation - optimization and provides important conclusions for the system response to the objectives and needs, considering different scenarios. In parallel to the use of synthetic time series input, after stochastic simulation using the software Kastalia, it is possible to quantify the uncertainty of the system at multiple time scales and examine the behavior even in extreme situations.

Extended Summary

1. Introduction

The object of this thesis is the design of the simulation model of a simple system, the hydrosystem of the Mykonos Island. The course examination of the problem is based on the representation of the hydrosystem operation through a conceptual model, which although quite abstract should correctly represent the relationship of technical projects with each other and with the natural and human environment. The individual elements of the model were the catchments, groundwater aquifers, drilling - wells, rural areas, the settlements, the tanks, desalination plants, water transport by ship and the island's water transport network.

Based on the above, alternative development and management scenarios of the hydrosystem were prepared, which analyzed and evaluated through simulation and optimization tools of Ydroneas software. On analysis, particular attention was given to the optimization of the energy production of the system, so as to fully meet the high-priority water uses (water needs and environmental constraints) and to ensure a satisfactory level of reliability to meet the irrigation uses.

2. Water shortage problem - Case study area – Water supply

Water is not only essential for the preservation of life itself, but is essential for a large number of highly important human activities, starting with agriculture and reaching industrial development, tourism and energy production. Thus, the increasing of the Earth's population, the change in living habits and technological development, together with the assumption of even stable in time, if not declining in the end, the available amount of water, creating two contradictory trends: continuing decline in water resources, on the one hand, because of population growth, and sustained increases in requirements, on the other, due to the change in living conditions, the intensification of the growth and the application of modern water consuming technological means and methods.

Greece although generally considered rich in water, has some areas with inadequate water resources. Lack of water is much greater in the designated " waterless " islands of our country, such as the islands of the Cyclades, with serious impacts on local communities (Figure 2.1). This absence is mainly due to the specific characteristics of these regions but also the very important tourism factor, which is particularly increased the dry summer months. To address the problem have implemented some measures, such as the transport of water, which do not settle on a permanent basis and have negative impact on the wider society (low water quality, economically damaging, etc).

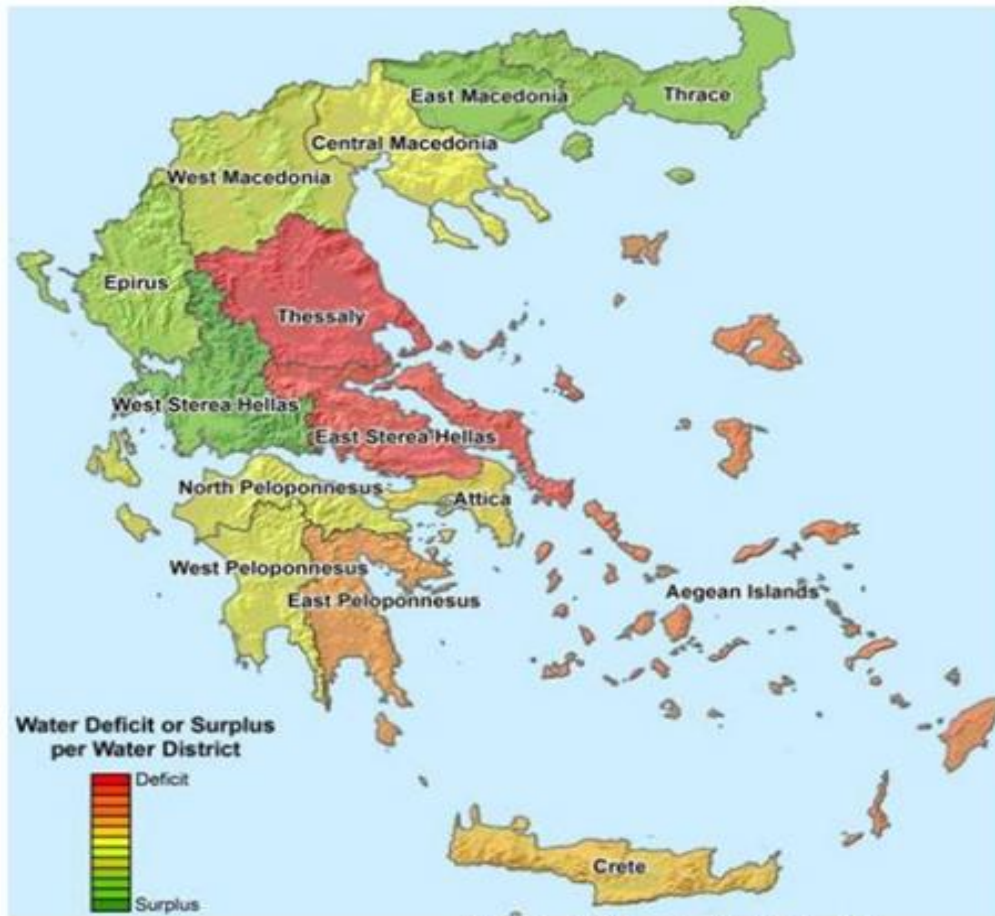


Figure 2.1: Water shortage in Greece (Stefopoulou et al, Kyritsis, & Epp, 2008)

The island of Mykonos is located in the central part of the county south of Tinos, has an area of 85.5 km² and a population of 10.134 inhabitants according to the census of 2011. The island has approximately trapezoidal shape formed by successive small and large bays. The length of the coast is about 85,3 km. It is hilly with the highest peak Anomeritis (372,7 m). Management consists of the Municipality of Mykonos that includes the former districts of Mykonos and Ano Mera. Mykonos is one of the most tourist islands of the country so all the production processes of the island have been turned into tourist services. The island of Delos is located six miles southwest of the island has an area of 3.5 km² and a population of 14 inhabitants. In ancient times it was one of the largest religious centers, and today is one of the most important archaeological sites.

To solve the important problem of water shortage on the island of Mykonos currently different solutions are applied. These are A) Construction and operation of two reservoirs, B) Desalination plants, C) Drilling wells, D) Water Transfer.

A) Reservoirs

On the island of Mykonos have been constructed and are in continuous operation two (2) Reservoirs, the Marathi dam and the Ano Mera dam. The Marathi dam is built on

the northwest side of the island, in direct proximity to the Mykonos town about four km, for the torrent Marathia located around 500 m on the sea. The aim of the project is the development of surface runoff to address the needs for water supply and irrigation due to increased needs that occur during the summer months. The dam Ano Mera is located on the northeast side of the island, in direct proximity to Mykonos town about 10 km, over the torrent Maou Lagada approximately 600 m from the sea. The aim of the project is the development of surface runoff to meet the requirements for water for irrigation and water supply. The characteristics of these reservoirs are shown in the next table.

Table 2.1 Reservoirs characteristics

	Marathi	Ano Mera
Initial volume (hm ³)	2,85	0,96
Total volume (hm ³)	2,95	1,09
Mound volume (m)	30	31
Mound height (m)	32250	44000
Lake surface (km ²)	0,5	0,15
Spillway height (m)	32,5	
Basin surface (km ²)	9,6	6,5
Mean yearly inflow (hm ³)	0,6	0,34
Construction year	1992	1991

B) Desalination plants

Desalination is a process by which the salts are removed from the water, which can be either brackish or seawater and is used for various reasons including the production of drinking water. The choice of the appropriate method of desalination depends on various parameters such as location, the specificities of each region, the available energy, the source of the water, etc.

On the island are running five desalination units which use reverse osmosis. The process of reverse osmosis is relatively new, bestselling since the early 70's (Koronaïos, 2006). This method is probably the most common way of desalination of saline water, and can produce high quality water supply.

Are running three new plants, with a net output of 250 m³/ day each and two older plants, with a net output of 550 m³/ day each. Typically in operation, four of the five units produce about 2000 m³/ day, with a 14 to 16 hour per day operation. These units cover 100% of the city and the wider region. The operation of desalination plants, due

to their nature (reverse osmosis membrane) can not be interrupted, even when the water demand can be covered by other means (springs, boreholes). For maintenance reasons, these units operate throughout the year, but with reduced supply during the winter months. An average term operating normally required for maintenance of the winter month's membranes is five hours a day.

C) Drilling wells

On the island of Mykonos, coverage of water supply needs is also water supply of about 1,000 private wells is calculated benefits of 1.5 to 10 m³/ hour. For the water supply of Ano Mera is specifically used one drilling in Ag. Sophia with supply of 3,5 m³/ hour with annual offtake 15000 m³. The annual exploitation amount is about 580000 m³.

The drilling and wells often provide low quality water with high salt content. Quantities of water of aquifers are not able to meet the high demand, as the overexploitation of stocks of groundwater every island leads to further deterioration of the quality of this water.

D) Water transfer

On the island, as in most Aegean islands, there is drinking water transfer pumping from aquifers ships to its central Mykonos water tanks. This solution is simple as it requires no special infrastructure, but the major disadvantage is the high cost.

3. Water demands

The coverage of water supply needs is first priority not only in order to meet the water needs of the standard population also for the maintenance of its major area of the islands economy, tourism. In second priority is water for irrigation and cover livestock needs since most islands (usually small), the primary sector is not the main factor in the economy and last the water for industrial use which anyway is small in the islands.

3.1 Drinking Water supply needs

The island of Mykonos is supplied with water from desalination plants, reservoirs (Marathi and Ano Mera) and drilling - wells approximately 1000 number. Marathi supplies only Mykonow municipality and Ano mera only Ano mera municipality. The other water supply means, supply the whole island. Next Tables show these needs for each municipality per month. For the island of Mykonos annual water needs are estimated at 1464921m³.

3.2 Irrigation

Irrigation is the main factor for maintaining and increasing agricultural production and consequently agricultural income of a place. The studies of irrigation projects and related studies of the area of the Aegean islands were prepared in terms of water savings, so irrigation methods implemented or to be implemented improved by going to improve the administration of the existing limited irrigation potential. The same trend has been observed in the development of private irrigation, where farmers in the Aegean islands have tried to increase the cultivated areas based on available water resources. Next Tables show the water irrigation needs for each municipality. The total annual irrigation water needs for the island is estimated at 1401045 m³.

3.3 Livestock

The recorded animals for which the needs for water must be assessed are cattle, horses, pigs, goats and chickens. To calculate the water needs of the farming activity, coefficients were used, which were based in the Ministry of Agriculture data, as well as Greek and foreign literature. The total annual needs for livestock is estimated 38589 m³.

3.4 Industry

Generally, in Aegean islands is not observed intense industrial activity. Large capacity industries are limited and therefore the area is not a major need or main source of pollution in the whole water district. Because water supply is very limited in the study area and therefore sensitive to pollution issues, the study of the industrial sector was necessary. On the island of Mykonos, the amount of water consumed by industry amounts to 123115,1 m³ per year, with fixed monthly consumption 10259,59 m³.

4. Computational tools and theoretical water resources management data - The Ydromeas model

Water resources management means the application of measures, structural and otherwise, to control natural and artificial water resource systems in order to benefit people and the environment (Grigg, 1996). Therefore the object of this work is necessary, the combined management of watersheds Mykonos and Ano Mera, characterized by a framework of specific decisions. These decisions must ensure a rational and efficient way to maximize the benefit of human activities on the utilization of water resources in the study area defined in Chapter 2.

The basic methodological approach to water resource management is the systemic analysis. The main feature of this process is the degradation process of a system into smaller simpler parts. Studying the relationship and the interaction of the components with each other and with their environment, aims to identify the system operation

mode without detailed consideration of the relationships and physical processes that govern it. (Makropoulos, 2012, Grigg, 1996). The study area is of course in this case working as a water system.

Ydroneas is a decision support system that integrates a sophisticated simulation model and optimization of water resources systems, developed at NTUA in various versions. Ydroneas adopts a stochastic approach to simulation as used synthetic inputs scenarios. This reduces to a minimum the entry requires arbitrary choices by the user and to quantify uncertainty and risk in decision making. Moreover, the distribution of abstractions in the network follows the most economical route, minimizing the fixed and variable costs of capture and transport projects (reservoirs, pumping stations, wells), as is happening in the real system operating conditions. The mathematical model of Ydroneas aims at a realistic representation of both natural (hydrological and hydraulic) processes of hydrosystems and management to them. In the model is ensured strict compliance with the physical constraints which are imposed by limitations in the system but also by the management and operational objectives that the user decides in order of priority.

The input data of a management scenario are divided into two categories, static and dynamic. Static data refers to the features sizes of technical projects, objectives and operational limitations and some management financial parameters which act in accordance with the judgment or the available data the user during molding. As for the dynamic data, they are listed in time series input and losses in reservoirs or nodes of the drainage network. These time series can be historical or synthetic, the second category is appropriate when it is desirable to measure exactly the probabilistic size of the system, particularly when the latter referred to the extreme reliability. Moreover, when the system operates as a prediction tool must necessarily use hydrological input scenarios that retain the same statistical structure. These scenarios produced by Castalia software, described in next paragraph.

Castalia performs multivariable samples thoughtful analysis, which refers to different processes in the same location or at different locations. These processes are correlated to each other and belong to systems with common catchment diet, such as a basin. It is about a multivariate stochastic model, originally developed for studying monthly hydrological variables such as rainfall and runoff (Efstratiades and Koutsoyiannis, 2004 Efstratiades et al, 2005). The analysis of historical samples and the birth of synthetic time series is performed in three basic steps: in the first place the birth of synthetic annual time scale time series, in second place the birth of monthly time scale time series and, finally, the third step is performed by the birth of the time series daily time scale. The synthetic series in different time scales are produced with different stochastic models. In annual scale used stochastic models that reproduce the long-term persistence of hydrological processes, known as the Hurst phenomenon, while on a monthly and daily scale models are used to reproduce the frequency and other characteristics of the fine temporal scale processes. In this way time series produced statistically equivalent to the historical, while maintaining the spatial (cross-

correlation) and temporal dependence (short persistence) and the stochastic structure of historical time series (Figure 4.1). For the birth of synthetic time series it is used the gamma distribution of three parameters. This distribution is appropriate for describing hydrological variables on the relevant time scales (annual, monthly and daily), since only defined for positive values of the variable and is able to reproduce the asymmetry of historical samples, which is quite large, especially in daily scale.

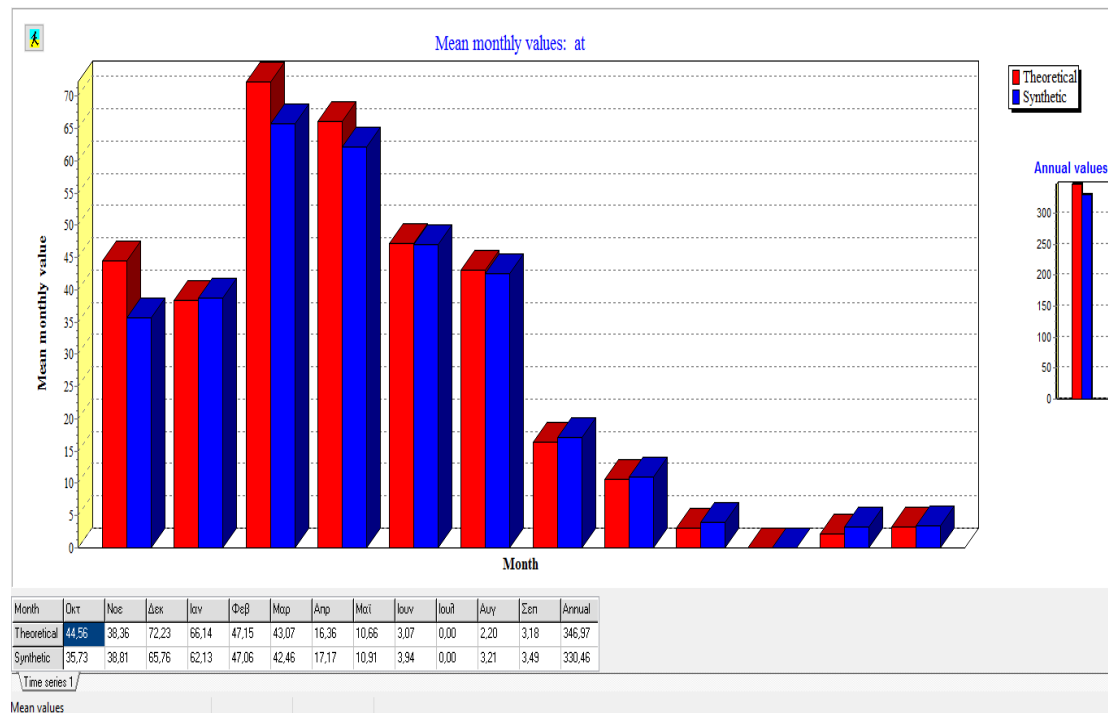


Figure 4.1: Comparison of average monthly value of historical and synthetic sample

5. Hydrosystem formulation

This Chapter is designed to utilize the data related to the geography of the area, engineering structures and land use, and any relevant information collected by the current management plans, making the components of the physical system in conceptual elements of the topological model of Hydronomeas. Such main components are the hydrographic network, water reservoirs, water transportation and energy production, and the nodes representing irrigated land and water settlements.

After determining the topology in the network, which is the first step of forming, next step is the assessment of supply and demand for water and its distribution to the nodes. Last stage of the molding process is to define the objectives and constraints of the system and its operating rules. The final result is a mathematical representation of the simulation model. For many system components, there are alternative scenarios or successive phases of construction of the relevant projects, and they will be referred separately the changes that are involved in any other formulation of the model. Concluding the description of the shaping, overall model is shown in Figure 5.1.

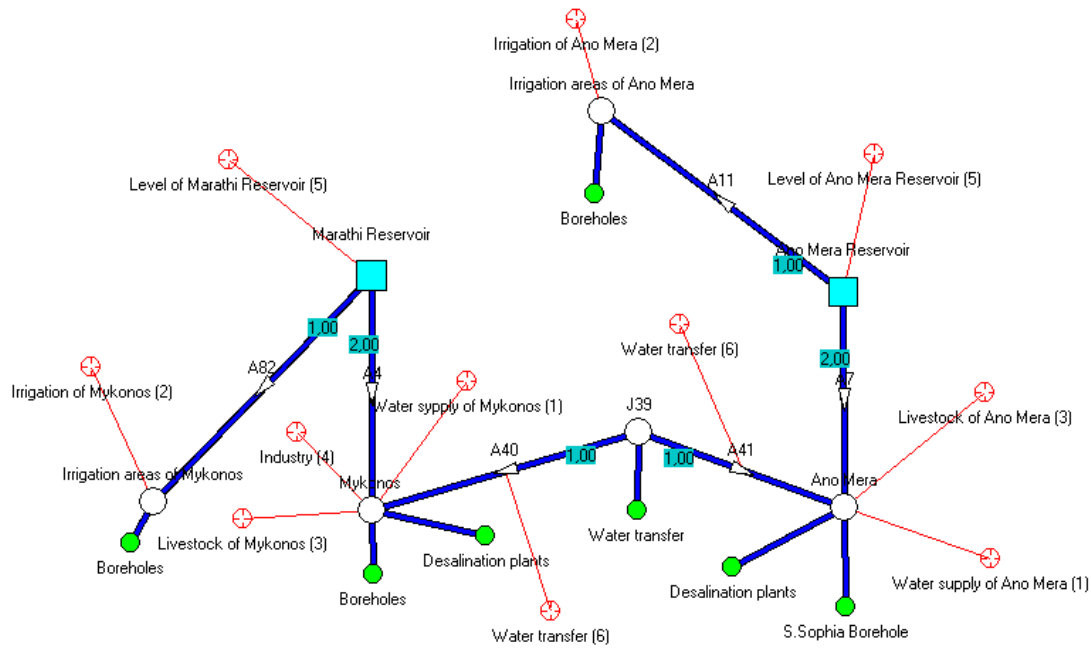


Figure 5.1: Overall formulation of the hydrosystem of Mykonos Island

Originally time series were drafted by the respective historical hydrological processes in places of interest. For this purpose sought historical data area (primary measurement or processed data) at points as close as possible to the simulation model nodes. Historical samples had different length, which in any case is insufficient to secure probabilistic estimation of sizes, such as reliability in meeting water needs and the produced primary energy. For this reason were created with software Castalia synthetic equivalents samples with length 1000 years, which retain the statistical characteristics of the respective historical. In some cases, they required modifications of the synthetic sizes by appropriate reduction techniques, in order to reproduce the processes of interest to the nodes.

6: System Simulation - Simulation Results – Results analysis

Therefore using the Hydronomeas program and considering 9 different scenarios, it was tried to determine what could be the best formulation of hydrosystem of Mykonos and what is the best way of water supply in the system to cover all water needs of the island with the lowest possible energy and money cost. The results of the scenarios have shown that the 3 best scenarios were:

First scenario requires a small capacity increase of Desalination Units. This means operation of existing units to their full capacity, and not just a few hours a day or even construction and operation of a unit additional capacity of about 1500 m³/day.

Second scenario requires connecting structure of Reservoir Ano Mera with the node of Mykonos. A purely technical work with small manufacturing cost and even lower operating cost as the water is transported in pipelines by gravity.

Third scenario requires construction and connection to the system of a third reservoir, which significantly reduces the supply cost of water of the island but it is a large and costly engineering project.

In which of the three is finally better and easier workable solution requires technical and economic studies and is not the subject of this thesis.

References

Efstratiadis A., Ververis A., P. Panagopoulos, K. Triantafillou, A. Tegos, N. Mamasis, and D. Koytsoyiannis, «Assessment of environmental flows of Acheloos Delta» European Geosciences Union General Assembly 2010, Geophysical Research Abstracts, 2010.

Karavokiros, G., A. Efstratiadis, and D. Koutsoyiannis, Determining management scenarios for the water resource system of Athens, Proceedings, Hydorama 2002, 3rd International Forum on Integrated Water Management, 175–181, Water Supply and Sewerage Company of Athens, Athens, 2002.

Tegos A., A. Efstratiadis, and D. Koutsoyiannis, «A parametric model for potential evapotranspiration estimation based on a simplified formulation of the Penman-Monteith equation.» Evapotranspiration-An Overview, 2012: edited by S. Alexandris, InTech.

L. Lazaridis, Ch. Kapetanakis, C. Noutsopoulos, Y; ROEREFNA SA, 1977. Study Water Supply Mykonos Island - Preliminary Report. Ministry of Interior, Planning & Studies Department. Av. Lazaridis, Ch. Kapetanakis, C. Noutsopoulos, Y; ROEREFNA SA, 1980. Preliminary Water Supply Island Mykonos. Ministry of Interior; Addresses Planning and Studies.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1 Παρουσίαση του θέματος - Σκοπός διπλωματικής

Το αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η κατάστρωση του μοντέλου προσομοίωσης ενός απλού σχετικά υδροσυστήματος, του υδροσυστήματος της νήσου Μυκόνου. Η πορεία εξέτασης του προβλήματος βασίστηκε στην αναπαράσταση της λειτουργίας του υδροσυστήματος μέσω ενός εννοιολογικού μοντέλου, που αν και αρκετά αφαιρετικό, θα πρέπει να αναπαριστά ορθά τις σχέσεις των τεχνικών έργων μεταξύ τους και με το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Τα επιμέρους στοιχεία του μοντέλου ήταν οι λεκάνες απορροής, οι υπόγειοι υδροφορείς, οι γεωτρήσεις - φρέατα, οι αγροτικές εκτάσεις, οι οικισμοί, οι ταμιευτήρες, οι μονάδες αφαλάτωσης, η μεταφορά νερού με πλοία και το δίκτυο μεταφοράς νερού του νησιού.

Για τις ανάγκες της εργασίας πραγματοποιήθηκε συλλογή πληθώρας δεδομένων καθώς και αποδελτίωση υδρολογικών και διαχειριστικών μελετών. Τα υδρολογικά δεδομένα του συστήματος, οι ζητήσεις νερού για διάφορες χρήσεις και οι σχετικοί περιορισμοί διαμορφώθηκαν έπειτα από επεξεργασία των διαθέσιμων ιστορικών δεδομένων καθώς και σχεδίων ανάπτυξης από διάφορες μελέτες, ώστε να ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν πιο πιστά στην πραγματικότητα.

Με βάση τα παραπάνω, καταρτίστηκαν εναλλακτικά σενάρια ανάπτυξης και διαχείρισης του υδροσυστήματος, τα οποία αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν μέσω των εργαλείων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης του λογισμικού Υδρονομέας. Στις αναλύσεις, ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής του συστήματος, με τρόπο ώστε να ικανοποιούνται πλήρως οι υψηλής προτεραιότητας χρήσεις νερού (υδρευτικές ανάγκες και περιβαλλοντικοί περιορισμοί) και να εξασφαλίζεται ικανοποιητικό επίπεδο αξιοπιστίας στην ικανοποίηση των αρδευτικών χρήσεων.

1.2 Επισκόπηση των κεφαλαίων

Σε αυτό το σημείο αναφέρονται συνοπτικά τα ζητήματα που πραγματεύονται τα επόμενα κεφάλαια που ακολουθούν.

Στο **κεφάλαιο 2** με τίτλο *"Προσφορά νερού - Κόμβοι προσφοράς"*, αρχικά γίνεται συνοπτική αναφορά στο φαινόμενο της λειψυδρίας και στα διάφορα προβλήματα που προκαλεί στις τοπικές κοινωνίες. Μετά γίνεται λόγος για την περιοχή μελέτης και στα υδρολογικά – υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της. Τέλος αναφέρονται οι διαθέσιμες πηγές νερού που διαθέτει η νήσος Μύκονος για την κάλυψη των αναγκών της, με ιδιαίτερη αναφορά στα τεχνικά και τεχνολογικά έργα που έχουν πραγματοποιηθεί για το σκοπό αυτό. Εξετάζονται λοιπόν οι δύο ταμιευτήρες (Μαραθίου, Άνω Μερά), τα διαθέσιμα υπόγεια νερά που διαθέτει η νήσος και που εκμεταλλεύονται μέσω πηγαδιών-γεωτρήσεων, οι εν λειτουργία μονάδες αφαλάτωσης και η μεταφορά νερού

με πλοία. Τέλος γίνεται αναφορά επίσης στον τρόπο εκμετάλλευσης αυτών των έργων και ποιό σκοπό εξυπηρετούν σήμερα.

Στο **κεφάλαιο 3** με τίτλο "*Ζήτηση νερού*", γίνεται ανάλυση των χρήσεων νερού στη νήσο. Παρουσιάζονται οι ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν με σειρά προτεραιότητας δίνοντας έμφαση στις τέσσερις κυριότερες που παρουσιάζονται στο νησί . Ύδρευση, άρδευση, κτηνοτροφία και βιομηχανία καταναλώνουν σχεδόν αποκλειστικά τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους που διαθέτει το νησί με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες, οπότε όλα τα αποτελέσματα και οι αναλύσεις γίνονται αναφορικά μόνο με αυτές.

Στο **κεφάλαιο 4** με τίτλο "*Υπολογιστικά εργαλεία και θεωρητικά στοιχεία διαχείρισης υδατικών πόρων – Το μοντέλο Υδρονομέας*" λαμβάνει χώρα η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από διάφορες ελληνικές και διεθνείς πηγές που ήταν απαραίτητα ώστε τελικώς να εξαχθούν όσο το δυνατόν έγκυρα και ασφαλή αποτελέσματα. Αρχικά παρουσιάζεται το υδροσύστημα της Μυκόνου προσαρμοσμένο στο λογισμικό Υδρονομέας και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διάφορα υδρολογικά σενάρια που θα επεξεργαστούν και με βάση τα οποία προκύπτουν όλα τα αποτελέσματα που θα παρουσιασθούν και θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

Στο **κεφάλαιο 5** με τίτλο "*Σχηματοποίηση Υδροσυστήματος*" μετατρέπονται τα φυσικά δεδομένα του υδροσυστήματος της νήσου σε εννοιολογικά δεδομένα κατάλληλα προς επεργασία στο μοντέλο Υδρονομέας και επεξηγούνται οι διάφοροι σχετικοί συμβολισμοί. Επίσης παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου στο σύστημα, που παρείχθησαν με τα λογισμικά Κάσταλλια και Υδρογνώμονας, όπως χρονοσειρές εισόδου, ζητήσεις, προσφορές, κ.α.

Στο **κεφάλαιο 6** με τίτλο "*Προσομοίωση Συστήματος - Αποτελέσματα προσομοίωσης - Σχολιασμός αποτελεσμάτων*" αναφέρονται και αναλύονται τα διάφορα σενάρια διαχειριστικής πολιτικής που θα δοκιμαστούν μέσα από τη διαδικασία της προσομοίωσης στο μοντέλο Υδρονομέας.

Στο **κεφάλαιο 7** με τίτλο "*Συμπεράσματα - Προτάσεις*" αναφέρονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική εργασία σχετικά με το υδροσύστημα της νήσου Μυκόνου και τις προοπτικές που υπάρχουν για την βελτίωση και τη μόνιμη επίλυση των τωρινών και μελλοντικών προβλημάτων επάρκειας νερού στο νησί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Προσφορά Νερού - Κόμβοι Προσφοράς

2.1 Γενικά για το νερό και το φαινόμενο της λειψυδρίας

Το νερό δεν είναι μόνο απαραίτητο για τη συντήρηση της ίδιας της ζωής αλλά είναι και πρωταρχικής σημασίας για ένα μεγάλο πλήθος εξόχως σημαντικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου, ξεκινώντας από τη γεωργία και φθάνοντας στη βιομηχανική ανάπτυξη, στον τουρισμό και στην παραγωγή ενέργειας. Η αύξηση λοιπόν του πληθυσμού της Γης, η αλλαγή των συνηθειών διαβίωσης και η τεχνολογική ανάπτυξη, σε συνδυασμό με την παραδοχή της έστω σταθερής στον χρόνο, αν όχι φθίνουσας εν τέλει, διαθέσιμης ποσότητας νερού, δημιουργούν δύο αντιφατικές τάσεις: συνεχή μείωση των κατά κεφαλήν διαθεσίμων υδατικών πόρων, από τη μία, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού, και διαρκή αύξηση των κατά κεφαλήν απαιτήσεων, από την άλλη, αποτέλεσμα της αλλαγής των συνηθικών διαβίωσης, της εντατικοποίησης των ρυθμών της ανάπτυξης αλλά και της εφαρμογής σύγχρονων υδροβόρων τεχνολογικών μέσων και μεθόδων.

Το νερό είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και το περιβάλλον τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κοινωνική και οικονομική ευημερία στις ανθρώπινες κοινωνίες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα χρήσης του νερού σε επαρκείς ποσότητες και σε όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος.

Ο άνθρωπος ανέκαθεν εξαρτιόταν από την ύπαρξη του νερού για τις οικιακές, τις αγροτικές αλλά και τις βιομηχανικές δραστηριότητες που αναπτύσσει. Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και η ραγδαία ανάπτυξη του βιομηχανικού κλάδου συνέβαλαν τα τελευταία χρόνια σε κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης νερού. Εάν επιπρόσθετα αναλογιστεί κανείς την αύξηση της μόλυνσης των υδατικών πόρων αλλά και την ανισομερή κατανομή τους, γίνεται εύκολα κατανοητό ότι το πρόβλημα του νερού αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έχει αντιμετωπίσει ποτέ ο άνθρωπος.

Η μη ορθολογική διαχείριση των περιορισμένων υδατικών πόρων έχει ήδη οδηγήσει πολλές περιοχές σε κατάσταση λειψυδρίας και πιθανότατα θα επιφέρει τρομερές συνέπειες στο μέλλον. Έρευνες αναφέρουν ότι υπάρχουν περίπου 110 χώρες με μικρές ή μεγάλες περιοχές με πρόβλημα λειψυδρίας.

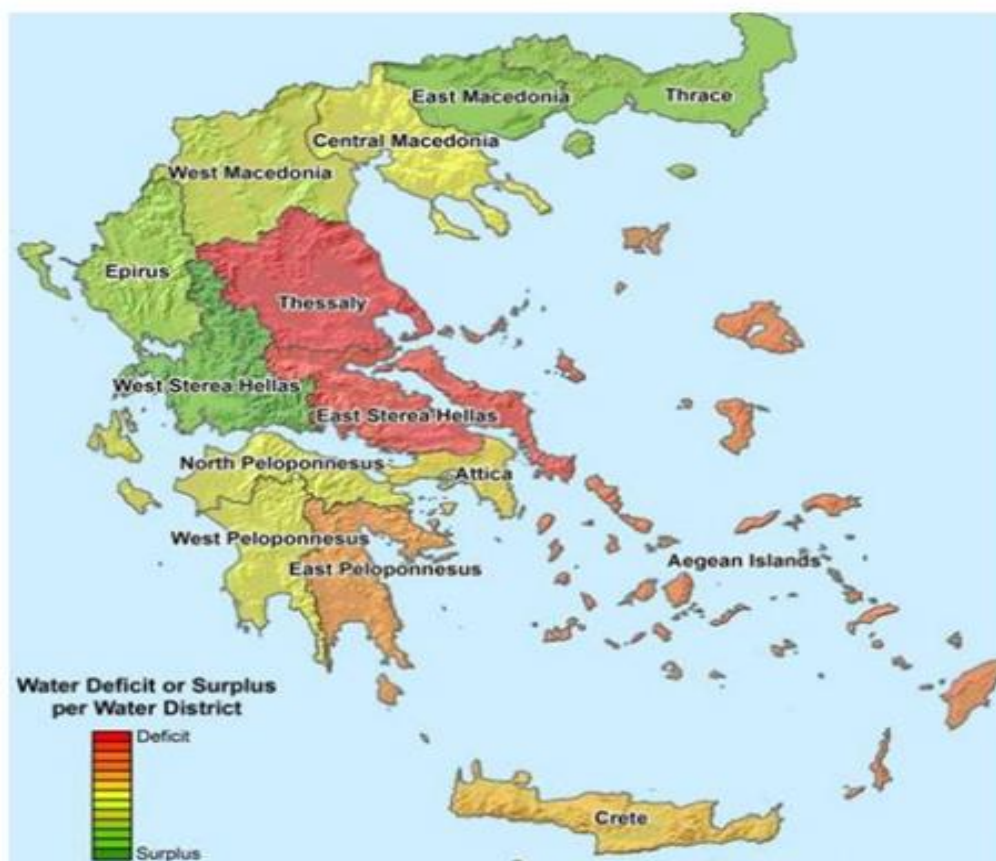
Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι το πρόβλημα έλλειψης νερού βρίσκεται ανάμεσα στα σημαντικότερα προβλήματα που απασχολούν την ανθρωπότητα. Αποτελεί, λοιπόν, προτεραιότητα σε παγκόσμιο επίπεδο η κάλυψη των αναγκών για πόσιμο και καθαρό νερό σε επαρκείς ποσότητες και με το μικρότερο δυνατό κόστος.

2.2 Το φαινόμενο της λειψυδρίας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρόλο που γενικά θεωρείται πλούσια σε νερό, διαθέτει κάποιες περιοχές που παρουσιάζουν ανεπάρκεια υδατικών πόρων. Η έλλειψη νερού είναι πολύ μεγαλύτερη στα χαρακτηριζόμενα "άνυδρα" νησιά της χώρας μας, όπως τα νησιά των

Κυκλάδων, με σοβαρές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες. Η έλλειψη αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών των περιοχών αλλά και στον πολύ σημαντικό παράγοντα του τουρισμού, που είναι ιδιαίτερα αυξημένος τους ξηρούς καλοκαιρινούς μήνες. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος έχουν εφαρμοστεί κάποια μέτρα, όπως η μεταφορά νερού, τα οποία όμως δεν το επιλύουν σε μόνιμη βάση και έχουν και αρνητικές επιπτώσεις στην ευρύτερη κοινωνία (χαμηλή ποιότητα νερού, οικονομικά ζημιόγωνα, κ.α).

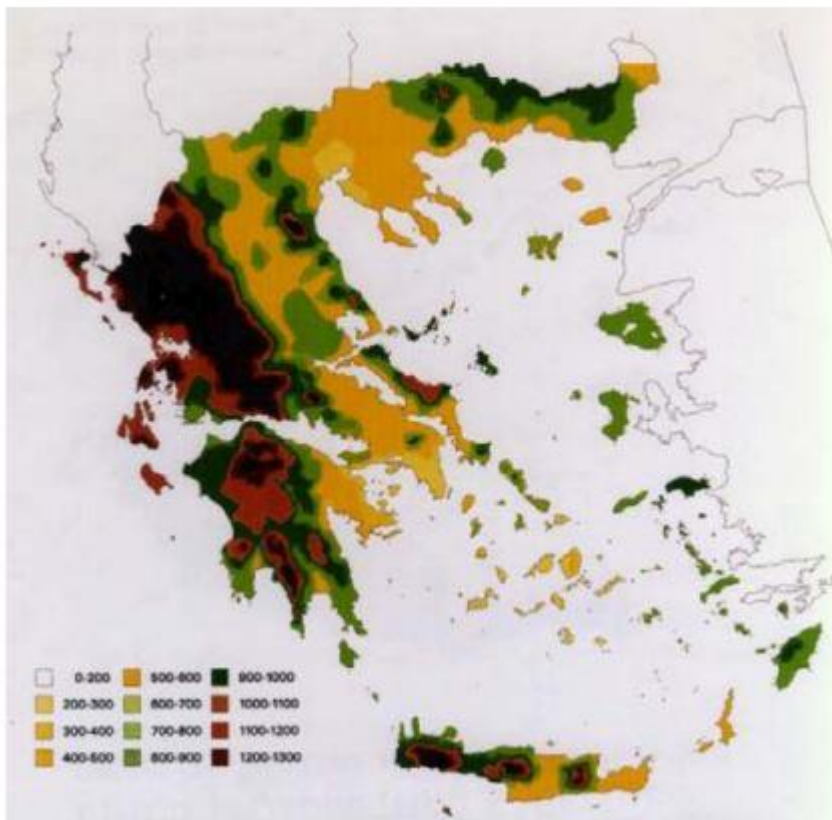
Από υδρολογική άποψη, η Ελλάδα μπορεί να καταταχθεί στις χώρες που είναι πλούσιες σε υδατικούς πόρους. Αυτό οφείλεται τόσο στο κλίμα που επικρατεί, όσο και στο γεωγραφικό της ανάγλυφο, που ευνοεί τη συσσώρευση νερού και επιτρέπει την αξιοποίησή του. Αυτό όμως δεν αντικατοπτρίζει την ακριβή πραγματικότητα. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από έντονες διακυμάνσεις και ανομοιομορφίες στη διαθεσιμότητα και τη ζήτηση του νερού σε χωροχρονικό επίπεδο και όπως φαίνεται και από το Χάρτη 2.1 χωρίζεται σε 14 τομείς.



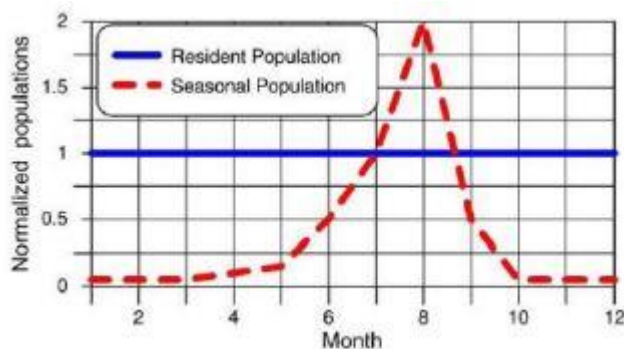
Χάρτης 2.1: Η έλλειψη νερού στην Ελλάδα (Steforoulou et al, Kyritsis, & Epp, 2008)

Μέσα σε αυτούς τους τομείς ανήκουν και τα νησιά του Αιγαίου με τις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα να εμφανίζουν το εντονότερο πρόβλημα, κυρίως λόγω της υψηλής ζήτησης και όχι τόσο λόγω της έλλειψης υδατικών πόρων. Τους καλοκαιρινούς μήνες, οι βροχοπτώσεις σε αυτά τα νησιά όπως και στην υπόλοιπη Ελλάδα, είναι από ελάχιστες έως και μηδαμινές, και αν ταυτόχρονα αναλογιστούμε το γεγονός ότι ο πληθυσμός αυτών των νησιών πολλαπλασιάζεται έως και 10 φορές (Εικόνα 2.1) και

ότι δεν υπάρχουν αρκετές δεξαμενές που να καλύπτουν αυτήν την ανάγκη, γίνεται εύκολα κατανοητό το μεγάλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τόσο στην ποσότητα όσο και στην ποιότητα του παρεχόμενου νερού.



Χάρτης 2.2: Γεωγραφική κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στην Ελλάδα (σε mm) (Μαμάσης, 2009)



Εικόνα 2.1: Η εποχιακή διακύμανση του πληθυσμού σε ένα τυπικό Ελληνικό νησί κατά τη διάρκεια του έτους) (Spyros & Anagnostopoulos, 2010)

Στα παραπάνω ζητήματα, τα οποία έχουν παίξει καθοριστικό λόγο στο πρόβλημα της λειψυδρίας των Νησιών του Αιγαίου, πρέπει να προστεθεί και το μικρό μέγεθος των νησιών αυτών, εξαιτίας του οποίου δεν είναι εύκολη η δημιουργία αξιόλογων λεκανών απορροής με αποτέλεσμα να μη δημιουργείται κάποιο αξιόλογο υδρολογικό δίκτυο (Steforoulou, et.al, 2008). Επίσης θα πρέπει να τονιστεί η κακή κατάσταση και

η έλλειψη αξιοπιστίας των τοπικών υδρευτικών και αρδευτικών δικτύων των νησιών τα οποία παρουσιάζουν πολλά προβλήματα. Το 40-60% του νερού που διανέμεται είτε χάνεται σε διαρροές είτε δεν καταγράφεται λόγω αναξιπιστίας των μετρητών (Ενεργειακό Γραφείο Ύδρου, 2011).

Τέλος, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας το γεγονός ότι σχετικά με το φαινόμενο της λειψυδρίας, η πολιτεία έχει ολιγορήσει ως προς τη θέσπιση οργανωμένων σχεδίων εξοικονόμησης υδατικών πόρων και ως προς την εφαρμογή πολιτικών μείωσης της ζήτησης, όπως ο περιορισμός των απωλειών, νέα τιμολογιακή πολιτική, σχεδιασμός νέων έργων, κλπ (Mohamed & Παπαδάκης, 2009). Με άλλα λόγια τα αρμόδια όργανα δεν φαίνεται να γνωρίζουν ποια είναι τα φυσικά αποθέματα νερού κάθε περιοχής, τι σενάρια προβλέπονται για το μέλλον με βάση τα μοντέλα των βροχοπτώσεων και ποια εν τέλει τα ισοζύγια ή τα ελλείμματα που πρέπει να καλυφθούν.

2.3 Η υδροδότηση της νήσου Μυκόνου - Κόμβοι προσφοράς νερού (Υδρονομέας)

2.3.1 Περιοχή μελέτης

Η νήσος Μύκονος βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νομού νότια της Τήνου, έχει έκταση 85,5 km² και πληθυσμό 10134 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Η Μύκονος έχει σχήμα περίπου τραπεζοειδές που διαμορφώνεται με αλληπάλληλους μικρούς και μεγάλους κόλπους. Το μήκος των ακτών της είναι περίπου 85,3 km. Είναι ημιορεινή με ψηλότερη κορυφή τον Ανωμερίτη (372,7 m). Διοικητικά αποτελείται από το Δήμο Μυκόνου που περιλαμβάνει τα τέως δημοτικά διαμερίσματα Μυκονίων και Ανω Μεράς. Η Μύκονος είναι ένα από τα πλέον τουριστικά νησιά της χώρας με αποτέλεσμα το σύνολο των παραγωγικών διαδικασιών του νησιού να έχει στραφεί σε τουριστικές υπηρεσίες. Η νήσος Δήλος βρίσκεται έξι μίλια νοτιοδυτικά της Μυκόνου έχει έκταση 3,5 km² και πληθυσμό 14 κατοίκους. Στην αρχαιότητα αποτελούσε ένα από τα μεγαλύτερα θρησκευτικά κέντρα, ενώ σήμερα είναι ένας από τους πλέον σημαντικούς αρχαιολογικούς χώρους.

Η Μύκονος διοικητικά αποτελείται από ένα δήμο το δήμο Μυκόνου. Οι σημαντικότεροι οικισμοί και οι πληθυσμοί τους (ΕΣΥΕ, 2001) στα ανωτέρω δημοτικά διαμερίσματα είναι οι εξής:

ΔΔ Μυκόνου, Μύκονος(6467), Άγιος Ιωάννης Διακόφτης (265), Αγ.Στέφανος (205), Δήλος (14), Κλουβάς (180), Ορνός (237), Πλατύς Γυαλός (204), Τουρλος (115), Φάρος Αρμενιστής (106), Ψαρρού (107).

ΔΔ Ανω Μεράς, Ανω Μερά (1335), Καλαφάτη (56).



Χάρτης 2.3: Η νήσος Μύκονος από Google Earth

2.3.2 Υδρολογία (Δασκαλάκης Κων/νος κ.α, 2000)

Η νήσος Μύκονος χωρίστηκε για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης σε λεκάνες απορροής, με επιφάνειες που κυμαίνονται από 2 έως 11 km². Σε αυτές περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή λεκάνη και η γειτονική νήσος Δήλος. Τα κύρια φυσιογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής και συγκεκριμένα η έκταση, το μέσο και μέγιστο υψόμετρο, η μέση κλίση και ο δείκτης κυκλικότητας, δίνονται στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί. Το ανάγλυφο της νήσου είναι σχετικά ήπιο, με το μέγιστο υψόμετρο να ανέρχεται στα 373 m.

Πίνακας 2.1: Λεκάνες Απορροής

Αριθμός λεκάνης	Όνομα Λεκάνης	Έκταση (τ. γλ.μ)	Μέσο Υψόμ. (μ)	Μεγ. Υψομ. (μ)	Μέση κλίση (%)	Δείκτης κυκλικότητας
Λ285	Πάνορμος	7.12	129.4	372.0	28.2	0.32
Λ286	Μαύρος	6.97	91.3	243.9	23.7	0.42
Λ289	Κάτω Λιβαδιά	4.52	64.5	290.9	13.9	0.41
Λ290	Μύκονος	5.23	79.5	270.7	16.9	0.24
Λ291	Μαράθι	10.86	104.3	372.7	11.6	0.39
Λ292	Τηγάνι	7.07	95.8	328.5	22.5	0.36
Λ293	Άνω Μερά	7.24	84.7	244.3	12.4	0.49
Λ295	Φτελιάς	7.09	88.8	248.4	13.3	0.65
Λ299	Καλαφάτη	6.46	76.2	307.3	13.5	0.26

Τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου της νήσου, δίνονται ανά λεκάνη απορροής, στον Πίνακα 2.2, όπου περιλαμβάνονται πληροφορίες για το συνολικό μήκος των υδατορευμάτων, το μήκος της κύριας μισγάγγειας και την πυκνότητα του δικτύου. Σύμφωνα με αυτόν, το συνολικό μήκος υδατορευμάτων ανέρχεται στα 127,8 km. Το μέγιστο μήκος μισγάγγειας παρατηρείται στη λεκάνη Μαράθι, όπου φτάνει τα

6,4 km. Σε ό,τι αφορά την πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου, αυτή λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της (2.0) στη λεκάνη Φτελιάς.

Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικά Υδρογραφικού Δικτύου

Αριθμός λεκάνης	Όνομα Λεκάνης	Συνολ. μήκος ρεμμάτων (χλμ)	Μήκος κύριας μισγάγγειας (χλμ)	Πυκνότητα υδρογρ. δικτύου
Λ285	Πάνορμος	11.4	2.0	1.61
Λ286	Μαύρος	12.7	3.0	1.82
Λ289	Κάτω Λιβαδιά	8.6	2.6	1.90
Λ290	Μύκονος	5.6	2.0	1.07
Λ291	Μαράθι	16.1	6.4	1.48
Λ292	Τηγάνι	11.7	2.0	1.65
Λ293	Άνω Μερά	8.6	5.7	1.19
Λ295	Φτελιάς	14.2	3.6	2.00
Λ299	Καλαφάτη	9.3	2.9	1.45
Λ301	Αεροδρόμιο	2.9	2.7	1.19
Λ302	Ελιά	12.7	3.4	1.37
Λ303	Αγ. Ιωάννης	4.7	1.6	1.19
Λ304	Ορνός	8.6	3.1	1.14
Λ316	Ν. Δήλος	0.6	0.9	0.17
Σύνολο νήσου:		127.8	6.4	1.43

Η κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης της νήσου Μυκόνου έγινε σε τέσσερις ευρύτερες ομάδες, με βάση την ταξινόμηση κατά ΕΣΥΕ του γεωγραφικού υποβάθρου "Corine land cover" για τα νησιά. Η συντριπτική πλειοψηφία των χρήσεων γης της νήσου εμπίπτει στην κατηγορία των γεωργικών περιοχών, με ποσοστό ίσο με το 81,2% της έκτασης. Η κατηγορία των δασών και ημιφυσικών περιοχών αντιστοιχεί στο 15,6% της έκτασης ενώ η κατηγορία των τεχνητών περιοχών μόλις στο 2,6%. Αναλυτικά, τα ποσοστά των χρήσεων γης ανά λεκάνη απορροής παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.3: Ποσοστά Χρήσεων Γης

Αριθμός λεκάνης	Όνομα Λεκάνης	Γεωργικές περιοχές	Δάση και ημιφυσικές περιοχές	Τεχνητές περιοχές	Εκτάσεις που καλύπτονται από νερά
Λ285	Πάνορμος	71.3%	28.7%	0.0%	0.0%
Λ286	Μαύρος	38.9%	61.1%	0.0%	0.0%
Λ289	Κάτω Λιβαδιά	87.8%	12.2%	0.0%	0.0%
Λ290	Μύκονος	81.2%	0.0%	18.8%	0.0%
Λ291	Μαράθι	84.2%	10.8%	1.2%	3.8%
Λ292	Τηγάνι	81.4%	18.6%	0.0%	0.0%
Λ293	Άνω Μερά	91.1%	5.0%	1.8%	2.0%
Λ295	Φτελιάς	71.9%	28.1%	0.0%	0.0%
Λ299	Καλαφάτη	92.7%	6.7%	0.6%	0.0%
Λ301	Αεροδρόμιο	86.2%	0.0%	13.8%	0.0%
Λ302	Ελιά	80.0%	18.9%	1.2%	0.0%



Χάρτης 2.4: Χρήσεις Γης και Λεκάνες Απορροής

2.3.3 Υδρογεωλογία (Δασκαλάκης Κων/νος κ.α, 2000)

Η νήσος Μύκονος ανήκει στη Πελαγονική Γεωτεκτονική ζώνη, στην οποία περιλαμβάνεται όλη η Αττικοκυκλαδική κρυσταλλοσχιστώδης μάζα. Από στρωματογραφικής άποψης μπορούν να αναγνωριστούν και στο χάρτη 2.6 οι ακόλουθες ενότητες λιθολογικών σχηματισμών: α) Τεταρτογενής αποθέσεις, β) Αττικοκυκλαδικό σύμπλεγμα, γ) μαγματικά και ηφαιστειακά πετρώματα, δ) πλουτώνια πετρώματα, ε) μεταμορφωμένα πετρώματα και πετρώματα μετασώματωσης, στ) αλλόχθονος σχηματισμός.

Το μεγαλύτερο μέρος της νήσου δομείται από γρανίτη και γρανοδιορίτη τα οποία πρωτογενώς χαρακτηρίζονται ως αδιαπέρατα πετρώματα. Ωστόσο, η παρουσία ρηγματώσεων έχει δημιουργήσει στον εν λόγω σχηματισμό δευτερογενές πορώδες σχετικά μικρής κλίμακας. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα νεότερης ηλικίας ρήγματα η διεύθυνση των οποίων είναι $B15^{\circ}-\Delta 20^{\circ}$ και τα οποία σε πολλές θέσεις δεν έχουν πληρωθεί από δευτερογενές υδατοστεγές υλικό, επιτρέποντας την κατείδυση του βρόχινου νερού. Ωστόσο και αυτές οι επιφάνειες ασυνέχειες μετά το βάθος των 10 - 15 m φράζουν από υδατοστεγές υλικό οπότε η διαπερατότητα μειώνεται δραστικά. Παρόλα τα παραπάνω, τα συγκεκριμένα ρήγματα αποτελούν τα μοναδικές δομικές μονάδες εντός των οποίων μπορούν να ανευρεθούν ποσότητες υπόγειου ύδατος. Την ίδια διεύθυνση με τα παραπάνω ρήγματα εμφανίζουν και οι χαραδρώσεις του νησιού, μαρτυρώντας την ρηξιγενή τους προέλευση. Μέσω αυτών των χαραδρώσεων, το ρέον ύδωρ μεταφέρει το προϊόν της αποσάθρωσης των γρανιτών, το οποίο συνίσταται από υλικό αμμόδους κοκκομετρίας, προς τα κατάντη των χειμάρρων, στους όρμους και κυρίως στο λεκανοπέδιο του Μαραθίου και της Άνω Μεράς. Αποτέλεσμα της απόθεσης αυτού του υλικού είναι η δημιουργία

προσχώσεων μικρού πάχους, οι οποίες επιτρέπουν τον σχηματισμό ασθενούς φρεάτιο υδροφόρου ορίζοντα. Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας δεν περιορίζεται μόνο εντός των προσχώσεων, αλλά εισχωρεί και στον μανδύα αποσάθρωσης του γρανιτικού πετρώματος. Εκτός των λεκανοπεδίων Μαραθίου και Άνω Μεράς, ως υδρολογικός σχηματισμός μπορούν να θεωρηθούν και οι αμμώδεις παραλίες του νησιού, οι οποίες όμως έχουν περιορισμένη έκταση και οι υδροφόροι που μπορούν να σχηματίσουν παρουσιάζονται υποβαθμισμένοι λόγω εισχώρησης του θαλάσσιου ύδατος. Η πιο αξιόλογη αμμώδης παραλιακή έκταση βρίσκεται στην περιοχή του Κόρφου, μεταξύ Μυκόνου και της χερσονήσου του ιακόφτη - Αναβολούσης. Εντός της έκτασης αυτής σχηματίζεται αξιοσημείωτος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος καλύπτει κάποιες αρδευτικές ανάγκες. Από όλα τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι η νήσος Μύκονος παρουσιάζεται ιδιαίτερα πτωχή από την άποψη των υδάτινων πόρων που διαθέτει.



Χάρτης 2.5: Υδρογεωλογικός χάρτης Μυκόνου



Χάρτης 2.6: Υδρολιθολογικός χάρτης Μυκόνου

2.4 Κόμβοι Προσφοράς Νερού

Στη νήσο Μύκονο υπάρχουν εγκατεστημένοι δύο μετεωρολογικοί σταθμοί. Πρόκειται για τον ομώνυμο μετεωρολογικό σταθμό της ΕΜΥ και το σταθμό Μαραθίου του ΥΠΑΑΤ. Τα δεδομένα του πρώτου περιλαμβάνουν χρονοσειρές βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και υγρασίας που διατέθηκαν από την αρμόδια Υπηρεσία σε μηνιαίο βήμα, ενώ του δεύτερου χρονοσειρές βροχόπτωσης και εξάτμισης σε ημερήσιο.

Όλα τα διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα της νήσου Μυκόνου, υπέστησαν τους ελέγχους, ανάλογα με το βήμα στο οποίο ήταν διαθέσιμα, με σκοπό από τις πρωτογενείς χρονοσειρές, να προκύψουν οι αντίστοιχες επεξεργασμένες. Ειδικά σε ό,τι αφορά τον έλεγχο ομοιογένειας των βροχομετρικών δεδομένων, τα αποτελέσματα της διερεύνησης με τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης, σύμφωνα με τον οποίο δεν προκύπτει κάποια ένδειξη ανομοιογένειας.

Η συμπλήρωση των μετεωρολογικών δεδομένων αφορά στη διαδικασία πλήρωσης των κενών των διαθέσιμων χρονοσειρών. Η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη συμπλήρωση των μετεωρολογικών παρατηρήσεων είναι η εποχιακή συσχέτιση. Στις περιπτώσεις που δεν ήταν εφικτή η εποχιακή συσχέτιση (με κύριο κριτήριο την τιμή του συντελεστή συσχέτισης), χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές. Οι χρονοσειρές για τις οποίες οι ελλείπουσες τιμές ήταν πάρα πολλές σε σχέση με το μέγεθός τους, δεν ήταν δυνατόν να συμπληρωθούν με στατιστικά αποδεκτές μεθόδους.

Η επιφανειακή ολοκλήρωση της σημειακής πληροφορίας των σταθμών, αποσκοπεί στην κατάρτιση μηνιαίων χρονοσειρών επιφανειακής βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, σε κάθε λεκάνη απορροής του νησιού, ώστε να χρησιμοποιηθούν αργότερα ως δεδομένα εισόδου στο μοντέλο βροχής απορροής. Βασίζεται στην επιλογή του πλέον αντιπροσωπευτικού μετεωρολογικού σταθμού (σταθμός βάσης) για κάθε λεκάνη απορροής, από τον οποίο με κατάλληλη υψομετρική αναγωγή προκύπτει η επιφανειακή μεταβλητή. Στην υψομετρική αναγωγή, για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, υπεισέρχεται η υπολογισμένη βροχοβαθμίδα και θερμοβαθμίδα της περιοχής.

Η χρήση του αδρομερούς μοντέλου βροχής – απορροής αποσκοπεί στην όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση των διεργασιών του υδρολογικού κύκλου, σε επίπεδο λεκάνης απορροής, ακόμα και σε περιοχές που δεν υπάρχουν υδρομετρικά δεδομένα για ρύθμιση. Η εφαρμογή του μοντέλου γίνεται σε όλες τις υδρολογικές λεκάνες της νήσου Μυκόνου, για το χρονικό διάστημα της κοινής περιόδου (10/1985 – 9/2001), σε μηνιαίο βήμα. Το μοντέλο χρησιμοποιεί τις επιφανειακές χρονοσειρές βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Για την επίλυση του σημαντικότερου προβλήματος της λειψυδρίας στη νήσο Μύκονο εφαρμόζονται σήμερα διάφορες λύσεις. Αυτές είναι Α) Κατασκευή και λειτουργία 2 ταμιευτήρων, Β) Μονάδες Αφαλάτωσης, Γ) Γεωτρήσεις και φρέατα, Δ) Μεταφορά νερού.

Α) Φράγματα-Ταμιευτήρες

Τα φράγματα χρησιμοποιούνται ώστε να συλλέγεται το νερό των ποταμών και των χειμάρρων με εκμετάλλευση των έντονων κλίσεων και των μεγάλων υψομετρικών διαφορών των εδαφών των νησιών. Το έντονο ανάγλυφο των νησιών του Αιγαίου διευκολύνει το σχηματισμό χειμάρρων που μεταφέρουν νερό προς τη θάλασσα, για αυτό το λόγο κατασκευάστηκαν τα φράγματα που θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Στη νήσο Μύκονο έχουν κατασκευαστεί και βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία δύο (2) Ταμιευτήρες, το φράγμα Μαραθίου και το φράγμα Άνω Μεράς. Το Φράγμα Μαραθίου (Εικόνα 2.2) στη Μύκονο κατασκευάστηκε στη βορειοδυτική πλευρά του Νησιού, σε ευθεία απόσταση από την Χώρα της Μυκόνου τέσσερα km περίπου, επί του χειμάρρου Μαραθιά σε απόσταση 500 m περίπου από την θάλασσα. Σκοπός του έργου είναι η αξιοποίηση των επιφανειακών απορροών για την αντιμετώπιση των αναγκών σε νερό ύδρευσης αλλά και άρδευσης λόγω των αυξημένων αναγκών που παρουσιάζονται κατά τους θερινούς μήνες. Το φράγμα Άνω Μεράς βρίσκεται στη βορειοανατολική πλευρά του νησιού, σε ευθεία απόσταση από τη χώρα της Μυκόνου 10 km περίπου, επί του χειμάρρου Μαού Λαγκάδα σε απόσταση 600 m περίπου από τη θάλασσα. Σκοπός του έργου είναι η αξιοποίηση των επιφανειακών απορροών για την αντιμετώπιση των αναγκών σε νερό άρδευσης αλλά και ύδρευσης.

Τα φράγματα Μαραθίου και Άνω Μεράς που έχουν ήδη κατασκευαστεί, είναι τύπου βαρύτητας από RCC (Rolled Compacted Concrete – Ισχύο Κυλινδρούμενο Σκυρόδεμα) με ενσωματωμένο υπερχειλιστή. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα φράγματα

αυτού του τύπου είναι σχετικά νέας τεχνολογίας, έχουν μικρότερο κόστος και κατασκευάζονται ταχύτερα από τα αντίστοιχου μεγέθους λιθόρριπτα και χωμάτινα. Η κατασκευή τους όμως απαιτεί βραχώδες υπόβαθρο και διαθέσιμα υλικά καλής μηχανικής αντοχής σε γειτονικό λατομείο, κάτι που δεν είναι πάντα εφικτό σε όλα τα νησιά. Τα προαναφερόμενα φράγματα έχουν ως υλικό κατασκευής γρανιτικά πετρώματα πάνω στα οποία και θεμελιώθηκαν και τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.2: Ταμιευτήρας Μαραθίου

Πίνακας 2.4: Χαρακτηριστικά στοιχεία των 2 Ταμιευτήρων (Μαμάσης, 2009)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ		
Χαρακτηριστικά	Μαράθι	Άνω Μερά
Ωφέλιμο απόθεμα (hm ³)	2.85	0.96
Συνολικό απόθεμα (hm ³)	2.95	1.09
Ύψος αναχώματος (m)	30	31
Όγκος αναχώματος (m ³)	32250	44000
Μήκος στέψης (m)	265	170
Πλάτος στέψης (m)	5	5
Επιφάνεια λίμνης (km ²)	0.5	0.15
Στέψη υπερχειλιστή (m)	32.5	
Επιφάνεια λεκάνης (km ²)	9.6	6.5
Μέση ετήσια εισροή (Μελέτη φράγματος) (hm ³)	0.6	0.34
Μέση ετήσια εισροή (Μελέτη Κ/Ξ) (hm ³)	0.22	0.13
Έτος κατασκευής	1992	1991
Έτος λειτουργίας	2000	2001

Οι πρωτογενείς χρονοσειρές των μετεωρολογικών σταθμού της νήσου καταχωρήθηκαν στη βάση δεδομένων του Υδρογνώμονα. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, οι χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου για τη λειτουργία του Υδρονομέα, δεδομένα που είναι απαραίτητα για τον κόμβο των ταμιευτήρων, παρουσιάζονται στο τέλος.

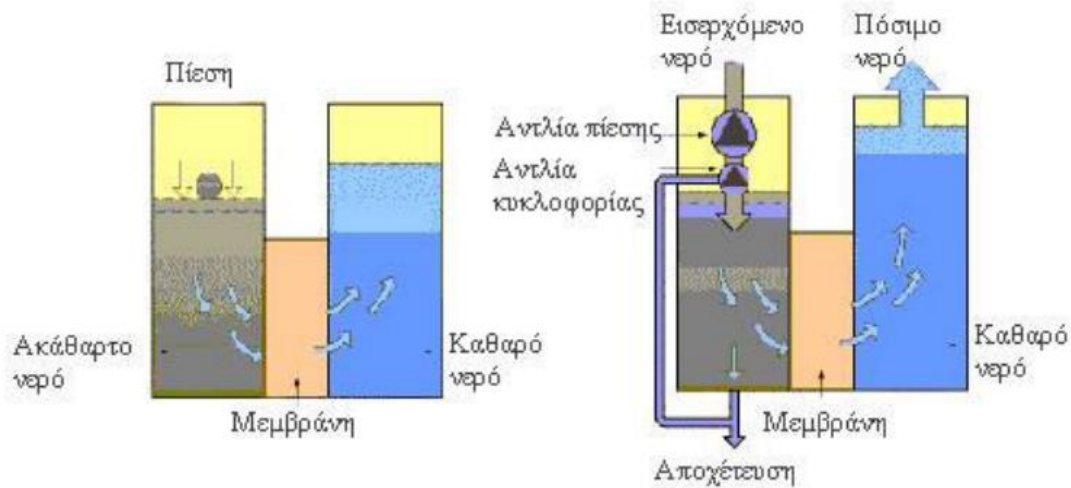
2) Μονάδες Αφαλάτωσης

Η αφαλάτωση είναι μια διεργασία μέσω της οποίας απομακρύνονται τα άλατα από το νερό, το οποίο μπορεί να είναι είτε υφάλμυρο είτε θαλασσινό και χρησιμοποιείται για διάφορους λόγους μεταξύ των οποίων και η παραγωγή πόσιμου νερού. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, όπως η τοποθεσία, οι ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής, η διαθέσιμη ενέργεια, η προέλευση του νερού, κ.α.

Οι αφαλατώσεις που λειτουργούν στα νησιά του Αιγαίου έχουν «βοηθητικό» ρόλο, δηλαδή συμπληρώνουν την παροχή του νερού ύδρευσης, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η ζήτηση αυξάνεται.

Στη νήσο υπάρχουν σε λειτουργία πέντε μονάδες αφαλάτωσης, στη θέση 'Κόρφος Μυκών' του Δήμου Μυκονίων, όπου χρησιμοποιούν αντίστροφη όσμωση. Η μέθοδος της Αντίστροφης Όσμωσης είναι σχετικά νέα, με εμπορική επιτυχία από τις αρχές του 70' (Κορωνάιος, 2006). Η μέθοδος αυτή αποτελεί ίσως το πιο διαδεδομένο τρόπο αφαλάτωσης αλατούχου νερού, καθώς μπορεί να παράγει υψηλής ποιότητας νερό ύδρευσης.

Η όσμωση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δύο διαλύματα, όταν χωρίζονται από μία ημιπερατή μεμβράνη, το νερό θα περάσει και θα κινηθεί από το αραιότερο προς το πυκνότερο διάλυμα, ώστε το τελευταίο να αραιωθεί και τελικά να γίνει και αυτό το ίδιο καθαρό. Το αντίθετο της όσμωσης είναι η αντίστροφη όσμωση, όπου το προς καθαρισμό νερό πιέζεται να περάσει μέσα από μία μεμβράνη η οποία επιτρέπει επιλεκτικά μόνο τα μόρια του νερού να περάσουν μέσα από αυτήν (Εικόνα 2.3). Το εξερχόμενο νερό είναι ελεύθερο από κάθε είδους ακαθαρσίες, από σκουριές, άλατα, οργανικές ουσίες, λιπάσματα, παρασιτοκτόνα, μέχρι και κάθε είδους επικίνδυνους μικροοργανισμούς, βακτήρια και ιούς. Οι παραπάνω προσμίξεις απορρίπτονται στην αποχέτευση μαζί με ένα ποσοστό νερού.



Εικόνα 2.3: Λειτουργία Αντίστροφης όσμωσης (Ζώταλης, 2012)

Η αντίστροφη όσμωση είναι μια από τις πλέον σύγχρονες τεχνολογίες αφαλάτωσης, κατακτώντας ολοένα και περισσότερο μεγαλύτερο μερίδιο στην παγκόσμια αγορά, έναντι των παλαιότερων συμβατικών μεθόδων της απόσταξης. Για μεγέθη κάτω των 20000 κυβικών ημερησίως είναι η πλέον οικονομική από πλευράς κόστους κτήσης (μεμβράνες, αντλίες υψηλής πίεσης), από πλευράς κόστους λειτουργίας (ηλεκτρική ενέργεια, χημικά), όσο και από πλευράς συντήρησης (ανταλλακτικά, αναλώσιμα). Τελευταία μάλιστα, λόγω της δυναμικής εξάπλωσής της και των νέων ανακαλύψεων στο χώρο των μεμβρανών, τα παραπάνω κόστη έχουν υποδιπλασιαστεί από τα αντίστοιχα κόστη πριν από δέκα χρόνια. Παρόλα αυτά όμως η τεχνική της αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού παραμένει μια δύσκολη υπόθεση, μια ιδιαίτερα ευαίσθητη φυσικοχημική διεργασία και σαν τέτοια εξακολουθεί να είναι ακριβή. Το παραγόμενο νερό αποτελεί βιομηχανικό προϊόν (Ζώταλης, 2012).

Λειτουργούν τρεις καινούργιες μονάδες, με καθαρή παροχή 250 m³/day έκαστη και δύο παλαιότερες μονάδες, με καθαρή παροχή 550 m³/day έκαστη. Συνήθως βρίσκονται σε λειτουργία οι τέσσερις από τις πέντε μονάδες και παράγουν περίπου 2000 m³/day, με 14-16 ώρες λειτουργίας ημερησίως. Οι μονάδες αυτές καλύπτουν το 100% της πόλης καθώς και την ευρύτερη περιοχή. Η λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης, λόγω της φύσης τους (μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης) δεν είναι δυνατό να διακοπεί, ακόμα και όταν η ζήτηση νερού μπορεί να καλυφθεί με άλλα μέσα (πηγές, γεωτρήσεις). Για λόγους συντήρησης, οι μονάδες αυτές λειτουργούν όλο τον χρόνο, με μειωμένη όμως παροχή κατά τους χειμερινούς μήνες. Ένας μέσος όρος λειτουργίας που συνήθως απαιτείται για την συντήρηση των μεμβρανών τους χειμερινούς μήνες είναι πέντε ώρες την ημέρα (Μαμάσης, 2009).

3) Γεωτρήσεις και φρεάτια

Στη νήσο Μύκονο η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών γίνεται επίσης με προμήθεια νερού από περίπου 1000 ιδιωτικές γεωτρήσεις οι οποίες υπολογίζονται με παροχές από 1,5 έως 10 m³/ώρα. Για την ύδρευση του ΔΔ Ανω Μεράς συγκεκριμένα

χρησιμοποιείται και μία γεώτρηση στη θέση Αγ. Σοφία παροχής 3,5 m³/ωρα με ετήσιες απολήψεις 15000 m³. Η ετήσια εκμετελλεύσιμη ποσότητα είναι περίπου 580000 m³.

Οι γεωτρήσεις και τα φρέατα παρέχουν συνήθως νερό χαμής ποιότητας με αυξημένη περιεκτικότητα σε άλας. Οι ποσότητες των υδάτων των υπόγειων υδροφορέων δεν είναι σε θέση να καλύψουν την υψηλή ζήτηση, καθώς η υπεράντληση των αποθεμάτων του υδροφόρου ορίζοντα κάθε νησιού οδηγεί σε περαιτέρω επιδείνωση της ποιότητας του νερού αυτού.

4) Μεταφορά νερού με πλοία

Στο νησί, όπως και στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, υπάρχει αντλιοστάσιο μεταφοράς πόσιμου νερού από υδροφόρα πλοία προς τις κεντρικές δεξαμενές ύδρευσης της Χώρας Μυκόνου. Η λύση αυτή είναι απλή καθώς δεν απαιτεί ιδιαίτερες υποδομές, αλλά το σημαντικό της μειονέκτημα είναι το μεγάλο κόστος. Συχνά μάλιστα δημιουργούνται συνθήκες μονοπωλίου, κάτι που δεν συμφέρει οικονομικά τις τοπικές κοινωνίες. Επίσης η παραπάνω λύση έχει επίσης και περιβαλλοντικό κόστος από τα καυσαέρια των πλοίων που μολύνουν τον αέρα αλλά και τη θάλασσα. Τέλος αρκετές φορές, λόγω μη τήρησης των κανόνων υγιεινής, το νερό που φτάνει στα σπίτια των κατοίκων των περιοχών αυτών, μπορεί να μην είναι της καλύτερης δυνατής ποιότητας.

Πίνακας 2.5: Ποσότητες μεταφοράς νερού στα νησιά των Κυκλάδων (Kaldelis, et.al, 2004)

Νησί	Έτος					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Αμοργός	59.721	62.012	72.400	39.824	56.200	51.778
Κουφονήσι	68.540	83.992	77.241	86.136	91.439	84.245
Κίμωλος	41.585	53.089	48.055	72.011	88.431	81.474
Ηρακλεία	15.231	19.457	22.729	26.705	35.628	32.825
Σχοινούσα	23.640	35.731	10.067	34.160	41.673	38.394
Φολέγανδρος	20.220	16.376	29.844	37.359	48.481	44.667
Τήνος	-	-	-	110.143	105.112	96.842
Σίκινο	-	-	-	29.348	42.699	39.540
Θυρασιά	-	-	-	-	24.211	22.906
Δονούσα	-	-	-	-	880	-
Μήλος	-	-	-	-	139.863	128.859
Σύνολο	228.937	270.657	260.336	435.686	674.617	621.541

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ζήτηση νερού

Η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών έρχεται σε πρώτη προτεραιότητα τόσο γιατί πρέπει να καλυφθούν οι υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού όσο και για την συντήρηση του βασικότερου τομέα της οικονομίας των νησιών, τον τουρισμό. Σε δεύτερη προτεραιότητα έρχεται το νερό για την άρδευση και την κάλυψη των κτηνοτροφικών αναγκών αφού στα περισσότερα νησιά (συνήθως τα μικρά) ο πρωτογενής τομέας δεν αποτελεί τον κύριο παράγοντα της οικονομίας τους και στη συνέχεια το νερό για βιομηχανική χρήση η οποία ούτως ή άλλως είναι μικρή στα νησιά. Μεγαλύτερα νησιά (π.χ. Λέσβος, Χίος, Ρόδος) τα οποία έχουν τους εδαφικούς πόρους για ανάπτυξη εντατικής καλλιέργειας απαιτούν σημαντικές ποσότητες νερού οι οποίες συναγωνίζονται με αυτές για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Και σε αυτή την περίπτωση πρώτη προτεραιότητα είναι η ύδρευση και έπειτα η κατασκευή εγχειοβελτιωτικών έργων τα οποία θα καλύψουν τις ανάγκες του νησιού για άρδευση.

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στη συνέχεια και που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, έχουν αντληθεί από την “Μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων Κυκλάδων” (Δασκαλάκης Κων/νος κ.α, 2000)

3.1 Ύδρευση

Η εκτίμηση των σημερινών αναγκών σε νερό για την ύδρευση των κατοίκων, είναι δυνατόν να γίνει είτε με βάση τα στοιχεία κατανάλωσης του νερού ύδρευσης των ΟΤΑ ή ΔΕΥΑ, είτε με βάση τον πραγματικό πληθυσμό. Οι περισσότεροι Δήμοι ή Δημοτικές Υπηρεσίες Ύδρευσης και Αποχέτευσης διαθέτουν στοιχεία κατανάλωσης με τα οποία γίνεται και η κοστολόγηση του νερού. Παρατηρείται επίσης το φαινόμενο, μικροί κυρίως Δήμοι να παρέχουν το νερό ύδρευσης δωρεάν χωρίς να γίνονται μετρήσεις και συνεπώς δεν διαθέτουν στοιχεία κατανάλωσης. Επιπλέον, υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στη μέθοδο καταχώρησης των καταναλώσεων ανάμεσα στους Δήμους των νήσων του Αιγαίου. Οι καταχωρήσεις των καταναλώσεων κυμαίνονται από χειρόγραφες (σε καταλόγους κατανάλωσης ή σε χρηματικούς καταλόγους) έως καταχωρημένες σε ηλεκτρονικά αρχεία. Διαφοροποίηση μεταξύ των Δήμων επίσης παρατηρείται στη χρονική περίοδο για τις μετρήσεις των καταναλώσεων, που κυμαίνονται ανά δίμηνο, τρίμηνο, εξάμηνο έως και χρόνο. Τα τιμολόγια είναι προφανώς διαφορετικά για κάθε Φορέα και είναι είτε ενιαία είτε κλιμακωτά.

Όπως αναφέρθηκε, ο υπολογισμός της ζήτησης νερού ύδρευσης μέσω των μετρημένων καταναλώσεων, οι οποίες δόθηκαν από τους Δήμους και τις ΔΕΥΑ, παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα. Για το λόγο αυτό οι ανάγκες σε νερό ύδρευσης υπολογίζονται με βάση τα πληθυσμιακά στοιχεία που τηρούνται από την ΕΣΥΕ, και συγκεκριμένα τον πραγματικό πληθυσμό των απογραφών. Τα στοιχεία αυτά περιελήφθησαν σε πίνακες στα ερωτηματολόγια που εστάλησαν στους ΟΤΑ, για επιβεβαίωση και επικαιροποίηση. Για την προβολή των πληθυσμιακών στοιχείων τόσο στο 2005 όσο και στο μέλλον γίνεται χρήση του Μέσου Ετήσιου Ρυθμού

Μεταβολής (MEPM) του πραγματικού πληθυσμού και των παραθεριστών (εποχιακός πληθυσμός) των νησιών του Αιγαίου.

Η σημερινή μέση ημερήσια κατανάλωση νερού σε Δήμους με πληθυσμό παρόμοιο με αυτόν της πλειονότητας των νησιών του Αιγαίου εκτιμάται ότι κυμαίνεται από 100 l/cap/day έως 150 l/cap/day. Η εκτίμηση αυτή στηρίζεται σε πολλές και πρόσφατες μελέτες ύδρευσης και σε καταναλώσεις υπολογισμένες από τις διάφορες Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης. Προς επίρρωση της παραπάνω εκτίμησης αναφέρεται ότι η μέση ημερήσια σημερινή κατανάλωση στην πόλη των Αθηνών εκτιμάται περί τα 230 l/cap-day, όπου φυσικά περιλαμβάνονται και οι μεγάλες καταναλώσεις δημοσίων χρήσεων που έχει μία πρωτεύουσα, νοσοκομείων, πλυντηρίων και άλλων υδροβόρων δραστηριοτήτων, οι οποίες λείπουν από τους περισσότερους Δήμους της περιοχής που μελετάται. Σε άλλες πόλεις της Ελλάδας αναφέρονται μέσες καταναλώσεις μικρότερες των 150 l/cap/day.

Σχεδόν σε όλα τα εγχειρίδια και ειδικά βιβλία υδρεύσεων η μέση ημερήσια υδατοκατανάλωση του ανθρώπου ανέρχεται από 70 έως 150 l/cap/day, εκτός από τα αναφερόμενα στις ΗΠΑ, τα οποία δίδουν από 150 έως 300 l/cap/day. Επειδή όμως τα στοιχεία για τις ΗΠΑ προβλέπεται να εξυπηρετούν τις πόλεις σε καθεστώς αφθονίας του νερού δεν κρίνεται ότι ταιριάζουν στις συνήθειες της περιοχής μας.

Οι μελέτες ύδρευσης χρησιμοποιούν αρκετές φορές σαν βάση, μέσες ημερήσιες καταναλώσεις νερού 200 - 250 l/cap/day. Η χρήση των αυξημένων αυτών καταναλώσεων γίνεται συνήθως ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο υποδιαστασιολόγησης του δικτύου ύδρευσης (και ιδίως των κυρίων αγωγών και των προσαγωγών), το οποίο μελετάται για τα επόμενα 40 χρόνια. Για την κάλυψη των αναγκών δημοσίας χρήσεως στη βιβλιογραφία αναφέρονται αυξήσεις από 1% για μικρές κοινότητες μέχρι και 20% για τις μεγάλες πόλεις.

Για τις απώλειες των δικτύων στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι απώλειες με κακή κατασκευή είναι της τάξεως του 5 - 10%. Βέβαια στην περίπτωση των Αθηνών αναφέρονται απώλειες μέχρι και 30% όμως το ποσοστό αυτό αμφισβητείται από την ΕΥΔΑΠ. Επίσης σε πολλές αναφορές για την κατάσταση υφισταμένων δικτύων στην περιοχή της μελέτης τα υφιστάμενα δίκτυα περιγράφονται ως προβληματικά.

Γενικά όμως πρέπει να παρατηρηθεί ότι μετά την συνένωση των Κοινοτήτων στους Καποδιστριακούς Δήμους, άρχισε ένα ευρύ πρόγραμμα μελετών, ανακαινίσεων, συμπληρώσεων και κατασκευών νέων δικτύων ύδρευσης. Οι νέοι Δήμοι αντιμετώπισαν τα δίκτυα ύδρευσης σαν πρώτη ανάγκη έργων. Η πλειονότητα των δικτύων αυτών μελετάται και κατασκευάζεται από αγωγούς πολυαιθυλενίου, οι οποίοι έχουν πολύ λιγότερες αλλά και ασφαλέστερες συνδέσεις με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση των απωλειών.

Για κάθε Δημοτικό Διαμέρισμα οι απώλειες του δικτύου προσεγγίσθηκαν τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση όσο και για τις μελλοντικές απαιτήσεις συνυπολογίζοντας την παλαιότητα του δικτύου (από 5% για τα νέα δίκτυα έως και 40% για τα παλαιά), συνεκτιμώντας ανά περίπτωση τις διαθέσιμες από τους Δήμους ή ΔΕΥΑ πληροφορίες

για τυχόν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκάστοτε τοπικού δικτύου. Ως διοικητική υποδιαίρεση για τον υπολογισμό της ζήτησης του νερού ύδρευσης χρησιμοποιήθηκε το Δημοτικό Διαμέρισμα.

3.1.1 Ζήτηση νερού Ύδρευσης Μυκόνου – Πραγματικός πληθυσμός

Η περιοχή του Κεντρικού και Νότιου Αιγαίου, χαρακτηρίζεται σαν μια από τις πλέον άνυδρες περιοχές της χώρας, ιδιαίτερα τα τελευταία τριάντα χρόνια οπότε και καταγράφεται μια σταθερή μείωση των ετήσιων βροχοπτώσεων. Τα λεγόμενα άνυδρα νησιά είναι αυτά όπου η μικρή τους έκταση και οι υδρογεωλογικές και κλιματικές συνθήκες που επικρατούν δεν δημιουργούν ευνοϊκές προϋποθέσεις για την ύπαρξη νερού ικανής παροχής και ποιότητας από εντόπιες πηγές για την κάλυψη των αναγκών τους.

Η αποκλειστική σχεδόν χρήση των υπόγειων νερών για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών οδήγησαν στην υπερεκμετάλλευσή τους καθιστώντας το νερό στα περισσότερα νησιά ως ένα φυσικό πόρο σε ανεπάρκεια. Μάλιστα στις περιοχές όπου η γεωλογική διαμόρφωση δεν προστατεύει τον τοπικό υδροφόρο ορίζοντα από τη διείσδυση του θαλάσσιου νερού, τα αποθέματα έχουν υφαιμυρωθεί. Αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν προβλήματα στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη των νησιών αυτών και η υδροτροφοδοσία τους να απαιτεί τη μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία, η οποία όμως πολλές φορές είναι ανεπαρκής λόγω της απόστασης μεταξύ των νησιών και του μεγάλου αριθμού τους.

Η ανεπαρκής τροφοδότηση των πληθυσμών με (πόσιμο ή και οικιακής χρήσης) νερό συνεπάγεται υποβάθμιση της ποιότητας ζωής, και τελικά τη δυνητική ανάσχεση της οικονομικής ανάπτυξης. Μάλιστα η αρδευόμενη γεωργία στα νησιά, περιορισμένη από την έλλειψη υδατικών και εδαφικών πόρων και τη μονομερή ανάπτυξη των τουριστικών δραστηριοτήτων, τείνει να εγκαταλειφθεί.

Το πρόβλημα εκδηλώνεται με αυξανόμενη οξύτητα τα τελευταία χρόνια και η διαφαινόμενη τάση είναι να ενταθεί καθώς τα δημογραφικά μεγέθη (του μόνιμου και κυρίως του εποχιακού πληθυσμού) ακολουθούν θετικούς ρυθμούς μεταβολής, δεν έχει χαραχθεί πολιτική πρόβλεψης και πρόληψης των επιπτώσεων από την αυξανόμενη ζήτηση υπηρεσιών ύδρευσης/αποχέτευσης και δεν υποστηρίζεται η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού. Η ζήτηση είναι δυσανάλογα αυξανόμενη σε σχέση με την αύξηση του πληθυσμού αλλά και του τουρισμού (τα τελευταία πέντε χρόνια σε πολλά νησιά σχεδόν τριπλασιάστηκε π.χ. Σύμη, Πάτμος, Λειψοί κλπ).

Πίνακας 3.1: Απολήψεις και καταναλώσεις νερού στο Δ.Δ. Μυκόνου

ΕΤΟΣ	ΕΞΑΜΗΝΟ	ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ (m ³)	Τ/Δ ΜΑΡΑΘΙΟΥ (m ³)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³)	ΣΥΝΟΛΑ
1998	A	72825		178177	
1998	B	142549		261416	439593
1999	A	56087		191774	
1999	B	138683		246152	437926
2000	A	86200		234090	
2000	B	84000		293960	528050
2001	A	43650	234982	278632	
2001	B	182234	183630	365864	644496
2002	A	129806	127363	257169	
2002	B	123776	326785	450561	707730
2003	A	34856	271828	306684	
2003	B	47354	442404	489758	796442

Πίνακας 3.2: Συνολική ημερήσια υδατοκατανάλωση πραγματικού πληθυσμού

Ανάγκες νερού	Υφιστάμενες	
	Μεγάλοι Δήμοι	Μικροί Δήμοι
Υδατοκατανάλωση Πραγματικού Πληθυσμού	150 l/cap-day	120 l/cap-day
Ανάγκες Δημόσιας Χρήσης	10%	10%
Απώλειες δικτύων**	20%	20%
Λοιπές ανάγκες***	5%	5%
Συνολική ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο	208 l/cap-day	166 l/cap-day

3.1.2 Ζήτηση νερού Ύδρευσης Μυκόνου – Εποχικός πληθυσμός

Για τον υπολογισμό των αναγκών ύδρευσης του εποχιακού πληθυσμού χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των διανυκτερεύσεων που παρέχει η ΕΣΥΕ ανά Δημοτικό Διαμέρισμα, καθώς και συντελεστές ημερήσιας υδατοκατανάλωσης ανά παραθεριστή. Για τον υπολογισμό της συνολικής ζήτησης νερού ύδρευσης του εποχικού πληθυσμού συνυπολογίστηκαν οι επισκέπτες των νησιών οι οποίοι δεν χρησιμοποιούν ξενοδοχειακά καταλύματα για την διαμονή τους, καθώς επίσης και αυτοί που διαμένουν σε δωμάτια τα οποία δεν είναι πιστοποιημένα από τον ΕΟΤ.

Η κατανάλωση του νερού ύδρευσης του εποχιακού πληθυσμού ο οποίος διαμένει σε ξενοδοχεία και ενοικιαζόμενα δωμάτια υπολογίζεται από τις διανυκτερεύσεις που παρέχει η ΕΣΥΕ και τις υδατοκαταναλώσεις που παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα.

Για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας υδατοκατανάλωσης του εποχιακού πληθυσμού λήφθηκε αυτή του πραγματικού πληθυσμού αυξημένη κατά 50%. Η λογική των μειωμένων αναγκών των παραθεριστών στα Δημοτικά Διαμερίσματα των μικρών Δήμων (<1000 κατοίκων) στηρίζεται στο ότι στους μικρούς Δήμους αναμένεται δημιουργία ενοικιαζόμενων δωματίων και μικρών ξενοδοχείων παρά μεγάλων ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων. Η χρονική διάρκεια της τουριστικής περιόδου θεωρείται κατ' αρχήν το πεντάμηνο Μαΐου – Σεπτεμβρίου.

Πίνακας 3.3: Μέση ημερήσια υδατοκατανάλωση εποχικού πληθυσμού

	Σημερινές		10ετίας	
	Μεγάλοι Δήμοι	Μικροί Δήμοι	Μεγάλοι Δήμοι	Μικροί Δήμοι
Εποχικός Πληθυσμός	225 l/cap-day	180 l/cap-day	300 l/cap-day	240 l/cap-day

Επιπλέον, υπάρχει ένας αριθμός τουριστών, οι οποίοι διαμένουν σε ενοικιαζόμενα δωμάτια, τα οποία δεν είναι πιστοποιημένα από τον ΕΟΤ και δεν καταγράφονται στα στοιχεία των διανυκτερεύσεων της ΕΣΥΕ. Για το λόγο αυτό θεωρούμεσε προσαύξηση των διανυκτερεύσεων στα νησιά κατά 10%.

Σημαντικό ρόλο στη ζήτηση νερού ύδρευσης ασκούν και οι κάτοικοι, οι οποίοι διαμένουν στα νησιά τους καλοκαιρινούς μόνο μήνες σε ιδιόκτητα σπίτια (γηγενής τουρισμός). Σε πολλά νησιά το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα υψηλό.

Για τη νήσο Μύκονο με βάση τις ιδιαιτερότητες του νησιού (βιομηχανία τουρισμού) για το δδ Μυκόνου ο γηγενής τουρισμός λαμβάνεται 20% του μόνιμου (ποσοστό σχετικά χαμηλό με τις υπόλοιπες Κυκλάδες) και στο δδ Άνω Μεράς 50%.

3.1.3 Ζήτηση νερού Ύδρευσης Μυκόνου – Συνολική εκτίμη αναγκών ύδρευσης Μυκόνου

Η νήσος Μύκονος υδρεύεται από μονάδες αφαλάτωσης, τα φράγματα Μαραθίου και Άνω Μεράς και από γεωτρήσεις – φρέατα περίπου 1000 τον αριθμό.

Για το δδ Μυκόνου για την ύδρευση, χρησιμοποιούνται πέντε μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού στη θέση Κόρφος Μυκών. Επίσης στην κάλυψη των υδρευτικών αναγκών συνεισφέρει και το φράγμα Μαραθίου όπως και κάποιες γεωτρήσεις. Στο δδ λειτουργούν 7 δεξαμενές όγκου 14500 m³. Το υφιστάμενο δίκτυο μήκους 45 km κατασκευασμένο από αμιαντοτσιμεντοσωλήνες, στη Χώρα από PVC και είναι σχετικά καλής ποιότητας.

Για το δδ Άνω Μεράς για την ύδρευση χρησιμοποιείται το φράγμα Άνω Μεράς και μία γεώτρηση στη θέση Αγ. Σοφία παροχής 3,5 m³/ώρα με ετήσιες απολήψεις 15000 m³. Το υφιστάμενο δίκτυο έχει μήκος 6 km, σχετικά καλής ποιότητας.

Οι συνολικές ανάγκες ύδρευσης ανά Δημοτικό Διαμέρισμα υπολογίσθηκαν όπως αναφέρεται στις προηγούμενες παραγράφους. Ο υπολογισμός τους γίνεται για τους μόνιμους κατοίκους, τους παραθεριστές και τις κτηνοτροφικές ανάγκες. Ο τελικός υπολογισμός καταλήγει στις υδρευτικές ανάγκες ανά Δήμο και ανά μήνα.

Η εκτίμηση των ετήσιων αναγκών ύδρευσης (m³) ανά Δήμο παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.4: Ετήσιες Ανάγκες Νερού Ύδρευσης ανά Δημοτικό διαμέρισμα

ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ (m ³ /έτος)
ΜΥΚΟΝΟΥ	1282715
ΑΝΩ ΜΕΡΑΣ	182206
ΣΥΝΟΛΟ	1464921

Ο παραπάνω υπολογισμός έγινε με απώλειες δικτύων 20%.

Για τη νήσο Μύκονο οι ετήσιες υδρευτικές ανάγκες υπολογίζονται σε **1464921m³**.

Παρακάτω παρουσιάζονται στους πίνακες οι ζήτηση νερού ανά δημοτικό διαμέρισμα ανά μήνα. Για λόγους απλοποίησης του προβλήματος θεωρήθηκε ότι κάθε έτος αυτή η ζήτηση δεν μεταβάλλεται.

Πίνακας 3.5: Κατανάλωση νερού Δ.Μυκόνου

ΜΗΝΑΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΙ				ΣΥΝΟΛΟ	
	ΜΟΝΙΜΟΙ ΚΑΤΟΙΚΟΙ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΜΕΓΑΛΑ ΖΩΑ	ΜΙΚΡΑ ΖΩΑ	ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ (m ³)	ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ (m ³)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	9.638	0	501	5.072	1.590	49.280
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	9.638	0	501	5.072	1.590	44.511
ΜΑΡΤΙΟΣ	9.638	0	501	5.072	2.008	62.260
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	9.638	933	501	5.072	2.271	68.126
ΜΑΪΟΣ	9.638	3.757	501	5.072	3.065	95.021
ΙΟΥΝΙΟΣ	9.638	5.840	501	5.072	3.679	110.378
ΙΟΥΛΙΟΣ	11.565	17.052	501	5.072	7.691	238.433
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	11.565	26.167	501	5.072	10.255	317.905
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	9.638	7.323	501	5.072	4.458	133.749
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9.638	903	501	5.072	2.262	70.135
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9.638	0	501	5.072	2.008	60.252
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	9.638	0	501	5.072	1.590	49.280

Πίνακας 3.6: Κατανάλωση νερού Δ.Ανω Μέρας

ΜΗΝΑΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΙ				ΣΥΝΟΛΟ	
	ΜΟΝΙΜΟΙ ΚΑΤΟΙΚΟΙ	ΠΑΡΑΘΕΡΙΣΤΕΣ	ΜΕΓΑΛΑ ΖΩΑ	ΜΙΚΡΑ ΖΩΑ	ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ (m ³)	ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ (m ³)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.691	0	661	6.718	311	9.654
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1.691	0	661	6.718	311	8.720
ΜΑΡΤΙΟΣ	1.691	0	661	6.718	417	12.940
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.691	0	661	6.718	417	12.523
ΜΑΪΟΣ	1.691	79	661	6.718	440	13.625
ΙΟΥΝΙΟΣ	1.691	209	661	6.718	514	15.415
ΙΟΥΛΙΟΣ	2.536	1.355	661	6.718	1.110	34.404
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2.536	2.484	661	6.718	1.428	44.254
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1.691	350	661	6.718	584	17.533
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.691	0	661	6.718	417	12.940
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1.691	0	661	6.718	417	12.523
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.691	0	661	6.718	311	9.654

3.2 Άρδευση

Στα νησιά του Αιγαίου η άρδευση αποτελεί μία σημαντική χρήση υδάτινων πόρων, η οποία όμως, στη συντριπτική πλειοψηφία των νησιών, δεν ευρίσκεται σε πρώτη προτεραιότητα, εξαιτίας της στενότητας διαθέσιμων υδατικών πόρων, της έλλειψης γεωργικής γης υψηλής αξίας και του οικονομικού προσανατολισμού των νησιών στον τουρισμό.

Οι παράγοντες που καθιστούν οικονομικά κερδοφόρα την άρδευση των καλλιεργειών είναι οι μεγάλες διαθέσιμες ποσότητες νερού άρδευσης και οι ενιαίες εκτάσεις γεωργικής γης. Στα περισσότερα νησιά και τα δύο προαναφερθέντα βρίσκονται σε έλλειψη. Μόνο στα μεγαλύτερα νησιά γίνεται μια προσπάθεια για άρδευση μέσω οργανωμένων δικτύων, το σύνηθες όμως είναι η άρδευση να γίνεται κυρίως μέσω ιδιωτικών γεωτρήσεων και τοπικών μικρών συλλογικών δικτύων.

Τα συστηματικά αρδευτικά δίκτυα είναι λίγα και είναι χαρακτηριστικό ότι το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων διαθέτει στοιχεία μόνο για πέντε ΤΟΕΒ στην περιοχή έργου που διαχειρίζονται συνολικά περί τα 4.500 στρέμματα. Υπάρχει επίσης ένας ΤΟΕΒ στην Νάουσα της Πάρου, ο οποίος σύμφωνα με τα υφιστάμενα διαθέσιμα στοιχεία δεν βρίσκεται υπό καθεστώς λειτουργίας. Τα τελευταία χρόνια γίνεται από τους Δήμους προσπάθεια ανάπτυξης και διαχείρισης αρδευτικών δικτύων.

Στο Υδατικό Διαμέρισμα (14) των Νήσων Αιγαίου, η συστηματική άρδευση δεν αποτελεί σημαντικό ποσοστό της συνολικής άρδευσης των καλλιεργειών. Στα περισσότερα νησιά δεν υπάρχουν οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα, ενώ έχουν θεσμοθετηθεί μόνο έξι (6) ΤΟΕΒ. Η άρδευση γίνεται κυρίως με ιδιωτικές γεωτρήσεις ή μικρά δημοτικά δίκτυα που διαχειρίζονται οι Δήμοι ή ενίοτε και οι Υπηρεσίες Ύδρευσης και Αποχέτευσης.

Οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) είναι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί και είναι αποκλειστικά υπεύθυνοι για την παροχή νερού άρδευσης. Η νομική τους μορφή έχει μετατραπεί σε Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου για να έχουν ευελιξία στις αποφάσεις τους και να αποδεσμευτούν από τον προληπτικό έλεγχο του Δημοσίου λογιστικού. Τα έργα που κατασκευάζονται με τη φροντίδα και τη δαπάνη του Κράτους διατίθενται προς χρήση στους ωφελούμενους παραγωγούς. Οι παραγωγοί αφού οργανωθούν σε οργανισμούς αναλαμβάνουν τη διοίκηση, τη λειτουργία και τη συντήρηση των έργων. Στο υδατικό διαμέρισμα των Νήσων Αιγαίου (14), όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν έξι (6) θεσμοθετημένοι ΤΟΕΒ από τους οποίους οι πέντε (5) είναι ενεργοί και αρδεύουν περίπου 4.500 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης.

Οι ΤΟΕΒ των Νήσων Αιγαίου είναι οι ακόλουθοι:

- ΤΟΕΒ Καρλοβασίου, Νήσου Σάμου
- ΤΟΕΒ Κάμπου Χώρας, Νήσου Σάμου
- ΤΟΕΒ Απολλακιάς, Νήσου Ρόδου
- ΤΟΕΒ Λίμνης Κοντιά, Νήσου Λήμνου
- ΤΟΕΒ Μεγάλης Λίμνης Αγιάσου, Νήσου Λέσβου
- ΤΟΕΒ Νάουσας Πάρου, Νήσου Πάρου (*ανενεργός*)

Είναι προφανές ότι το ποσοστό των αρδευόμενων εκτάσεων τις οποίες διαχειρίζονται οι ΤΟΕΒ είναι πολύ χαμηλό σε σχέση με τις συνολικώς αρδευόμενες εκτάσεις. Οι περισσότερες αρδευόμενες εκτάσεις είναι υπό την διαχείριση των Δήμων, οι οποίοι παρέχουν το νερό άρδευσης, αλλά και ιδιωτών, οι οποίοι αρδεύουν με ιδιωτικές γεωτρήσεις. Συχνό επίσης είναι το φαινόμενο η διαχείριση του νερού άρδευσης να γίνεται και από Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης παρά το γεγονός ότι δεν είναι μέσα στις αρμοδιότητες τους σύμφωνα με το Ν.1069/80 «Περί Κινήτρων δια την ίδρυση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης».

Μέθοδοι άρδευσης

Η διατήρηση και η αύξηση της γεωργικής παραγωγής που έχει ως συνέπεια την αύξηση του γεωργικού εισοδήματος επιτυγχάνεται σαφώς με την άρδευση των καλλιεργειών. Η άρδευση γίνεται με διάφορες μεθόδους, οι κυριότερες εκ των οποίων παρουσιάζονται στις ακόλουθες παραγράφους. Συγκεκριμένα, περιγράφεται ο τρόπος και το πεδίο εφαρμογής της κάθε μεθόδου και αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι η κατανόηση και η συνειδητοποίηση της σημαντικότητας του τρόπου άρδευσης, προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες και να υιοθετηθεί μια ορθολογικότερη προσέγγιση όσον αφορά την κατανάλωση του νερού προς άρδευση.

Η *επιφανειακή άρδευση* γίνεται με τη χρήση αυλάκων ή παράλληλων λωρίδων. Με τη μέθοδο αυτή αρδεύονται σκαλιστικές καλλιέργειες όπως βαμβάκι, αραβόσιτος, λαχανικά και άλλες. Για την επιτυχία της άρδευσης το χωράφι πρέπει να είναι οργωμένο και οι καλλιέργειες να είναι σπαρμένες γραμμικά. Η επιφανειακή άρδευση δεν είναι το βέλτιστο σύστημα άρδευσης, ιδιαίτερα σε περιοχές με έλλειψη υδατικών πόρων, διότι με το σύστημα αυτό έχουμε:

- μεγάλη κατανάλωση νερού
- έκπλυση θρεπτικών στοιχείων
- ανομοιόμορφο πότισμα.

Τα παραπάνω εμφανίζονται πιο έντονα στα αμμώδη εδάφη. Σημειώνεται όμως, ότι η εφαρμογή της επιφανειακής άρδευσης μπορεί να είναι αναγκαία εάν το είδος της καλλιέργειας ή ο τύπος του εδάφους το επιβάλλει, όπως εδάφη που εμφανίζουν προβλήματα συσσώρευσης αλάτων και καλλιέργειες όπως το ρύζι.

Με το *τεχνητή βροχή* νερό εφαρμόζεται σε όλο το χωράφι ομοιόμορφα. Ο ρυθμός με τον οποίο πρέπει να γίνεται η άρδευση πρέπει να είναι ίδιος με το ρυθμό που το έδαφος απορροφά το νερό, ώστε να μην έχουμε επιφανειακή απορροή. Για το σκοπό αυτό η επιλογή του μπεκ και της διάταξης των εκτοξευτήρων πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε η ένταση της βροχής να είναι ίση με την βασική διηθητικότητα του εδάφους και το μέσο ωριαίο ύψος βροχής να είναι ανάλογο με το ύψος, το οποίο αντιστοιχεί στον εδαφικόμύτυπο του χωραφιού.

Ο χρόνος εφαρμογής της άρδευσης πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε να αποφεύγεται η διήθηση του νερού σε βαθύτερα στρώματα. Με το σύστημα αυτό υπάρχουν συχνά απώλειες αρδευτικού νερού, όταν η άρδευση γίνεται σε λάθος ώρα (μεσημέρι 11πμ-3μμ), λόγω εξάτμισης. Επίσης, μπορεί να γίνει ανομοιόμορφο πότισμα, όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ακατάλληλες (φυσάει πάνω από πέντε βαθμούς της κλίμακας Beaufort). Με τις παραπάνω συνθήκες καλό είναι να αποφεύγεται η άρδευση. Οι σταγόνες διασπών τη δομή του επιφανειακού εδάφους, όταν κατά την εφαρμογή της τεχνητής βροχής εφαρμόζεται υψηλή πίεση στους εκτοξευτήρες. Το σύστημα αυτό πρέπει να αποφεύγεται, όταν η ποιότητα του αρδευτικού νερού δεν είναι καλή, καθώς τα άλατα από την άρδευση μένουν πάνω στα φύλλα και τους βλαστούς του φυτού.

Η άρδευση με σταγόνες εφαρμόζεται σε μέρος του εδάφους και συγκεκριμένα στην περιοχή του ριζικού συστήματος του φυτού. Η παροχή νερού από τους σταλακτήρες είναι πολύ μικρή, 2-3 L/h, με αποτέλεσμα όλο το νερό να διηθείται από το έδαφος και να μην απορρέει επιφανειακά. Δεδομένου ότι η άρδευση επαναλαμβάνεται καθημερινά για 2-3 ώρες για να καλύπτεται το νερό που εξατμίστηκε, δεν υπάρχουν απώλειες νερού από βαθιά διήθηση. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει: πλήρη έλεγχο της άρδευσης, μηδενική σχεδόν έκπλυση θρεπτικών στοιχείων, καλή λειτουργία σε επικλινή εδάφη και εκεί που η ποιότητα νερού είναι οριακά ανεκτή, μειωμένο κόστος εργασίας. Τέλος, δίνει τη δυνατότητα σταδιακής, κατά δόσεις, εφαρμογής υδρολίπανσης και εφαρμογής της λίπανσης. Τα μόνα μειονεκτήματα είναι το υψηλό αρχικό κόστος αγοράς και το υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας, που απαιτείται για τη λειτουργία και τη συντήρηση του (π.χ. μέριμνα για την αποφυγή της έμφραξης των σταλακτήρων).

Ανάγκες καλλιεργειών σε νερό – Αρδευτικές περίοδοι

Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό άρδευσης υπολογίστηκαν με την εφαρμογή τημεθόδου Blaney – Griddle. Η μεθοδολογία αυτή έχει εφαρμοσθεί σε όλες τις Γεωργοτεχνικές μελέτες που έχουν συνταχθεί για το Αιγαίο, είναι προσαρμοσμένη σε ικανοποιητικό βαθμό στις συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα και προσεγγίζει με μεγάλη ακρίβεια τις πραγματικές υδατικές ανάγκες των καλλιεργειών του σχεδίου αξιοποίησης.

Για τον υπολογισμό της ποσότητας νερού που απαιτούν οι καλλιέργειες χρησιμοποιήθηκαν οι πρόσφατα εγκεκριμένοι από το ΥΠΓΕ φυτικοί συντελεστές. Η έλλειψη αρκετών στοιχείων για την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα των ανέμων για τα περισσότερα νησιά δεν επέτρεψε στους μελετητές τη χρήση της γενικευμένης μεθόδου Penman στον υπολογισμό της ζήτησης του νερού για άρδευση η οποία χαρακτηρίζεται ως ακριβέστερη. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε το Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος, που αντιστοιχεί στο κέντρο περίπου του κάθε νησιού, πράγμα το οποίο κρίνεται αρκετό δεδομένου ότι τα ποσοστά ωρών ημέρας που διατίθενται δίδονται ανά ακέραιη μοίρα.

Η αρδευτική περίοδος ορίζεται από τα μετεωρολογικά στοιχεία και τη ζήτηση των καλλιεργειών σε νερό. Από τους αναλυτικούς υπολογισμούς για την ζήτηση νερού των καλλιεργειών προέκυψε ως αρδευτική περίοδος το διάστημα μεταξύ 15 Μαρτίου και 15 Οκτωβρίου για το σύνολο των καλλιεργειών. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι παρά την χρησιμοποίηση μεθόδων που έχουν προκύψει από πολυετή εμπειρία εφαρμογής Γεωργοτεχνικών μελετών και οι οποίες είναι γενικά αποδεκτές από το Υπουργείο Γεωργίας, οι υπολογιζόμενες συνολικές καταναλώσεις είναι συνήθως μεγαλύτερες από αυτές που μετρούν οι οργανωμένοι φορείς άρδευσης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους εξής λόγους:

- Το σύνολο των προβλεπόμενων ή καταγεγραμμένων αρδευόμενων εκτάσεων δεν αρδεύεται κάθε χρόνο.

- Οι ελιές και τα αμπέλια είναι δυνατό να αξιοποιήσουν τις χειμερινές βροχοπτώσεις ή απορροές σε βάρος της θερινής άρδευσης με μικρή σχετικά μείωση της αποδοτικότητάς τους.

Έτσι σε περιόδους πλουσίων βροχολογικά χειμώνων οι αγρότες κάνουν οικονομία στο αρδευτικό νερό, που άλλωστε διατίθεται με κόστος άντλησης στις περισσότερες των περιπτώσεων.

Για το λόγο αυτό στους υπολογισμούς των σημερινών αναγκών λαμβάνεται υπόψη ένας συντελεστής μείωσης των αναγκών άρδευσης, εκτός βέβαια από τις περιπτώσεις όπου το σύνολο της αρδευόμενης έκτασης αφορά οργανωμένο αρδευτικό δίκτυο. Για τις μελλοντικές ανάγκες ο συντελεστής μείωσης απαλείφεται (γίνεται 1.0) ή επαυξάνεται εφόσον υπάρχει επιβεβαιωμένη τάση αύξησης της γεωργικής γης από τα σχέδια ανάπτυξης. Σημειώνεται ότι στους υπολογισμούς των αναγκών άρδευσης που δίδονται για κάθε Δήμο, τόσο οι φυτικοί συντελεστές όσο και οι μέσες θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις, δίδονται ως στοιχεία εισαγωγής με δυνατότητα αλλαγής και προσαρμογής σε τυχόν διαφορετικά τοπικά ή μελλοντικά στοιχεία. Με την αλλαγή των δεδομένων τροποποιούνται αυτόματα οι ανάγκες άρδευσης.

Η άρδευση στα νησιά του Αιγαίου και στη Μύκονο

Η άρδευση αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα για την διατήρηση και αύξηση της γεωργικής παραγωγής και συνεπώς του γεωργικού εισοδήματος ενός τόπου. Οι μελέτες των αρδευτικών έργων και οι σχετικές γεωργοτεχνικές μελέτες που εκπονήθηκαν για την περιοχή των νησιών του Αιγαίου συντάσσονταν με κριτήριο την εξοικονόμηση του νερού, οπότε οι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόστηκαν ή προβλέπεται να εφαρμοσθούν βελτίωσαν η πρόκειται να βελτιώσουν τον τρόπο διαχείρισης του υφισταμένου περιορισμένου αρδευτικού δυναμικού. Η ίδια τάση έχει παρατηρηθεί και στην ανάπτυξη των ιδιωτικών αρδεύσεων, όπου οι αγρότες των νήσων του Αιγαίου προσπάθησαν να αυξήσουν τις καλλιεργούμενες εκτάσεις με βάση το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό.

Οι αρδεύσεις εφαρμόζονται κατά κανόνα στα πεδινά μέρη των νησιών, τα ονομαζόμενα «λιβάδια», όπου είναι δυνατή η παροχή του νερού, είτε λόγω της εκεί διαθεσιμότητας από υπόγεια ύδατα, είτε για λόγους διάθεσης του νερού με βαρύτητα. Γενικά οι εδαφικές, οι τοπογραφικές, οι αγρονομικές καθώς και οι κλιματικές συνθήκες, σε συνδυασμό με τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του νερού, οδήγησαν στην εφαρμογή συστημάτων διανομής του νερού που μεταφέρεται στους αγρούς με κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

Τα τελευταία χρόνια στα νησιά του Αιγαίου κερδίζει συνεχώς έδαφος η μέθοδος άρδευσης με «τοπικές αρδεύσεις», δηλαδή με σταγόνες «στάγδην άρδευση» και με χρήση «μπεκ», οι οποίες επιτυγχάνουν εξοικονόμηση στην κατανάλωση του νερού. Σημειώνεται ότι σε σημαντικό ποσοστό των εκτάσεων που αρδεύονται σήμερα, εφαρμόζεται τοπική άρδευση για τις δενδρώδεις καλλιέργειες, τα μποστάνια, τα λαχανικά και τις υπό κάλυψη καλλιέργειες. Τέλος οι προτεινόμενες καλλιέργειες σε όλα τα σχέδια αξιοποίησης που υπάρχουν μπορούν και επιβάλλεται (για λόγους

οικονομίας στους υδάτινους φυσικούς πόρους) να αρδευτούν με «τοπικές μεθόδους» άρδευσης.

Κατά την άρδευση των εδαφών με τοπικές μεθόδους, οι απώλειες στο χωράφι θα πρέπει να ληφθούν ίσες με 5% περίπου της ποσότητας νερού που χορηγείται. Επίσης υπολογίζονται απώλειες 5% για τη μεταφορά του νερού με κλειστούς αγωγούς. Τέλος, λόγω της ιδιομορφίας του συστήματος εφαρμογής του νερού (τοπικές αρδεύσεις), λαμβάνεται ποσοστό διαβροχής 70% των εκτάσεων σε αντίθεση με το 100% που γινόταν με άλλες μεθόδους με αποτέλεσμα τη μείωση της εξατμισοδιαπνοής και κατά συνέπεια των απωλειών.

Δήμος Μυκόνου

Βάσει στοιχείων της ΕΣΥΕ υπάρχουν 971 στρέμματα αρδευόμενων αροτριάων καλλιέργειών, 1009 στρέμματα αρδευόμενων κηπευτικών, 18 στρέμματα αρδευόμενων οπωρώνων και 10 στρέμματα αρδευόμενων αμπέλων.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανά Δήμο παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες:

Οι συνολικές ετήσιες ανάγκες νερού άρδευσης για την νήσο υπολογίζονται σε **1401045 m³**.

Πίνακας 3.7: Ετήσιες Ανάγκες Νερού ανά Είδος Καλλιέργειας, Δ.Μυκόνου

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ (m ³)					
	ΑΡΟΤΡΙΑΙΕΣ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΟΠΩΡΩΝΕΣ	ΕΛΙΕΣ	ΑΜΠΕΛΟΙ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0	25.515	314	0	327	26.156
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0	25.336	312	0	325	25.972
ΜΑΡΤΙΟΣ	0	32.131	395	0	412	32.938
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0	37.636	463	0	483	38.582
ΜΑΪΟΣ	0	46.501	572	0	596	47.670
ΙΟΥΝΙΟΣ	0	52.524	646	0	673	53.843
ΙΟΥΛΙΟΣ	0	55.782	687	0	715	57.184
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0	51.953	639	0	666	53.258
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0	43.563	536	0	559	44.658
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0	36.526	450	0	468	37.443
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0	28.852	355	0	370	29.577
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0	25.866	318	0	332	26.516

Πίνακας 3.8: Ετήσιες Ανάγκες Νερού ανά Είδος Καλλιέργειας, Δ.Ανω Μεράς

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ (m ³)					
	ΑΡΟΤΡΙΑΙΕΣ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΟΠΩΡΩΝΕΣ	ΕΛΙΕΣ	ΑΜΠΕΛΟΙ	ΣΥΝΟΛΟ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	47.644	17.393	393	0	0	65.429
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	47.309	17.270	390	0	0	64.970

ΜΑΡΤΙΟΣ	59.998	21.902	494	0	0	82.394
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	70.279	25.656	579	0	0	96.513
ΜΑΪΟΣ	86.832	31.698	715	0	0	119.246
ΙΟΥΝΙΟΣ	98.078	35.804	808	0	0	134.689
ΙΟΥΛΙΟΣ	104.163	38.025	858	0	0	143.046
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	97.011	35.414	799	0	0	133.225
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	81.346	29.696	670	0	0	111.711
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	68.205	24.898	562	0	0	93.665
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	53.875	19.667	444	0	0	73.986
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	48.300	17.632	398	0	0	66.330

3.3 Κτηνοτροφία

Για την καταγραφή των παραγωγικών ζώων σε επίπεδο Δημοτικού Διαμερίσματος χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία από την Ετήσια Γεωργική Στατιστική της ΕΣΥΕ, τα οποία δίδονται στα επί μέρους κείμενα για κάθε νησί. Τα στοιχεία της ΕΣΥΕ ενσωματώθηκαν στα ερωτηματολόγια που στάλθηκαν στους Δήμους, ώστε να δοθεί η δυνατότητα αλλαγής/επικαιροποίησής τους από τους τοπικούς φορείς. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι Δήμοι δεν άλλαξαν τα στοιχεία της ΕΣΥΕ, τα οποία και κρίθηκαν αξιόπιστα.

Τα καταγεγραμμένα ζώα, σύμφωνα με τα παραπάνω, για τα οποία πρέπει να εκτιμηθούν οι ανάγκες για ύδρευση είναι τα βοοειδή, τα ιπποειδή, οι χοίροι, τα αιγοπρόβατα και οι όρνιθες. Για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό από την κτηνοτροφική δραστηριότητα χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές, οι οποίοι στηρίχθηκαν σε στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας, καθώς και σε ελληνική και ξένη βιβλιογραφία. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται διάφοροι συντελεστές ημερήσιας κατανάλωσης ανά μονάδα, καθώς και οι πηγές τους.

Πίνακας 3.9: Συντελεστές κατανάλωσης νερού από κτηνοτροφικές δραστηριότητες

Κατηγορία / Πηγή	Συντελεστές κατανάλωσης νερού από κτηνοτροφικές δραστηριότητες (l/day)				
	Υπουργείο Γεωργίας	FAO (Water consumption by animals)	Standard Handbook of Environmental Engineering, R Corbit	Υδραυλική των οικισμών	Διαχείριση υδατικών Πόρων Κυκλάδων (2001)
Βοοειδή:	40		40	-	20
• Γαλακτοφόρα		52 - 70			
• Πάχυνσης		36 - 41			
Αιγοπρόβατα	7-8	2,5 – 5,5	10	-	4
Χοίροι	80	23- 30	20	-	5
Μικρά Ζώα	-	-	-	50 – 80	-
Μεγάλα Ζώα	-	-	-	10 – 20	-

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, και δεδομένης της λειψυδρίας που υπάρχει γενικότερα στο Αιγαίο η οποία επηρεάζει προφανώς την συμπεριφορά των κτηνοτρόφων, κρίνεται ότι για να αποδοθεί ορθότερα η πραγματικότητα, οι κτηνοτροφικές υδρευτικές ανάγκες πρέπει να εκτιμηθούν με βάση την ακόλουθη μεθοδολογία. Τα ζώα χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες, μικρά και μεγάλα. Ως μικρά

ζώα θεωρούνται τα αιγοπρόβατα, ενώ στα μεγάλα συμπεριλαμβάνονται τα βοοειδή, τα ιπποειδή και οι χοίροι. Επίσης προσμετρήθηκαν η δύναμη των οργανωμένων πτηνοτροφείων σαν προσαύξηση επί των μικρών ζώων. Οι ημερήσιοι συντελεστές κατανάλωσης για τις παραπάνω κατηγορίες που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη είναι οι παρακάτω:

- Μεγάλα ζώα: 40 l/day (Βοοειδή, Ιπποειδή και Χοίροι)
- Μικρά ζώα: 5 l/day (Αιγοπρόβατα)
- Όρνιθες 5 l/100 (Πτηνά)

Για την εξέλιξη του ζωικού πληθυσμού που αφορά και την εξέλιξη των αναγκών τους σε νερό, φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια υπήρξε μια σημαντική αύξηση των αιγοπροβάτων και μία στασιμότητα της εκτροφής μεγάλων ζώων. Εκτιμάται ότι λόγω των δύσκολων συνθηκών εργασίας των κτηνοτρόφων, της διαφαινομένης στασιμότητας ή μείωσης του αγροτικού πληθυσμού, της συμπίεσης του κέρδους των κτηνοτροφικών προϊόντων, αλλά και της τάσης για μείωση των αιγών για λόγους περιβαλλοντικούς, στο μέλλον δεν θα υπάρξει αύξηση στην εκτροφή των ζώων.

Οι ετήσιες ανάγκες ύδρευσης (m^3) στον κλάδο της κτηνοτροφίας, ανά Δήμο, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.10: Ανάγκες ύδρευσης στο κλάδο της κτηνοτροφίας

ΔΗΜΟΣ	ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ (m^3)
ΜΥΚΟΝΟΥ	38589
ΣΥΝΟΛΟ	38589

3.4 Βιομηχανία

Γενικά, στα νησιά του Αιγαίου δεν παρατηρείται έντονη βιομηχανική δραστηριότητα. Οι μεγάλες, σε δυναμικότητα βιομηχανίες είναι λίγες και συνεπώς ο τομέας αυτός δεν αποτελεί μεγάλο υδατοκαταναλωτή, ούτε βασική πηγή ρύπανσης στο σύνολο του υδατικού διαμερίσματος. Επειδή όμως τα υδατικά αποθέματα είναι ιδιαίτερα περιορισμένα στην υπό μελέτη περιοχή και άρα ευαίσθητα σε θέματα ρύπανσης, κρίθηκε απαραίτητη η μελέτη του βιομηχανικού τομέα τόσο ως προς τη ζήτηση, όσο και ως προς την περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Πηγή αρχικών πληροφοριών αποτέλεσαν τα Εμπορικά – Βιομηχανικά Επιμελητήρια των Νομών Δωδεκανήσου, Κυκλάδων, Χίου, Σάμου και Λέσβου, οι Νομαρχιακές Διευθύνσεις Βιομηχανίας, οι φορείς Τοπικής Αυτοδιοίκησης και το Υπουργείο Ανάπτυξης – Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας.

Συγκροτήθηκε λίστα των βιομηχανικών μονάδων που βασίστηκε κυρίως στα δεδομένα των Βιομηχανικών – Εμπορικών Επιμελητηρίων που αφορούσαν κλάδο, επωνυμία, γεωγραφική θέση και στοιχεία επικοινωνίας για κάθε μονάδα. Συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό των αναγκών σε νερό καθώς και της παραγωγής και διάθεσης υγρών αποβλήτων της βιομηχανίας αναζητήθηκαν και πινακοποιήθηκαν

στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση νερού, τις πηγές υδροδότησης, και το είδος, την παροχή και τελική διάθεση των υγρών αποβλήτων.

Για τον υπολογισμό των υγρών αποβλήτων, χρησιμοποιήθηκαν οι συντελεστές από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, WHO). Οι συντελεστές κατανάλωσης νερού προήλθαν από τις Κλαδικές Μελέτες. Σε ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους που δεν υπήρχαν διαθέσιμοι συντελεστές, διαμορφώθηκαν εκ νέου δείκτες κατανάλωσης νερού με την επεξεργασία των στοιχείων αποδελτιωμένων ελληνικών βιομηχανικών μονάδων από σχετικές Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων είτε από άλλα ολοκληρωμένα και εγκεκριμένα έργα όπως η «Απογραφή αέριων ρύπων, υγρών & στερεών αποβλήτων από τη βιομηχανία και εκπομπών από την κεντρική θέρμανση, ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Διεύθυνση Βιομηχανιών, 2001». Η επιλογή των αξιοποιήσιμων στοιχείων έγινε με σκοπό την εύρεση δεικτών που να αντιπροσωπεύουν ή τουλάχιστον να πλησιάζουν την ελληνική πραγματικότητα και να καλύπτουν την ιδιαιτερότητα του νησιωτικού χώρου. Για τις μονάδες για τις οποίες δεν ήταν δυνατό να προκύψουν στοιχεία δυναμικότητας έχει γίνει εκτίμηση και κατηγοριοποίηση σε μικρής, μεσαίας και μεγάλης δυναμικότητας.

Στην νήσο Μύκονο έχουν καταγραφεί επτά βιομηχανίες, οι οποίες ανήκουν στις κατηγορίες:

- Οινοποιεία
- Παραγωγή έτοιμου σκυροδέματος
- Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος
- Παραγωγή, επεξεργασία και συντήρηση γαλακτοκομικών προϊόντων

Επιπλέον, μετά από επικοινωνία με ΟΤΑ, προσδιορίστηκαν οι ακριβείς θέσεις (X, Y) ορισμένων βιομηχανιών (χωρίς όμως να αναφέρεται το ακριβές όνομα αυτών, παρά μόνο η κατηγορία τους). Οι προαναφερόμενες γεωγραφικώς αναφερόμενες βιομηχανικές/βιοτεχνικές μονάδες απεικονίζονται στον επισυναπτόμενο χάρτη «Προσφορά και Ζήτηση Υδρολογικής ενότητας Νήσου Μυκόνου». Η θέση των βιομηχανιών για τις οποίες δεν ήταν διαθέσιμη η πληροφορία της ακριβούς γεωγραφικής αναφοράς τους (X, Y), αυτή έχει αποτυπωθεί σε επίπεδο Δημοτικού Διαμερίσματος.

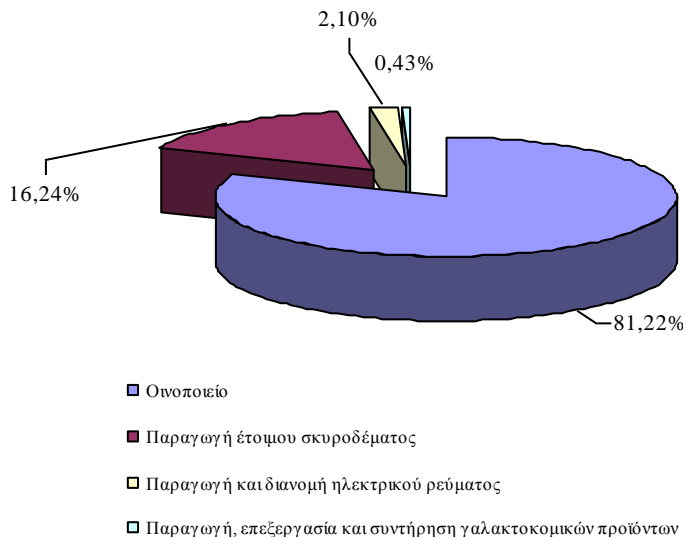
Στη νήσο Μύκονο, το ποσό ύδατος που καταναλώνεται από τη βιομηχανία ανέρχεται στα **123115,1 m³ ετησίως**, με σταθερή μηνιαία κατανάλωση 10259,59 m³

Οι καταναλώσεις ανά παραγωγικό κλάδο, στο σύνολο της νήσου Μυκόνου, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.11: Κατανάλωση νερού ανά παραγωγικό κλάδο

Παραγωγικός Κλάδος	Νερό σε m ³ /έτος
<i>Ποτά</i>	
Οινοποιεία	100.000

<i>Τρόφιμα</i>	
Παραγωγή, επεξεργασία και συντήρηση γαλακτοκομικών προϊόντων	525
<i>Δομικά Υλικά</i>	
Παραγωγή έτοιμου σκυροδέματος	20.000
<i>Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος</i>	
Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος	2.590



Σχήμα 3.1: Μερίδιο παραγωγικών κλάδων στη συνολική βιομηχανική – βιοτεχνική κατανάλωση νερού

3.5 Λοιπές Χρήσεις

Εκτός από τις βασικές χρήσεις νερού που αφορούν την άρδευση, την ύδρευση, την κτηνοτροφία, τη βιομηχανία καθώς και την οικολογική χρήση, υπάρχουν και οι εξής:

- Η χρήση για υδροηλεκτρική ενέργεια
- Η χρήση για υδατοκαλλιέργειες
- Και οι ειδικές χρήσεις όπως για εμπλουτισμό υπογείου υδροφορέα, τροφοδοσία τεχνητών λιμναίων συστημάτων, αναψυχή κλπ.

Στα νησιά του Αιγαίου δεν απαντώνται υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά ούτε και μονάδες υδατοκαλλιέργειών εσωτερικών υδάτων. Ως εκ τούτου, η χρήση νερού για τις δύο αυτές κατηγορίες δεν υφίσταται.

Οι ειδικές χρήσεις νερού που σχετίζονται με τον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων, την τροφοδοσία τεχνητών λιμναίων συστημάτων και τα ύδατα αναψυχής, είναι χρήσεις που απαντώνται στο Υδατικό Διαμέρισμα των Νήσων Αιγαίου. Η χρήση των υδάτων ως μέσο αναψυχής θεωρείται η κυριότερη από τις ειδικές χρήσεις λόγω του πλήθους των πισίνων και των αυξημένων τουριστικών δραστηριοτήτων (υδάτινα πάρκα αναψυχής) που χαρακτηρίζουν τα νησιά.

Στοιχεία κατανάλωσης νερού για τις προαναφερθείσες χρήσεις δεν κατέστη δυνατόν να συλλεχθούν λόγω έλλειψης οργανωμένων διαθέσιμων πληροφοριών. Παρόλα αυτά, η κατανάλωση νερού που αφορά τη συγκεκριμένη χρήση έχει συμπεριληφθεί στην συνολική ζήτηση νερού ύδρευσης μέσω των καταγεγραμμένων αναγκών του εποχιακού πληθυσμού.

Δεδομένα αξιοποίησης υδατικών πόρων

Κύρια προτεραιότητα στην χρήση των υδατικών πόρων για τα νησιά του Αιγαίου αποτελεί η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών τόσο του πραγματικού πληθυσμού όσο και του εποχιακού.

Το πρόβλημα της έλλειψης νερού στα νησιά του Αιγαίου είναι υπαρκτό και μεγάλο. Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα της υδροδότησης των νησιών έχει επιδεινωθεί σημαντικά και οφείλεται στους παρακάτω παράγοντες.

- Η ύπαρξη μιας συνεχούς ξηροθερμικής περιόδου με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό το χαμηλό ποσοστό βροχοπτώσεων, έχει ως συνέπεια την μειωμένη απόδοση (ποιοτικά και ποσοτικά) των υφιστάμενων γεωτρήσεων, την μη πλήρωση των υπαρχουσών λιμνοδεξαμενών κλπ.
- Η αλλαγή των οικονομιών των νησιών από αγροτικές / κτηνοτροφικές σε οικονομίες παροχής υπηρεσιών (ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια, εστιατόρια, μπαρ κλπ) αύξησαν την ζήτηση των υδατικών πόρων.
- Η ολοένα αυξανόμενη παρουσία τουριστών – επισκεπτών στα νησιά αύξησε την ζήτηση των υδατικών πόρων.
- Η μεγάλη απώλεια του μεταφερόμενου νερού στα δίκτυα ύδρευσης, απώλεια που οφείλεται στην παλαιότητα του δικτύου και κατά κάποιες εκτιμήσεις ξεπερνά το 30 % του μεταφερόμενου νερού.

Η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών επομένως έρχεται σε πρώτη προτεραιότητα τόσο γιατί πρέπει να καλυφθούν οι υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού όσο και για την συντήρηση του βασικότερου τομέα της οικονομίας των νησιών, τον τουρισμό. Σε δεύτερη προτεραιότητα έρχεται το νερό για την άρδευση και την κάλυψη των κτηνοτροφικών αναγκών αφού στα περισσότερα νησιά (συνήθως τα μικρά) ο πρωτογενής τομέας δεν αποτελεί τον κύριο παράγοντα της οικονομίας τους και στη συνέχεια το νερό για βιομηχανική χρήση η οποία ούτως ή άλλως είναι μικρή στα νησιά. Μεγαλύτερα νησιά (π.χ. Λέσβος, Χίος, Ρόδος) τα οποία έχουν τους εδαφικούς πόρους για ανάπτυξη εντατικής καλλιέργειας απαιτούν σημαντικές ποσότητες νερού οι οποίες συναγωνίζονται με αυτές για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Και σε αυτή την περίπτωση πρώτη προτεραιότητα είναι η ύδρευση και έπειτα η κατασκευή εγχειοβελτιωτικών έργων τα οποία θα καλύψουν τις ανάγκες του νησιού για άρδευση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Υπολογιστικά εργαλεία και θεωρητικά στοιχεία διαχείρισης υδατικών πόρων – Το μοντέλο Υδρονομείας

Ως διαχείριση υδατικών πόρων νοείται η εφαρμογή μέτρων, κατασκευαστικών και μη, για τον έλεγχο φυσικών και τεχνητών συστημάτων υδατικών πόρων, με στόχο την ωφέλεια του ανθρώπου και του περιβάλλοντος (Grigg, 1996). Συνεπώς είναι αναγκαίο το αντικείμενο της παρούσης εργασίας, η συνδυασμένη διαχείριση των λεκανών απορροής Μυκόνου και Άνω Μεράς, να χαρακτηρίζεται από ένα πλαίσιο συγκεκριμένων αποφάσεων. Οι αποφάσεις αυτές πρέπει να διασφαλίζουν με ορθολογικό και αποδοτικό τρόπο την μεγιστοποίηση του οφέλους των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων από την αξιοποίηση των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης που ορίστηκε στο Κεφάλαιο 2. Ταυτόχρονα όμως είναι απαραίτητο στα πλαίσια της αιεφόρου ανάπτυξης να μην υπονομευτεί το περιβάλλον ώστε οι ανάγκες του σήμερα να μην δημιουργούν συμβιβασμούς στην κάλυψη των αναγκών των επόμενων γενεών (Brundtland, 1987).

Η βασική μεθοδολογική προσέγγιση στη διαχείριση υδατικών πόρων είναι η συστημική ανάλυση. Κύριο χαρακτηριστικό της διεργασίας αυτής είναι η διαδικασία αποδόμησης ενός συστήματος σε μικρότερα απλούστερα μέρη. Μελετώντας τις σχέσεις και τον τρόπο αλληλεπίδρασης των επιμέρους στοιχείων μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους, αποσκοπεί στην αναγνώριση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος χωρίς λεπτομερειακή θεώρηση των σχέσεων και φυσικών διεργασιών που το διέπουν. (Μακρόπουλος 2012, Grigg 1996). Η περιοχή μελέτης φυσικά στην προκειμένη υπόθεση εργασίας νοείται ως ένα υδροσύστημα. Ως σύστημα ορίζεται το σύνολο ανεξάρτητων μεταξύ τους στοιχείων, το οποίο χαρακτηρίζεται από α) την ύπαρξη συνόρου, το οποίο καθορίζει αν ένα στοιχείο ανήκει στο σύστημα ή στο περιβάλλον, β) αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον της μορφής εισόδων και εξόδων (inputs-outputs) και γ) ένα σύνολο σχέσεων μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και των εισόδων – εξόδων (Mays and Tung, 1992). Ως υδροσύστημα ειδικότερα, καλείται το σύστημα αποτελούμενο από φυσικά υδάτινα σώματα και τεχνικά έργα που συνεργαζόμενα εξυπηρετούν έναν ή περισσότερους σκοπούς, τηρώντας παράλληλα μία σειρά από περιορισμούς (Ευστρατιάδης, κ.α. 2007).

Τα γεωγραφικά όρια της περιοχής μελέτης αποτελούν το σύνορο του υδροσυστήματος υπό εξέταση. Τα επιμέρους στοιχεία που το απαρτίζουν είναι τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος (λεκάνες απορροής, ποταμοί, υπόγειοι υδροφορείς, λίμνες) και τμήμα του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (ταμιευτήρες, ΥΗΣ, υδραγωγεία, διώρυγες, συστήματα γεωτρήσεων, αγροτικές εκτάσεις, μονάδες αφαλάτωσης). Ως είσοδοι στο σύστημα θεωρούνται οι υδρολογικές μεταβλητές των λεκανών απορροής και οι ζήτησεις για τις χρήσεις νερού (μηνιαία ζήτηση για άρδευση, ύδρευση, παραγωγή ενέργειας, περιβαλλοντικές παροχές). Έξοδος του συστήματος είναι παραγόμενη ενέργεια, αστοχίες αρδευτικών, υδρευτικών και περιβαλλοντικών ζητήσεων. Ζήτημα είναι να βρεθεί η βέλτιστη διαχειριστική πολιτική με συνολικά μέγιστο όφελος.

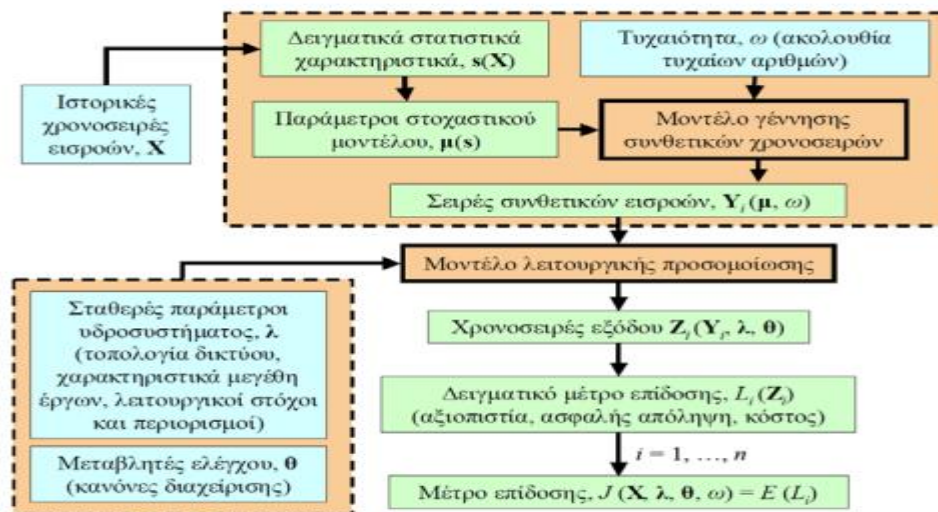
Η εγγενής πολυπλοκότητα του υπό μελέτη υδροσυστήματος δεν είναι μοναδική περίπτωση λόγω παραδείγματος χάρη του μεγέθους του. Συνήθως στα διαχειριστικά προβλήματα επιβάλλεται η συστημική προσέγγιση λόγω της μη γραμμικής δυναμικής των φυσικών διεργασιών, της ανάγκης ταυτόχρονης ικανοποίησης πολλαπλών και, συχνά, αντικρουόμενων στόχων και περιορισμών, που επιβάλλονται από ομάδες με διαφορετικά συμφέροντα, του καθεστώτος αβεβαιότητας στην πρόβλεψη των υδρολογικών εισροών και, σε μικρότερο βαθμό, της ζήτησης, καθώς και της ανάγκης συγκερασμού της οικονομικότητας και του ρίσκου, και μάλιστα σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα (Grigg, 1996). Όλα τα προαναφερθέντα είναι δομικά χαρακτηριστικά του υδροσυστήματος Μυκόνου. Οπότε αποτελεί τυπικό παράδειγμα διαχειριστικού προβλήματος και άρα μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα τυπικά εργαλεία της συστημικής ανάλυσης, οι μέθοδοι προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.

Η προσομοίωση ορίζεται ως η τεχνική μίμησης ενός πραγματικού συστήματος, όπως αυτό εξελίσσεται στο χρόνο (Winston, 1994). Καθώς η προσομοίωση δεν γίνεται ποτέ στο πρωτότυπο σύστημα, έμμεση απόρροια της διαδικασίας είναι η διαμόρφωση ενός μοντέλου προσομοίωσης. Το τελευταίο αποτελεί ένα σύνολο υποθέσεων για τη λειτουργία του συστήματος, εκφρασμένων υπό μορφή μαθηματικών ή/και λογικών σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος και συνήθως είναι κωδικοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού (Κουτσογιάννης, 2000). Τέλεια μοντέλα βεβαίως δεν υπάρχουν, με την έννοια της τέλει απόκρισης στην πραγματικότητα. Ένα μοντέλο είναι εξ ορισμού ελλιπές (αρχής της ελλιπούς γνώσης) όπως αυτό συνεπάγεται από την αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg από την οποία απορρέει ότι η πληροφορία που μπορεί να λάβει ένα σύστημα ελέγχου είναι απαραίτητως ημιτελής. (Μακρόπουλος, 2012). Έτσι είναι απόλυτα βέβαιο πως θα παρεισφρήσει πληθώρα σφαλμάτων και αβεβαιοτήτων στην κατασκευή ενός μοντέλου οπότε ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην διαδικασία σχηματοποίησης του. Όλες οι φυσικές συνιστώσες ενός συστήματος μετασχηματίζονται σε συνιστώσες του μοντέλου με εφαρμογή συνήθως της μορφής γράφου, με διάταξη κόμβων συνδεδεμένων με κλάδους (Ευστρατιάδης κ.α. 2007). Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της διαδικασίας είναι η αφαίρεση στοιχείων μη αναγκαίων για τη προσομοίωση, η τυποποίηση ομοίων στοιχείων του συστήματος σε εννοιολογικά αντικείμενα του μοντέλου και απλοποίηση του συστήματος με την ομαδοποίηση και σύμπτυξη ομάδων με κοινή ιδιότητα (Karavokiros et al, 2002) Η διαδικασία σχηματοποίησης του φυσικού υδροσυστήματος σε μοντέλο προσομοίωσης περιγράφεται ιδιαίτερα αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5. Περιγράφονται μαζί με τεκμηρίωση για τις αποφάσεις απλοποίησης και τις παραδοχές που επιλέχθηκαν καθώς η σχηματοποίηση είναι μια διαδικασία που γίνεται με ευθύνη του μηχανικού ή αναλυτή και έχει βαρύνουσα σημασία ως προς τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που αργότερα εξάγονται από το μοντέλο (Karavokiros et al, 2002). Επισημαίνεται πως τα μοντέλα προσομοίωσης διακρίνονται σε ντετερμινιστικά ή στοχαστικά. Η διάκριση αφορά την κατάσταση της γνώσης των παραμέτρων τους και των εξωτερικών διεγέρσεών τους. Όταν θεωρούνται γνωστά, το μοντέλο καλείται ντετερμινιστικό και έχει μία και μοναδική απόκριση, σε περίπτωση που θεωρούνται τυχαίες μεταβλητές το μοντέλο

θεωρείται στοχαστικό και άρα και οι αποκρίσεις που παράγει είναι επίσης τυχαίες μεταβλητές. Καθίσταται προφανές από την περιγραφή του συστήματος Αχελώου-Πηνειού ότι η αβεβαιότητα είναι κύριο χαρακτηριστικό του, οπότε ένα στοχαστικό μοντέλο προσομοίωσης είναι η σωστή επιλογή για την ανάλυση του.

Η προσομοίωση του συστήματος για να θεωρείται στοχαστική θα πρέπει να χρησιμοποιεί συνθετικά δεδομένα εισόδου, με την μορφή χρονοσειρών συνήθως, που να διατηρούν όμως στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικών τους δειγμάτων και συγχρόνως να διατηρούν μία συσχέτιση μεταξύ τους. Από μόνη της η γέννηση συνθετικών χρονοσειρών αποτελεί μια προσομοίωση του ιστορικού δείγματος άρα χρειάζεται ένα ξεχωριστό μοντέλο παραγωγής τους. Η διαδικασία παραγωγής των συνθετικών σειρών του υπό εξέταση συστήματος περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5. Στο σχήμα της Εικόνας 4.1 δίνεται ένα τυπικό διάγραμμα ροής μιας στοχαστικής προσομοίωσης υδροσυστήματος.

Η διαδικασία αναζήτησης της καλύτερης λύσης σε ένα διαχειριστικό πρόβλημα συνήθως ανάγεται σε έναν βρόγχο όπου διαδοχικά επιλέγονται αποφάσεις και αξιολογούνται οι επιπτώσεις τους στο σύστημα. Διάφορες τεχνικές αντιστοιχούν ένα μέτρο επίδοσης σε κάθε εναλλακτική λύση και ειδικοί αλγόριθμοι αναζητούν τη βέλτιστη λύση. Οι αποφάσεις που επιφέρουν αλλαγή στο μέτρο επίδοσης καλούνται μεταβλητές ελέγχου, ενώ το μέτρο επίδοσης συνήθως αντιστοιχεί στη τιμή μιας στοχαστικής συνάρτησης (objective function) η οποία πρέπει είτε να ελαχιστοποιηθεί είτε να μεγιστοποιηθεί. Οι μεταβλητές ελέγχου επαναπροσδιορίζονται με επαναληπτική διαδικασία βάση του αλγορίθμου βελτιστοποίησης που έχει επιλεγεί.



Εικόνα 4.1: Τυπικό διάγραμμα ροής στοχαστικής προσομοίωσης σε υδροσυστήματα (Ευστρατιάδης κ.α, 2007)

Για να αντιμετωπιστεί το διαχειριστικό πρόβλημα της νήσου Μυκόνου με ευκολία και όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, θα χρησιμοποιηθεί το μοντέλο Υδρονομέας.

Το μοντέλο Υδρονομίας

Ο Υδρονομίας είναι ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, που ενσωματώνει ένα εξελιγμένο μοντέλο προσομοίωσης και βελτιστοποίησης συστημάτων υδατικών πόρων, που έχει αναπτυχθεί στο ΕΜΠ σε διάφορες εκδοχές. Κύρια βιβλιογραφική πηγή του υποκεφαλαίου είναι το τεύχος θεωρητικής τεκμηρίωσης του μοντέλου (Ευστρατιάδης κ.α, 2007). Η θεμελιώδης αρχή του Υδρονομίας είναι ότι συνδυάζει τις τεχνικές της προσομοίωσης και της βελτιστοποίησης σε ένα ενιαίο πλαίσιο, αντίθετα με παλαιότερες πρακτικές όπου θεωρούνται ξεχωριστές πρακτικές (Mays and Tung, 1996, Lucks et al, 1986). Κατά τον τρόπο αυτό αποφεύγει τις υπεραπλουστεύσεις του υδροσυστήματος με την χρήση (π.χ γραμμικοποίηση) κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης καθώς χρησιμοποιεί λεπτομερειακό μοντέλο προσομοίωσης. Έτσι δεν χρειάζεται αναπροσαρμογή των εξισώσεων της δυναμικής κατάστασης του συστήματος αφού μέσω της προσομοίωσης χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της για τον καθορισμό του μέτρου επίδοσης του υδροσυστήματος που αντιστοιχεί στη στοχαστική συνάρτηση του προβλήματος βελτιστοποίησης. και αφετέρου τις αυθαίρετες επιλογές του χρήστη, καθώς η λειτουργία του συστήματος προκύπτει μέσα από διαδικασίες συστηματικής αναζήτησης βέλτιστων λύσεων.

Ο Υδρονομίας υιοθετεί μία στοχαστική προσέγγιση στη προσομοίωση καθώς χρησιμοποιούνται συνθετικά σενάρια εισροών. Έτσι μειώνονται στο ελάχιστο οι απαιτεί αυθαίρετες επιλογές εισόδου από το χρήστη και ποσοτικοποιείται η αβεβαιότητα και το ρίσκο στη λήψη αποφάσεων. Επιπλέον, η κατανομή των απολήψεων στο δίκτυο ακολουθεί την οικονομικότερη διαδρομή, ελαχιστοποιώντας τα πάγια και μεταβλητά κόστη των έργων σύλληψης και μεταφοράς (υδραγωγεία, αντλιοστάσια, γεωτρήσεις), όπως εξάλλου συμβαίνει στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος.

Το μαθηματικό μοντέλο του Υδρονομίας αποσκοπεί σε μια ρεαλιστική αναπαράσταση τόσο των φυσικών (υδρολογικών και υδραυλικών) διεργασιών των υδροσυστημάτων όσο και των πρακτικών διαχείρισης σε αυτά. Στο μοντέλο εξασφαλίζεται η αυστηρή τήρηση των φυσικών περιορισμών που επιβάλλονται με περιορισμούς στο σύστημα αλλά και των διαχειριστικών και λειτουργικών στόχων που αποφασίζει ο χρήστης μέσω της ιεράρχησής τους κατά σειρά προτεραιότητας.

Στον Υδρονομίας παρέχεται η δυνατότητα περιγραφής των σημαντικών φυσικών και τεχνητών συνιστωσών ενός υδροσυστήματος, χωρίς περιορισμούς στην κλίμακα των έργων και τη γενική τους διάταξη. Η χρήση του στο υδροσύστημα της Μυκόνου αποδείχτηκε ιδιαίτερα πρόσφορη.

Τα δεδομένα εισόδου ενός διαχειριστικού σεναρίου χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στατικά και δυναμικά. Τα στατικά δεδομένα αναφέρονται στα χαρακτηριστικά μεγέθη των τεχνικών έργων, τους στόχους και λειτουργικούς περιορισμούς και ορισμένες οικονομικές παραμέτρους της διαχείρισης τα οποία αποφασίζει σύμφωνα με τη κρίση του ή τα διαθέσιμα στοιχεία ο χρήστης κατά την διάρκεια της σχηματοποίησης. Όσον αφορά στα δυναμικά δεδομένα, αυτά αναφέρονται σε χρονοσειρές εισροών και απωλειών σε ταμιευτήρες ή κόμβους του υδρογραφικού

δικτύου. Οι εν λόγω χρονοσειρές μπορεί να είναι ιστορικές ή συνθετικές, με τη δεύτερη κατηγορία να ενδείκνυται όταν είναι επιθυμητή η ακριβής αποτίμηση των πιθανοτικών μεγεθών του συστήματος, ιδιαίτερα όταν τα τελευταία αναφέρονται σε ακραία επίπεδα αξιοπιστίας. Επιπλέον, όταν το σύστημα λειτουργεί ως εργαλείο πρόγνωσης, πρέπει αναγκαστικά να χρησιμοποιήσει σενάρια υδρολογικών εισροών που διατηρούν την ίδια στατιστική δομή. Τα εν λόγω σενάρια παράγονται από το λογισμικό Κασταλία, που περιγράφεται στη συνέχεια.

Ο Υδρονομέας προσφέρει μεγάλο πλήθος διαχειριστικών επιλογών που μπορούν να εισαχθούν στο υδροσύστημα με τη μορφή στόχων σε κόμβους. Οι στόχοι (και περιορισμοί) που ορίζει ο χρήστης σε αρκετές περιπτώσεις είναι ανταγωνιστικοί μεταξύ τους και για το λόγο αυτό εντάσσονται σε ένα ιεραρχικό σύστημα προτεραιοτήτων, αποτελούμενο από διάφορα επίπεδα τα οποία καθορίζονται κατά την σχηματοποίηση. Το μαθηματικό μοντέλο επιδιώκει την ικανοποίηση των στόχων ακολουθώντας την προκαθορισμένη σειρά προτεραιότητας. Δύο ή περισσότεροι στόχοι μπορούν να ενταχθούν στο ίδιο επίπεδο, οπότε αντιμετωπίζονται από το μοντέλο κατανομής με την ίδια ιεραρχία.

Το μοντέλο Κασταλία

Η Κασταλία πραγματοποιεί στοχαστική ανάλυση πολλαπλών δειγμάτων μεταβλητών, οι οποίες αναφέρονται σε διαφορετικές διεργασίες στην ίδια θέση ή σε διαφορετικές θέσεις. Οι διεργασίες αυτές έχουν συσχέτιση μεταξύ τους και ανήκουν σε συστήματα με κοινή υδρολογική δίαιτα, όπως για παράδειγμα μια λεκάνη απορροής. Πρόκειται δηλαδή για ένα πολυμεταβλητό στοχαστικό μοντέλο, που αρχικά αναπτύχθηκε για τη μελέτη μηνιαίων υδρολογικών μεταβλητών, όπως η βροχή και η απορροή (Ευστρατιάδης και Κουτσογιάννης, 2004, Ευστρατιάδης κ.ά., 2005).

Η ανάλυση των ιστορικών δειγμάτων και η γέννηση των συνθετικών χρονοσειρών πραγματοποιείται σε τρία βασικά βήματα: στο πρώτο πραγματοποιείται η γέννηση συνθετικών χρονοσειρών ετήσιας χρονικής κλίμακας, στο δεύτερο πραγματοποιείται η γέννηση των χρονοσειρών μηνιαίας χρονικής κλίμακας και, τέλος, στο τρίτο βήμα πραγματοποιείται η γέννηση των χρονοσειρών ημερήσιας χρονικής κλίμακας. Οι συνθετικές χρονοσειρές στις διάφορες χρονικές κλίμακες παράγονται με διαφορετικά στοχαστικά μοντέλα. Στην ετήσια κλίμακα χρησιμοποιούνται στοχαστικά μοντέλα που αναπαράγουν την μακροπρόθεσμη εμμονή των υδρολογικών διεργασιών, γνωστή ως φαινόμενο Hurst, ενώ σε μηνιαία και ημερήσια κλίμακα χρησιμοποιούνται μοντέλα που αναπαράγουν την περιοδικότητα και άλλα χαρακτηριστικά των διεργασιών λεπτής χρονικής κλίμακας.

Και στις δύο περιπτώσεις, τα μοντέλα αναπαράγουν το ελάχιστο σύνολο των ουσιαστών στατιστικών παραμέτρων δηλαδή:

α) τις παραμέτρους των περιθωρίων συναρτήσεων κατανομής κάθε μεταβλητής, και συγκεκριμένα την μέση τιμή, την διασπορά και τον συντελεστή ασυμμετρίας, και

β) τις παραμέτρους των από κοινού συναρτήσεων κατανομής των μεταβλητών, και συγκεκριμένα τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης και τους συντελεστές ετεροσυσχέτισης μηδενικής τάξης.

Με τον τρόπο αυτό παράγονται χρονοσειρές στατιστικά ισοδύναμες με τις ιστορικές, ενώ ταυτόχρονα διατηρείται η χωρική (ετεροσυσχέτιση) και χρονική εξάρτηση (βραχυπρόθεσμη εμμονή), καθώς και η στοχαστική δομή των ιστορικών χρονοσειρών. Για την γέννηση των συνθετικών χρονοσειρών γίνεται η χρήση της κατανομής γάμα τριών παραμέτρων. Η κατανομή αυτή θεωρείται κατάλληλη για την περιγραφή υδρολογικών μεταβλητών στις εξεταζόμενες χρονικές κλίμακες (ετήσια, μηνιαία και ημερήσια), αφού ορίζεται μόνο για θετικές τιμές της μεταβλητής και είναι σε θέση να αναπαράγει την ασυμμετρία των ιστορικών δειγμάτων, η οποία είναι αρκετά μεγάλη, ιδιαίτερα στην ημερήσια κλίμακα.

Οι παραγόμενες συνθετικές χρονοσειρές πρέπει να χαρακτηρίζονται από συνέπεια στις διαφορετικές κλίμακες, δηλαδή η μηνιαία κλίμακα πρέπει να είναι συνεπής με την ετήσια και η ημερήσια με την μηνιαία. Στο μοντέλο, οι μηνιαίες μεταβλητές παράγονται ανεξάρτητα από τις ετήσιες και με διαφορετικό σχήμα προσομοίωσης όπως επίσης και οι ημερήσιες παράγονται χωρίς αναφορά στις μηνιαίες. Για τον λόγο αυτό, μετά την αρχική γέννηση των χρονοσειρών, πραγματοποιείται αναγωγή τους μέσω μιας μεθοδολογίας επιμερισμού. Ο επιμερισμός εφαρμόζεται αρχικά για τις μηνιαίες τιμές, ώστε το άθροισμα τους να ισούται με την αντίστοιχη ετήσια συνθετική τιμή, και στη συνέχεια για τις ημερήσιες τιμές, ώστε το άθροισμα τους να ισούται με την αντίστοιχη μηνιαία συνθετική τιμή. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτουν οι τελικές ημερήσιες και μηνιαίες τιμές εξόδου του συστήματος (Τσεκούρας, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Σχηματοποίηση Υδροσυστήματος

5.1 Συνοπτική περιγραφή σταδίων σχηματοποίησης

Ως αυτό το σημείο αναγνωρίσαμε το διαχειριστικό πρόβλημα της περιοχής μελέτης, αναφερθήκαμε εν συντομία στα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα και επιλέξαμε τα κατάλληλα υπολογιστικά εργαλεία ώστε να το αποτυπώσουμε ορθά σε ένα μοντέλο προσομοίωσης. Το παρον κεφάλαιο έχει σκοπό να αξιοποιήσει τα δεδομένα που αφορούν στη γεωγραφία της περιοχής, τα τεχνικά έργα και τις χρήσεις γης, καθώς και τις συναφείς πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τα επίκαιρα διαχειριστικά σχέδια, μετατρέποντας τις συνιστώσες του φυσικού συστήματος σε εννοιολογικά στοιχεία του τοπολογικού μοντέλου του Υδρονομέα. Κύρια τέτοια στοιχεία είναι το υδρογραφικό δίκτυο, τα τεχνικά έργα ταμίευσης, μεταφοράς νερού και παραγωγής ενέργειας, και οι κόμβοι που αναπαριστούν αρδευόμενες εκτάσεις και ύδρευση οικισμών.

Μετά τον καθορισμό της τοπολογίας σε μορφή δικτύου, που αποτελεί το πρώτο στάδιο της σχηματοποίησης, ακολουθεί η εκτίμηση της προσφοράς και ζήτησης νερού και η κατανομή τους στους κόμβους. Σημειώνεται πως στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται μόνο η διαδικασία εκτίμησης των ζητήσεων. Η εκτίμηση των υδρολογικών δεδομένων εισόδου του μοντέλου (χρονοσειρές απορροών, βροχοπτώσεων και εξατμίσεων) αναπτύσσεται στο επόμενο κεφάλαιο, παρόλο που και αυτή αφορά στη συνολική διαδικασία σχηματοποίησης. Αυτό γίνεται επειδή η επεξεργασία της υδρολογικής πληροφορίας είναι πιο περίπλοκη, ενώ χρησιμοποιούνται και άλλα υπολογιστικά εργαλεία (Υδρογνώμων, Κασταλία).

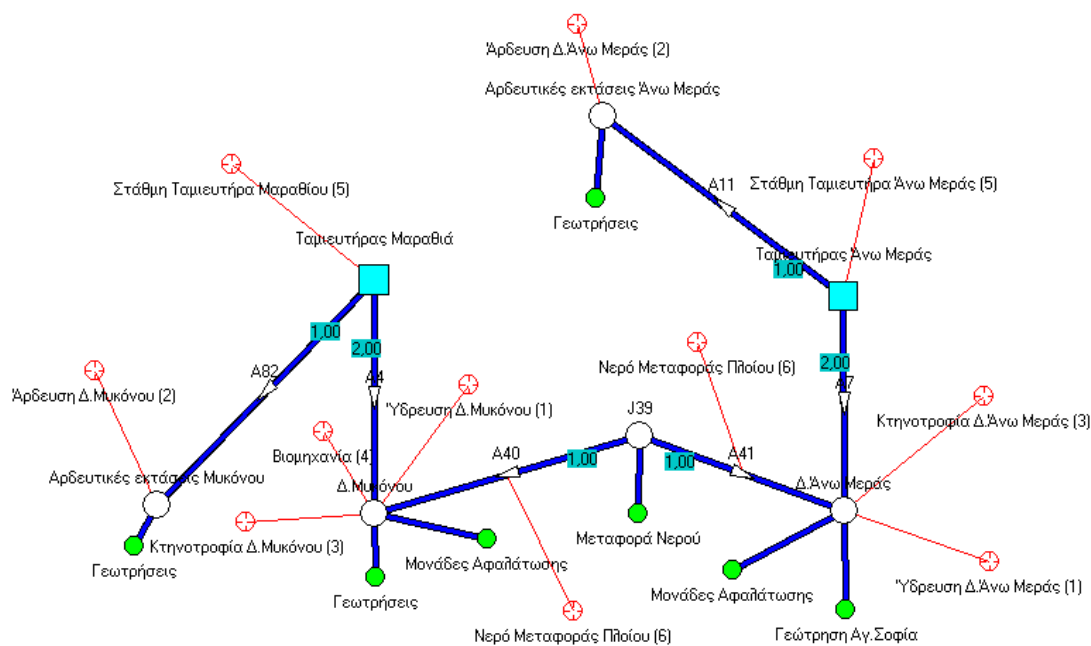
Τελευταίο στάδιο της διαδικασίας σχηματοποίησης είναι ο καθορισμός των στόχων και περιορισμών του συστήματος και των κανόνων λειτουργίας του. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου προσομοίωσης. Για πολλά στοιχεία του συστήματος υπάρχουν εναλλακτικά σενάρια ή διαδοχικές φάσεις κατασκευής των συναφών έργων, και θα αναφέρονται ξεχωριστά οι αλλαγές που υπεισέρχονται σε τυχόν διαφορετική σχηματοποίηση του μοντέλου.

5.2 Συνολική σχηματοποίηση, πίνακας στόχων και κατηγοριοποίηση

Κλείνοντας την περιγραφή της σχηματοποίησης παρουσιάζεται συνολικά το μοντέλο στην Εικόνα 5.1. Επίσης στους Πίνακες δίνονται συνοπτικά όλα τα στοιχεία και οι στόχοι που απαρτίζουν το μοντέλο. Οι στόχοι που θεωρούνται σημαντικοί είναι εκείνοι οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν ορθούς δείκτες για τις κατηγορίες των αστοχιών ώστε να συγκριθούν τα διαφορετικά σενάρια μεταξύ τους. Έτσι:

- Για την αστοχία της ύδρευσης τίθεται η κατηγορία «1» που αποτελούν δείκτη του συστήματος. Αφορά όλους τους στόχους ύδρευσης.
- Για την αστοχία της άρδευσης τίθεται η κατηγορία «2». Αφορά όλους τους στόχους άρδευσης.
- Για την αστοχία της ζήτησης νερού για την κτηνοτροφία τίθεται η κατηγορία «3».

- Για την αστοχία της ζήτησης νερού για την βιομηχανία τίθεται η κατηγορία «4».



Εικόνα 5.1 : Ολόκληρο το μοντέλο του υδρουσυστήματος Μυκόνου

Πίνακας 5.1 : Συνοπτικός πίνακας στόχων περιοχής

Στόχος	Κατηγορία	Προτεραιότητα
Υδρευση Δ.Μυκόνου	Water Supply	1
Υδρευση Δ.Άνω Μεράς	Water Supply	1
Αρδευση Δ.Μυκόνου	Irrigation	2
Αρδευση Δ.Άνω Μεράς	Irrigation	2
Κτηνοτροφία	Water Supply	3
Βιομηχανία	Water Supply	4

Πίνακας 5.2: Συνοπτικός Πίνακας υδατικών πόρων του νησιού

Κόμβος Προσφοράς Νερού	Κατηγορία
Ταμιευτήρας Μαραθίου	Water Supply, Irrigation
Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	Water Supply, Irrigation
Μονάδες Αφαλάτωσης	Water Supply
Γεωτρήσεις	Water Supply , Irrigation
Γεώτρηση Αγ.Σοφία	Water Supply
Μεταφορά Νερού	Water Supply

Οι στόχοι που είναι συνδεδεμένοι με τους ταμιευτήρες και που τους έχει δοθεί η προτεραιότητα «5» καθώς και οι στόχοι στους αγωγούς με προτεραιότητα «6», δεν

πρόκειται για στόχους ζήτησης, παρά μόνο για στόχους που έχουν τοποθετηθεί για την καλύτερη και πιστότερη λειτουργία του συστήματος υδροδότησης που δίνει προτεραιότητα στην προσφορά νερού από τις Μονάδες Αφαλάτωσης και στη συνέχεια στους Ταμιευτήρες και τη Μεταφορά νερού.

5.3 Υδρολογικές χρονοσειρές εισόδου

Από την διαδικασία σχηματοποίησης που προηγήθηκε, διαμορφώθηκαν οι θέσεις στις οποίες πρέπει να εισαχθούν χρονοσειρές εισόδου του μοντέλου προσομοίωσης της λειτουργίας του υδροσυστήματος. Οι χρονοσειρές που ενδιαφέρουν το μοντέλο είναι οι απορροές των υπολεκανών που συμβάλλουν στους κόμβους του υδρογραφικού δικτύου (ποτάμια) ή τροφοδοτούν ταμιευτήρες, καθώς και οι χρονοσειρές βροχόπτωσης και εξάτμισης στην επιφάνεια των λιμνών και ταμιευτήρων.

Αρχικά, καταρτίστηκαν οι χρονοσειρές των αντίστοιχων ιστορικών υδρολογικών διεργασιών στις θέσεις ενδιαφέροντος. Για τον σκοπό αυτό, αναζητήθηκαν ιστορικά δεδομένα της περιοχής (πρωτογενείς μετρήσεις ή επεξεργασμένα δεδομένα), σε σημεία όσο το δυνατόν πλησιέστερα στους κόμβους του μοντέλου προσομοίωσης. Τα ιστορικά δείγματα είχαν διαφορετικό μήκος, που σε κάθε περίπτωση είναι ανεπαρκές για την ασφαλή εκτίμηση πιθανοτικών μεγεθών, όπως η αξιοπιστία στην ικανοποίηση των υδατικών αναγκών και η παραγόμενη πρωτεύουσα ενέργεια. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν με το λογισμικό Κασταλία συνθετικά ισοδύναμα δείγματα με μήκος 1000 χρόνια, που διατηρούν τα στατιστικά χαρακτηριστικά των αντίστοιχων ιστορικών. Σε κάποιες περιπτώσεις, απαιτήθηκαν τροποποιήσεις των συνθετικών μεγεθών, με κατάλληλες τεχνικές αναγωγής, ώστε να αναπαράγουν τις διεργασίες ενδιαφέροντος στους κόμβους.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται περιληπτικά οι σχετικές υδρολογικές επεξεργασίες που αφορούν στην κατάρτιση των ιστορικών δειγμάτων, την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών και τις τελικές αναγωγές, για την προετοιμασία των υδρολογικών εισόδων του μοντέλου προσομοίωσης. Όλες οι χρονοσειρές των ιστορικών δεδομένων παρατίθενται στο Παράρτημα Ι.

Ταμιευτήρες

Στους κόμβους που αναπαριστούν ταμιευτήρες είναι γνωστή η έκταση της ανάντη λεκάνης απορροής τους. Τα ιστορικά δείγματα απορροής καταρτίστηκαν είτε με βάση τα δεδομένα του μηνιαίου υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα (σε όλους τους ταμιευτήρες που είναι σε λειτουργία) είτε με βάση ανηγμένες μετρήσεις σε κοντινούς παροχομετρικούς σταθμούς. Τα δεδομένα αυτά αξιοποιήθηκαν για την παραγωγή των χρονοσειρών ύψους απορροής των υπολεκανών ανάντη των ταμιευτήρων του μοντέλου προσομοίωσης.

Στις συνιστώσες του ισοζυγίου των ταμιευτήρων περιλαμβάνονται και οι απώλειες μέσω εξάτμισης. Ακριβής υπολογισμός της εξάτμισης μπορεί να γίνει με τη μέθοδο Penman, εφόσον διατίθενται αντιπροσωπευτικές μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας ηλιακής ακτινοβολίας, ταχύτητας ανέμου στην περιοχή των ταμιευτήρων.

Επειδή στην περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν τέτοια δεδομένα, εφαρμόστηκε μια ημιεμπειρική παραμετρική μέθοδος, που αποτελεί απλοποίηση της Penman, που ανέπτυξαν οι Tegos et al. (2013)

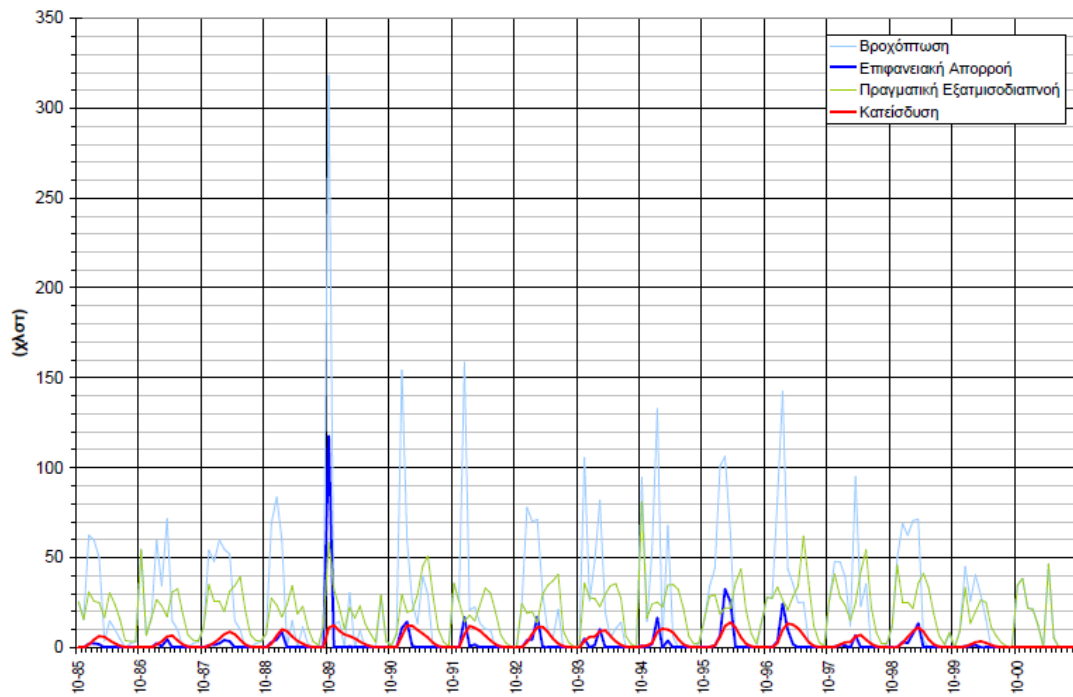
Αναλυτικότερα :

Πίνακας 5.3: Συμπληρωμένη ιστορική χρονοσειρά βροχόπτωσης σταθμού Μαραθίου (Δασκαλάκης Κων/νος κ.α, 2000)

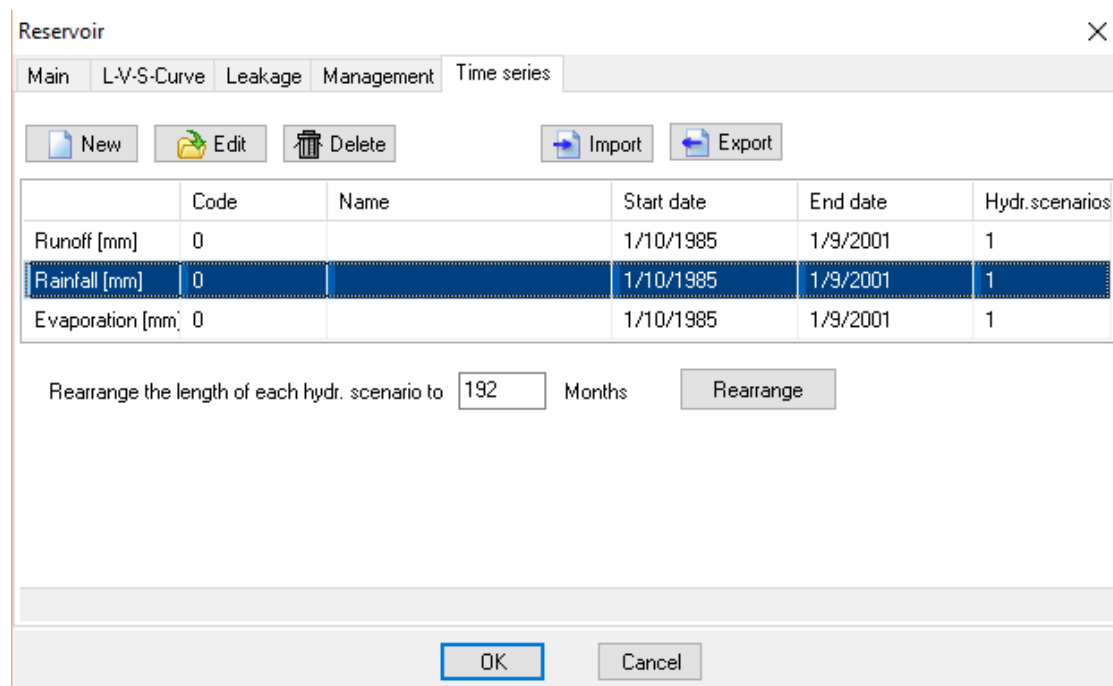
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΧΕΙΜ	ΑΝΟΙΞ	ΚΑΙΟΚ	ΦΘΙΝ	ΕΤΟΣ
1985-86	29.1	20.2	71.6	66.1	56.4	10.5	16.4	10.7	5.4	0.0	2.2	3.2	194.2	37.5	7.6	52.5	291.9
1986-87	58.0	11.2	25.8	66.1	40.6	79.4	16.4	10.7	0.1	0.0	2.2	3.2	132.5	106.4	2.3	72.4	313.6
1987-88	14.8	58.6	57.0	66.1	61.0	59.7	16.4	10.7	0.1	0.0	2.2	3.2	184.2	86.7	2.3	76.5	349.7
1988-89	11.3	73.3	93.0	66.1	1.6	22.8	0.0	12.1	2.7	0.0	0.0	11.8	160.7	34.9	2.7	96.5	294.8
1989-90	322.0	17.4	23.6	0.0	36.8	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	28.6	3.3	60.4	10.9	28.6	342.7	442.6
1990-91	4.0	11.9	163.5	66.2	31.7	21.1	41.2	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0	261.4	92.5	0.0	15.9	369.8
1991-92	39.3	29.9	167.9	27.3	28.9	21.0	11.8	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	224.1	43.2	0.0	69.2	336.5
1992-93	0.5	28.8	87.2	76.5	77.5	37.4	10.1	6.2	22.0	0.0	0.0	0.0	241.2	53.7	22.0	29.3	346.2
1993-94	0.0	110.1	35.3	54.4	88.2	27.5	6.8	11.3	14.8	0.0	0.0	0.0	177.9	45.6	14.8	110.1	348.4
1994-95	98.4	19.0	64.3	139.1	8.5	75.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	211.9	83.2	0.0	119.6	414.7
1995-96	19.4	38.4	53.5	107.3	112.7	71.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	273.5	74.5	0.0	71.5	419.5
1996-97	31.6	31.9	92.1	148.9	50.0	43.1	26.4	26.0	4.0	0.0	0.0	0.0	291.0	95.5	4.0	63.5	454.0
1997-98	30.8	52.2	56.9	45.6	18.2	103.0	24.5	36.0	0.0	0.0	0.0	1.9	120.7	163.5	0.0	84.9	369.1
1998-99	15.3	54.4	78.2	68.7	76.9	79.2	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	223.8	84.8	0.0	77.6	386.2
1999-00	0.0	13.5	54.3	32.1	46.8	36.8	17.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	133.2	54.1	0.0	13.5	200.8
2000-01	38.4	42.9	31.5	27.7	18.6	0.4	47.8	6.0	0.0	0.0	0.0	0.4	77.8	54.2	0.0	81.7	213.7
Μέση Γιμή	44.56	38.36	72.24	66.15	47.15	43.07	16.35	10.65	3.07	0.00	2.20	3.17	185.53	70.07	5.27	86.09	346.96
Γεν. Απόκλιση	78.21	26.65	42.67	39.21	30.57	31.41	13.15	11.15	6.35	0.00	7.09	4.31	67.88	36.31	8.83	74.65	72.63
Συντ. Μεταβλ.	1.75	0.69	0.59	0.59	0.65	0.73	0.80	1.05	2.07	-	3.22	1.36	0.37	0.52	1.68	0.87	0.21
Μέγ. Γιμή	322.0	110.1	167.9	148.9	112.7	103.0	47.8	36.0	22.0	0.0	28.6	13.7	291.0	163.5	28.6	342.7	454.0
Ελάχ. Γιμή	0.0	11.2	23.6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.4	10.9	0.0	13.5	200.8
Συντ. Ασυμ.	3.36	1.41	1.28	0.72	0.53	0.36	1.27	1.17	2.41	-	3.90	1.62	-0.29	0.91	1.89	2.93	-0.59

Πίνακας 5.4: Συνθετική ιστορική χρονοσειρά δηντικής εξατμισοδιαπνοής σταθμού Μυκόνου (Δασκαλάκης Κων/νος κ.α, 2000)

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1985-86	50.9	43.5	29.9	24.9	24.6	31.0	61.7	83.0	131.7	150.8	141.5	99.4	872.8
1986-87	61.1	32.3	23.2	26.1	22.7	16.7	44.8	78.2	127.7	151.9	138.5	99.4	822.4
1987-88	56.8	34.5	25.1	24.9	19.8	30.7	46.7	90.6	138.8	162.5	136.2	103.1	869.5
1988-89	56.6	27.2	22.8	16.3	33.2	54.5	61.0	80.6	124.8	141.3	135.5	102.6	856.3
1989-90	58.6	35.0	25.5	17.7	21.9	38.0	59.1	86.2	123.8	147.6	126.8	97.8	838.0
1990-91	66.8	48.1	28.7	19.0	20.1	34.5	48.3	75.8	128.7	142.4	133.6	96.2	842.1
1991-92	69.4	39.1	13.8	17.7	14.4	27.9	51.6	71.3	126.8	136.0	138.1	92.0	798.0
1992-93	84.9	41.4	18.6	19.4	13.3	29.6	46.6	84.6	130.7	142.4	136.5	101.8	849.6
1993-94	79.5	35.4	30.3	26.5	22.3	33.0	59.7	99.0	123.8	147.6	149.6	121.1	927.8
1994-95	80.9	36.3	23.6	24.5	27.7	34.0	49.0	84.6	147.0	148.7	135.5	107.5	899.2
1995-96	56.2	28.1	28.7	18.0	21.6	21.4	44.3	102.7	126.8	148.5	136.2	103.1	835.4
1996-97	61.5	41.9	32.9	25.7	20.5	27.8	35.9	90.4	136.7	161.6	129.7	83.2	847.7
1997-98	59.8	40.6	27.4	23.0	26.1	24.2	56.4	87.1	133.7	162.7	143.5	101.0	885.5
1998-99	76.1	45.5	24.7	24.5	21.2	35.0	57.7	92.9	134.7	156.2	153.7	104.2	926.4
1999-00	78.8	43.5	32.9	12.9	19.8	27.0	57.3	88.1	118.1	161.4	134.2	102.3	876.1
2000-01	61.5	45.4	27.8	26.1	23.0	49.7	54.5	85.4	124.8	163.8	147.6	113.4	922.9
Μέση Γιμή	66.21	38.60	25.98	21.71	22.00	32.18	52.16	86.27	129.88	151.57	138.54	101.75	866.86
Γεν. Απόκλιση	10.62	6.22	5.03	4.33	4.70	9.48	7.40	8.02	7.06	8.87	7.12	8.36	38.17
Συντ. Μεταβλ.	0.16	0.16	0.19	0.20	0.21	0.29	0.14	0.09	0.05	0.06	0.05	0.08	0.04
Μέγ. Γιμή	84.9	48.1	32.9	26.5	33.2	54.5	61.7	102.7	147.0	163.8	153.7	121.1	927.8
Ελάχ. Γιμή	50.9	27.2	13.8	12.9	13.3	16.7	35.9	71.3	118.1	136.0	126.8	83.2	798.0
Συντ. Ασυμ.	0.49	-0.41	-0.87	-0.55	0.40	0.97	-0.54	0.25	0.81	0.00	0.66	0.19	0.22



Διάγραμμα 5.1: Βροχόπτωση – Εξατμισοδιαπνοή – Επιφ. Απορροή – Κατείσδυση



Εικόνα 5.2: Στιγμιότυπο οθόνης από την εισαγωγή των ιστορικών χρονοσειρών στον Υδρονομέα

	Section: 1
1985/10	29,10
1985/11	20,20
1985/12	71,60
1986/01	66,10
1986/02	56,40
1986/03	10,50
1986/04	16,40
1986/05	10,70
1986/06	5,40
1986/07	0,00
1986/08	2,20
1986/09	3,20
1986/10	58,00
1986/11	11,20
1986/12	25,80
1987/01	66,10
1987/02	40,60
1987/03	79,40
1987/04	16,40

Εικόνα 5.3: Στιγμιότυπο οθόνης από την ιστορική χρονοσειρά βροχόπτωσης στον Υδρονομέα

	Section: 1
1985/10	2,91
1985/11	2,02
1985/12	7,16
1986/01	6,61
1986/02	5,64
1986/03	1,05
1986/04	1,64
1986/05	1,07
1986/06	0,54
1986/07	0,00
1986/08	0,22
1986/09	0,32
1986/10	5,80
1986/11	1,12
1986/12	2,58
1987/01	6,61
1987/02	4,06
1987/03	7,94

Εικόνα 5.4: Στιγμιότυπο οθόνης από την ιστορική χρονοσειρά απορροής στον Υδρονομέα

Η χρονοσειρά αυτή λόγω έλλειψης στοιχείων και λόγω του ότι αποτελεί βάση για τα εναλλακτικά σενάρια που θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν στη συνέχεια, υπολογίστηκε απλοϊκά πολλαπλασιάζοντας την ιστορική χρονοσειρά βροχόπτωσης με το C , τον συντελεστή απορροής που για το αρχικό σενάριο βασισμένο στην βιβλιογραφία, επιλέχθηκε να έχει την τιμή 10% ή 0,01. Τα σενάρια που αναφέραμε προηγουμένως θα έχουν τιμές διαφορετικές από 0,01.

Section: 1	
1985/10	50,90
1985/11	43,50
1985/12	29,90
1986/01	24,90
1986/02	24,60
1986/03	31,00
1986/04	61,70
1986/05	83,00
1986/06	131,70
1986/07	150,80
1986/08	141,50
1986/09	99,40
1986/10	61,10
1986/11	32,30
1986/12	23,20
1987/01	26,10
1987/02	22,70
1987/03	16,70

Εικόνα 5.5: Στιγμιότυπο οθόνης από την ιστορική χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής στον Υδρονομέα

Οι επεξεργασίες έγιναν με το λογισμικό Υδρογνώμων. Ο Υδρογνώμων είναι ένα σύστημα πληροφορικής για τη διαχείριση και ανάλυση της υδρολογικής πληροφορίας που διατίθεται ελεύθερα στον ιστότοπο της Ιτιάς. (<http://www.itia.ntua.gr/el/softinfo/28/>), και μεταξύ άλλων περιλαμβάνει εργαλεία υπολογισμού χρονοσειρών εξατμισοδιαπνοής. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάστηκαν ιστορικές χρονοσειρές εξατμίσεως για τους αντίστοιχους ταμιευτήρες του συστήματος (Παράρτημα Ι). Παρακάτω παρουσιάζεται στην εικόνα η ιστορική χρονοσειρά βροχόπτωσης που θα αποτελεί το δεδομένο εισαγωγής στον Υδρονομέα. Ο Υδρονομέας για να δεχτεί τα δεδομένα εισόδου των ιστορικών χρονοσειρών, πρέπει να είναι επεξεργασμένα με τον Υδρογνώμων.

Ημερομηνία	Βροχόπτωση
1985/10	20,20
1985/11	71,60
1985/12	66,10
1986/01	56,40
1986/02	10,50
1986/03	16,40
1986/04	10,70
1986/05	5,40
1986/06	0,00
1986/07	2,20
1986/08	3,20
1986/09	58,00
1986/10	11,20
1986/11	25,80
1986/12	66,10
1987/01	40,60
1987/02	79,40
1987/03	16,40
1987/04	10,70
1987/05	0,10
1987/06	0,00
1987/07	2,20
1987/08	3,20
1987/09	14,80
1987/10	58,60
1987/11	57,00
1987/12	66,10
1988/01	61,00
1988/02	59,70
1988/03	16,40

Εικόνα 5.6: Στιγμιότυπο οθόνης από την ιστορική χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής στον ΥΔΡΟΓΝΩΜΟΝΑ

5.4 Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών με το μοντέλο Κασταλία

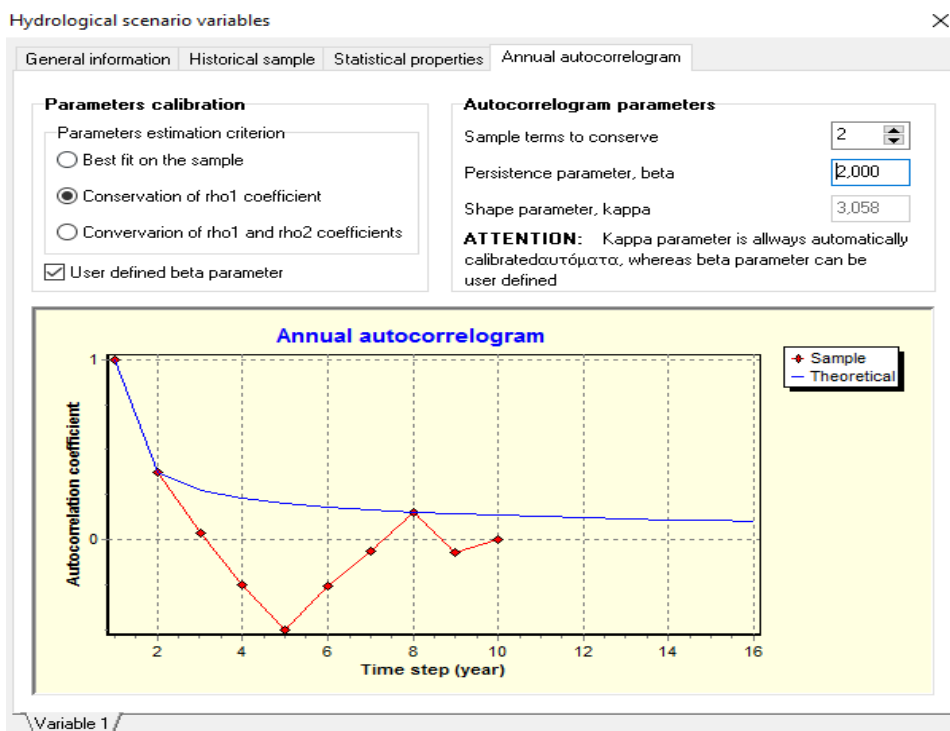
Οι ιστορικές χρονοσειρές που αναφέρθηκαν χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στη Κασταλία. Λόγω του μικρού μήκους τους, η παράμετρος εμμονής β καθορίστηκε εμπειρικά, και τέθηκε ίση με $\beta = 2$ για όλες τις μεταβλητές (Εικόνα). Για να μπορεί να οριστεί το θεωρητικό μοντέλο αυτοσυνδιασποράς, σε ορισμένες χρονοσειρές που ο ετήσιος συντελεστής αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης ήταν (οριακά) αρνητικός, αντικαταστάθηκε από μια μικρή θετικής τιμή, ίση με $\rho_1 = 0,10$. Όλες οι χρονοσειρές εισήχθησαν στο ίδιο σενάριο ώστε να διατηρηθεί η χωρική τους συσχέτιση, δηλαδή να αναπαραχθούν οι ετεροσυσχετίσεις όλων των μεταβλητών τόσο στη μηνιαία όσο και στην ετήσια κλίμακα.

Από την προσομοίωση κατασκευάστηκαν συνθετικές χρονοσειρές περιόδου 1000 ετών για κάθε διεργασία (απορροή ταμιευτήρα ή λεκάνης, βροχόπτωση). Αυτές είναι στατιστικά ισοδύναμες με τις ιστορικές (Εικόνα 5.8) ενώ έχουν και χαρακτηριστικά εμμονής, με περιόδους υγρών και ξηρών ετών σε ακολουθία (Εικόνα 5.9). Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη μελέτη του υδροσυστήματος, καθώς επιτρέπει την αξιολόγησή της συμπεριφοράς του κάτω από διάφορες συνθήκες, ακόμη και ακραίες (π.χ. περίοδοι μακροχρόνιων ξηρασιών). Στην εργασία αυτή από αυτά τα 1000 έτη, αντλήθηκαν σαν δεδομένα εισόδου στον Υδρονομέα τα 33 έτη, δηλαδή μέχρι το 2050, διάρκεια ικανή για να αποτιμηθούν τα διάφορα τεχνικά έργα.

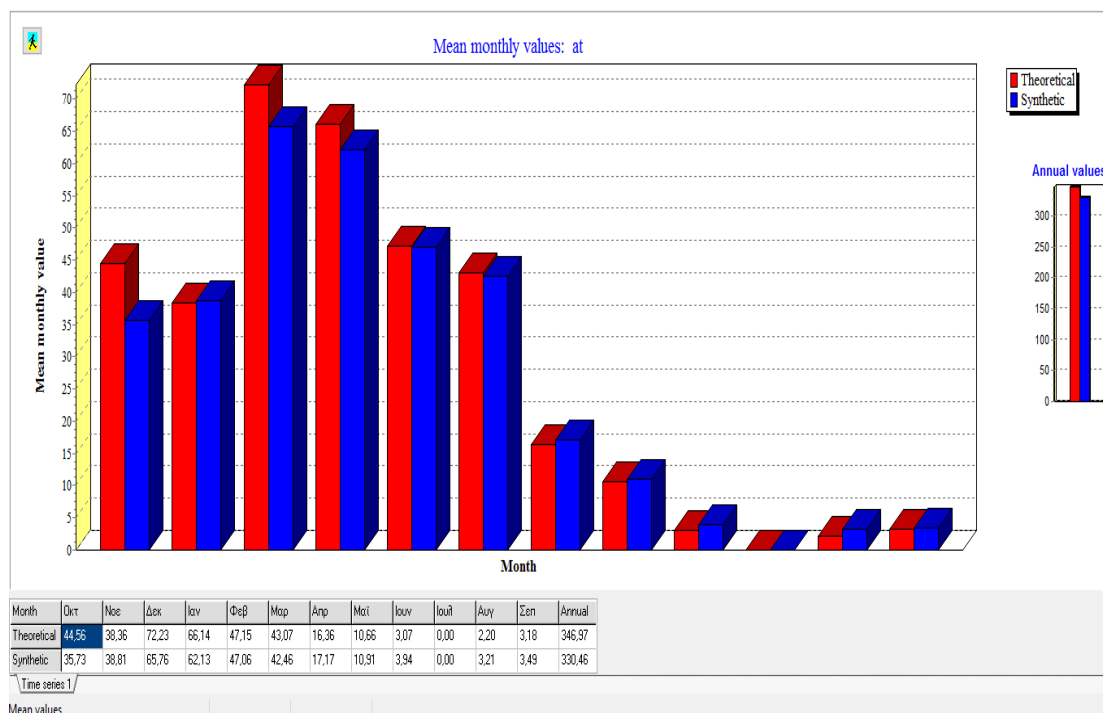
Παρόμοια διαδικασία έγινε για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών εξάτμισης των ταμιευτήρων. Στην περίπτωση αυτή, διαμορφώθηκε ένα πολυμεταβλητό μοντέλο με είσοδο τις 10 ιστορικές χρονοσειρές που κατασκευάστηκαν στο πλαίσιο της εργασίας. Σημειώνεται ότι οι συνθετικές εξατμίσεις παρήχθησαν από διαφορετικό μοντέλο, καθώς δεν συσχετίζονται με τις άλλες διεργασίες της περιοχής μελέτης (βροχόπτωση, απορροή).

Πίνακας 5.5: Παραγόμενη Συνθετική Χρονοσειρά Βροχόπτωσης με το πρόγραμμα Κασταλία

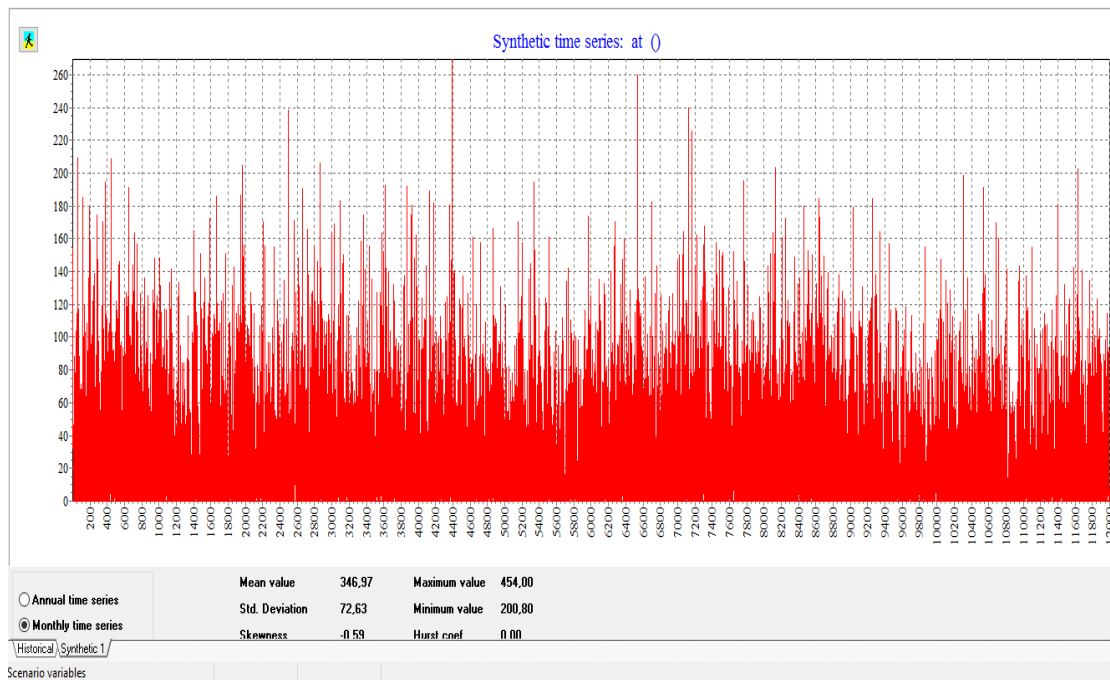
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016-17	76,69	33,58	61,80	154,46	52,51	12,43	5,73	18,90	6,87	0,00	0,00	3,28
2017-18	28,20	20,75	46,41	42,21	32,53	88,01	12,89	25,55	1,44	0,00	0,00	10,87
2018-19	85,36	17,47	23,66	65,39	78,07	1,48	13,90	7,59	0,00	0,01	2,31	13,77
2019-20	103,72	6,37	90,49	31,59	64,47	83,85	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	14,18
2020-21	114,23	11,36	83,07	17,93	63,03	39,44	10,85	0,00	19,46	0,00	0,02	8,67
2021-22	209,28	8,25	64,67	0,00	20,01	21,23	20,43	8,97	11,66	0,00	3,25	15,10
2022-23	116,90	10,98	88,35	10,12	66,71	16,84	24,52	9,90	0,00	0,01	0,00	0,00
2023-24	8,49	56,22	44,52	41,40	54,97	67,88	4,40	20,39	0,00	0,00	0,00	6,51
2024-25	68,07	15,43	35,49	71,25	66,43	44,26	40,50	13,73	0,00	0,00	0,00	8,02
2025-26	64,67	53,86	37,28	56,51	80,01	0,00	13,21	3,34	0,00	0,00	0,00	21,60
2026-27	185,34	16,08	57,92	36,48	31,57	33,00	3,83	2,65	0,65	0,00	4,23	0,00
2027-28	119,55	29,26	53,17	97,00	15,56	66,57	24,58	4,05	4,44	0,00	0,00	0,00
2028-29	0,00	27,42	48,14	103,16	54,05	94,23	34,75	6,48	1,70	0,00	7,57	5,18
2029-30	37,30	18,43	43,75	24,39	56,96	17,11	38,71	18,35	0,55	0,00	1,66	0,66
2030-31	108,70	41,81	29,73	68,66	59,40	91,67	4,77	6,84	19,02	0,00	0,00	0,00
2031-32	0,00	17,66	135,94	50,55	109,39	93,90	0,00	21,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2032-33	0,00	51,02	78,04	178,94	54,02	30,20	5,33	10,24	0,00	0,00	0,00	4,80
2033-34	158,53	11,33	82,83	22,25	95,44	32,15	8,24	15,61	7,53	0,00	0,00	2,55
2034-35	15,93	74,50	24,38	67,05	29,80	101,25	5,77	1,04	1,62	0,00	14,94	14,43
2035-36	121,89	9,11	75,23	41,00	16,12	76,82	6,60	5,08	0,00	0,00	0,00	0,00
2036-37	0,00	88,42	40,90	40,38	96,90	130,96	4,84	3,47	5,84	0,00	0,00	2,73
2037-38	22,19	13,48	138,73	90,68	52,58	56,61	15,69	1,99	0,30	0,00	0,00	0,00
2038-39	69,21	37,74	60,87	16,21	74,12	84,47	16,50	6,22	2,11	0,00	3,67	3,13
2039-40	174,11	2,75	72,42	85,21	23,53	59,78	0,72	14,50	3,71	0,00	0,00	15,76



Εικόνα 5.7: Αυτοσυσχετόγραμμα απορροής



Εικόνα 5.8: Σύγκριση μέσω μηνιαίων τιμών ιστορικού και συνθετικού δείγματος



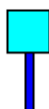
Εικόνα 5.9: Συνθετική χρονοσειρά απορροής ταμιευτήρα Μαραθίου

5.5 Επεξήγηση της σχηματικής απεικόνισης του υδροσυστήματος στο μοντέλο Υδρονομέας

Κόμβοι Προσφοράς Νερού

Όπως είπαμε και σε προηγούμενο κεφάλαια, η ζήτηση σε νερό του νησιού καλύπτεται πρωταρχικά από τους 2 ταμιευτήρες, τις μονάδες αφαλάτωσης, τις γεωτρήσεις – πηγάδια και τη μεταφορά νερού με πλοία.

Ταμιευτήρας Μαραθιά



Εικόνα 5.10: Απεικόνιση ταμιευτήρων

Τα δεδομένα εισόδου στην περίπτωση των 2 ταμιευτήρων αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο



Μονάδες Αφαλάτωσης

Εικόνα 5.11: Απεικόνιση μονάδων αφαλάτωσης

Οι μονάδες αφαλάτωσης λόγω έλλειψης ακριβέστερου τρόπου προσομοίωσης στο μοντέλο, απεικονίζονται ως γεωτρήσεις.

Borehole [X]

Main Economy

Name (Show) Μονάδες Αφαλάτωσης

Node Δ. Μυκόνου

Max. discharge 0.02 m³/s

Usage thresholds

Upper threshold 1

Lower threshold 0

Specific energy 8.35 kWh/m³

OK Cancel

Εικόνα 5.12: Στιγμιότυπο δεδομένων εισόδου προσφοράς νερού μονάδων αφαλάτωσης



Borehole [X]

Main Economy

Name (Show) Γεωτρήσεις

Node Δ. Μυκόνου

Max. discharge 0.07 m³/s

Usage thresholds

Upper threshold 1

Lower threshold 0

Specific energy 0.5 kWh/m³

OK Cancel

Εικόνα 5.13: Στιγμιότυπο δεδομένων εισόδου προσφοράς νερού γεωτρήσεων



Η μεταφορά νερού με πλοία λόγω έλλειψης ακριβέστερου τρόπου προσομοίωσης στο μοντέλο, απεικονίζονται ως γεωτρήσεις.

Borehole [X]

Main Economy

Name (Show) Μεταφορά Νερού

Node J39

Max. discharge 0,00096 m³/s

Usage thresholds

Upper threshold 1

Lower threshold 0

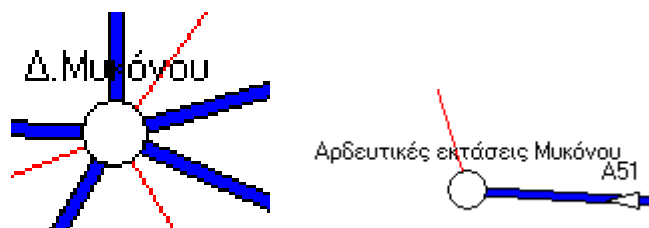
Specific energy 1 kWh/m³

OK Cancel

Εικόνα 5.14: Στιγμιότυπο δεδομένων εισόδου προσφοράς νερού μεταφοράς με πλοία

Κόμβοι ζήτησης

Για λόγους λειτουργίας του μοντέλου και για την καλύτερη προσομοίωση της πραγματικότητας, οι κόμβοι ζήτησης ύδρευσης και άρδευσης είναι διαφορετικοί, ενώ στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο.



Εικόνα 5.15: Απεικόνιση κόμβων ζήτησης

Στόχοι



Εικόνα 5.16: Απεικόνιση στόχων κόμβων ζήτησης.

Εδώ φέρεται σαν παράδειγμα ο στόχος για ύδρευση του Δ.Μυκόνου. Ακριβώς το ίδιο απεικονίζονται και οι υπόλοιποι στόχοι που αναλύθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια.

Target

General Data

Name (Show) Target priority

Category Unit profit

Node Excess profit

Return node Unit penalty for deficits

Constant target value hm3/Month Return ratio

Description

Εικόνα 5.17: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου ύδρευσης Δ.Μυκόνου.

Target

General Data

Initial values

Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
hm3	0.049	0.044	0.062	0.068	0.095	0.11	0.238	0.317	0.133	0.07	0.06	0.049

Specific values

Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December

Εικόνα 5.18: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου ύδρευσης Δ.Μυκόνου.

Target

General Data

Name (Show) Target priority

Category Unit profit

Node Excess profit

Return node Unit penalty for deficits

Constant target value hm3/Month Return ratio

Description

Εικόνα 5.19: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου Άρδευσης Άνω Μεράς

Target X

General Data

Initial values

Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
hm3	0,064	0,069	0,082	0,096	0,119	0,134	0,143	0,133	0,111	0,093	0,073	0,066

Specific values

Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December

OK Cancel

Εικόνα 5.20: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου Άρδευσης Άνω Μεράς

Target X

General

Name (Show) Target priority

Category Unit profit

Node Excess profit

Return node Unit penalty for deficits

Constant target value hm3/Month Return ratio

Description

OK Cancel

Εικόνα 5.21: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου κτηνοτροφίας

Target X

General

Name (Show) Target priority

Category Unit profit

Node Excess profit

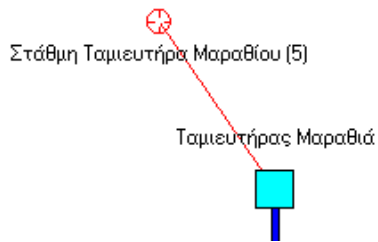
Return node Unit penalty for deficits

Constant target value hm3/Month Return ratio

Description

OK Cancel

Εικόνα 5.22: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου βιομηχανίας



Εικόνα 5.23: Απεικόνιση στόχου Στάθμης Μαραθίου

Με τον στόχο αυτό προσομοιόθηκε καλύτερα η λειτουργία του συστήματος υδροδότησης. Προτεραιότητα είναι να μην αντλείται νερό από τους ταμιευτήρες, δηλαδή η στάθμη του ταμιευτήρα να μην μειώνεται, παρά μόνο όταν η ζήτηση δεν καλύπτεται μόνο από τις μονάδες αφαλάτωσης. Ο ίδιος στόχος εννοείται ότι υπάρχει και στον ταμιευτήρα Άνω Μεράς.

Εικόνα 5.24: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου στάθμης του ταμιευτήρα Μαραθίου

Εικόνα 5.25: Στιγμιότυπο από τη εισαγωγή δεδομένων του στόχου Νερού Μεταφοράς με Πιλοίο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Προσομοίωση Συστήματος - Αποτελέσματα προσομοίωσης - Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στα Κεφάλαια 4 και 5 έγινε εκτενής ανάπτυξη της σχηματοποίησης του συστήματος και του καθορισμού των υδρολογικών δεδομένων εισόδου. Το παρών κεφάλαιο αφιερώνεται στην ανάλυση της διαδικασίας της προσομοίωσης του μοντέλου μέσα από την αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων διαχειριστικής πολιτικής του συστήματος. Καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε να καταρτιστούν σενάρια που να επιτρέπουν όσο το δυνατόν πιο σφαιρική μελέτη του υδροσυστήματος.

6.1 Γενικοί Προβληματισμοί

Από την παράθεση των δεδομένων που προηγήθηκε στο Κεφάλαιο 2 γίνεται εμμέσως προφανές πως το κυριότερο πρόβλημα που έχουμε να αντιμετωπίσουμε είναι η κάλυψη των αναγκών σε νερό της νήσου Μυκόνου με το καλύτερο δυνατό τρόπο διαχείρισης των υδατικών πόρων. Η σωστή διαχείριση του συστήματος προϋποθέτει την επίτευξη καλών αποτελεσμάτων για όλους τους στόχους που καθορίστηκαν στο Κεφάλαιο 5. Κατά τη διαδικασία του καθορισμού των ζητήσεων (Κεφάλαιο 3) έγινε η θεώρηση ότι όλες οι ζητήσεις είναι δεδομένες και αμετάβλητες. Στο παρόν πρόβλημα θα διερευνηθούν οι διαχειριστικές επιλογές των μεταβλητών κόμβων προσφοράς νερού, ώστε να βρεθούν οι καταλληλότερες λύσεις που να ικανοποιούν τους στόχους που τέθηκαν με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και το μικρότερο δυνατό κόστος.

Γι αυτό το λόγο θα πρέπει να διερευνηθούν και διάφορα ακόμα σενάρια, δηλαδή άλλες διατάξεις που αφορούν πρακτικά στην διατύπωση της προσομοίωσης του συστήματος (σχηματοποίηση, ζητήσεις, περιορισμοί). Τα σενάρια αυτά περιλαμβάνουν:

1. Σενάριο 1. Θα εξεταστεί το σύστημα σε υποθετικές συνθήκες λειτουργίας, δηλαδή στην περίπτωση που όλοι οι κόμβοι προσφοράς τροφοδοτούν με νερό τους κόμβους ζήτησης.
2. Σενάριο 2. Θα εξεταστεί η προσφορά που έχουν οι ταμιευτήρες στο υδροσύστημα του νησιού και το τελικά κατα πόσο ήταν και είναι αναγκαία η λειτουργία τους στην διακπεραίωση των στόχων που τέθηκαν.
3. Σενάριο 3. Θα εξεταστεί η προσφορά των υπόλοιπων διαθέσιμων κόμβων προσφοράς νερού, δηλαδή η περίπτωση του αν οι στόχοι να ικανοποιούνται μόνο από τη λειτουργία των ταμιευτήρων.
4. Σενάριο 4. Θα εξεταστεί αν οι Μονάδες Αφαλάτωσης έχουν την δυνατότητα να καλύψουν αυτές μόνο αποκλειστικά τις απαιτήσεις του συστήματος σε νερό και με ποιό κόστος.
5. Σενάριο 5. Εναλλακτικό σενάριο του 4. Θα εξεταστεί η περίπτωση που οι Μονάδες Αφαλάτωσης σε συνδυασμό με τις Γεωτρήσεις και τη Μεταφορά Νερού είναι υπεύθυνες για την κάλυψη των αναγκών του νησιού.

6. Σενάριο 6. Θα εξεταστεί αν οι Μονάδες Αφαλάτωσης σε συνδυασμό με τους 2 Ταμιευτήρες και τις αρδευτικές Γεωτρήσεις είναι σε θέση να καλύψουν τις ανάγκες και του συστήματος και να ικανοποιήσουν όλους τους στόχους.
7. Σενάριο 7. Σε συνδυασμό με το προηγούμενο σενάριο, υπεσέρεται στο σύστημα και η Μεταφορά νερού.
8. Σενάριο 8. Θα εξεταστεί το σενάριο σύνδεσης των 2 Ταμιευτήρων μεταξύ τους, και συγκεκριμένα ο Ταμιευτήρας Άνω Μέρως να είναι σε θέση να καλύψει και αυτός τους στόχους στον κόμβο Δ.Μυκόνου.
9. Σενάριο 9. Θα εξεταστεί το σενάριο προσφοράς νερού από ένα 3^ο Ταμιευτήρα με τεχνικά στοιχεία παρόμοια με αυτά του Μαραθιά, που θα συνδεέται με όλους τους κόμβους ζήτησης.

Αφού λοιπόν εξεταστούν όλα τα σενάρια, εκτός από την επιλογή αυτών που θα ικανοποιούν τους στόχους, θα γίνει σύγκριση μεταξύ τους για να καταλήξουμε στο καταλληλότερο από οικονομική άποψη για το σύστημα. Στα σενάρια αυτά (με εξαίρεση τα σενάρια 2,3) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που είναι επιτυχή για το σύστημα και δεν έχουμε καμία αστοχία στόχων, γιατί αυτό είναι και το ζητούμενο, το τι χρειάζεται δηλαδή να γίνει για να ικανοποιούνται όλοι οι στόχοι. Το κατά πόσο αυτό είναι εφικτό, δεν αποτελεί αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας.

6.2 Ανάλυση και αποτελέσματα των σεναρίων

6.2.1 Σενάριο 1

Στο σενάριο αυτό, το σύστημα έχει τη γενική σχηματοποίηση, δηλαδή οι κόμβοι προσφοράς είναι όλοι διαθέσιμοι. Σαν δεδομένα εισαγωγής χρησιμοποιούνται οι συνθετικές χρονοσειρές που είπαμε προηγουμένως στο Κεφάλαιο 5.3 και οι στόχοι ζήτησης είναι αυτοί που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶ €)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μέρως - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μέρως	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μέρως - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	19.686	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μέρως - Min. vo	1.000	1.000	255	0.466	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	1.000	1.000	99	0.010	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.1: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 1

Σε αυτό το σημείο, υπάρχει η αναγκαιότητα να επεξηγηθούν οι στήλες και οι γραμμές του παραπάνω πίνακα η αλλιώς φόρμα αστοχίας, καθώς αυτός θα είναι η αρχική μας ένδειξη για το πότε αστοχεί το σύστημα.

Με τον όρο αστοχία νοείται η μη ικανοποίηση της ζητούμενης ποσότητας, σε κάποιο χρονικό βήμα. Κατά την διάρκεια της προσομοίωσης, το μοντέλο καταμετρά τα χρονικά βήματα στα οποία δεν επιτεύχθηκε η ζητούμενη τιμή κάθε στόχου, και υπολογίζει το αντίστοιχο έλλειμμα (στην περίπτωση στόχων κατανάλωσης και

παραγωγής ενέργειας, και περιορισμών ελάχιστου αποθέματος σε ταμιευτήρα και ελάχιστης παροχής σε υδραγωγείο ή υδατόρευμα) ή υπέρβαση (στην περίπτωση περιορισμών μέγιστου αποθέματος σε ταμιευτήρα και μέγιστης παροχής σε υδραγωγείο ή υδατόρευμα). Στη φόρμα παρατίθενται μια σειρά από μέτρα αστοχίας σε μορφή πίνακα, ως εξής:

1η στήλη (Target): Η ονομασία του στόχου/περιορισμού.

2η στήλη (Mean annual failure): Εκφράζει την μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας, δηλαδή το ποσοστό των χρονικών περιόδων (ετών) κατά τις οποίες δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου ως προς το σύνολο των προσομοιωμένων περιόδων, δηλαδή το συνολικό μήκος της προσομοίωσης σε έτη.

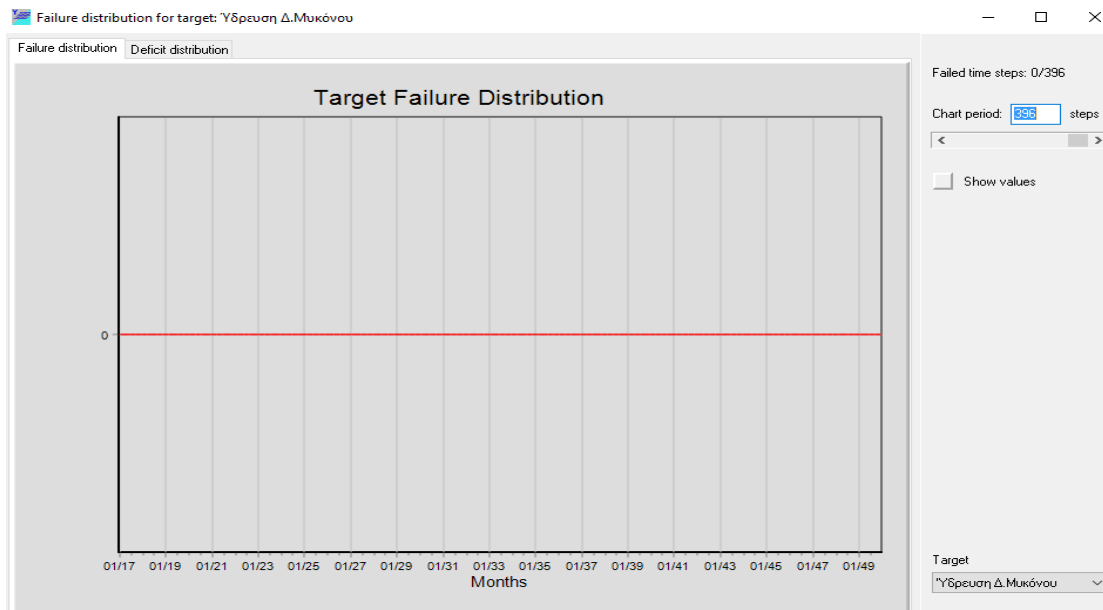
3η στήλη (Max. annual failure): Εκφράζει την μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας, συγκρίνοντας για κάθε προσομοιωμένο έτος το αντίστοιχο ποσοστό των υδρολογικών σεναρίων στα οποία δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου. Η πιθανότητα αυτή είναι εξ ορισμού μεγαλύτερη ή ίση σε σχέση με την αντίστοιχη μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας. Ο δείκτης μέγιστης ετήσιας αστοχίας χρησιμεύει στην περίπτωση που εξετάζονται περισσότερα υδρολογικά σενάρια (καταληκτική προσομοίωση), διαφορετικά, στην προσομοίωση μόνιμης κατάστασης, παίρνει τιμές 0 ή 1.

4η στήλη (Failed time steps): Εκφράζει τον αριθμό άστοχων χρονικών βημάτων, δηλαδή τον αριθμό των μηνών κατά τους οποίους δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου.

5η στήλη (Mean annual deficit): Εκφράζει το μέσο ετήσιο έλλειμμα, δηλαδή την μέση απόκλιση από την ετήσια τιμή-στόχο καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.

6η στήλη (Max. annual deficit): Εκφράζει το μέγιστο ετήσιο έλλειμμα, συγκρίνοντας για κάθε προσομοιωμένο έτος την μέση απόκλιση από την αντίστοιχη ετήσια τιμή-στόχο του συνόλου των υδρολογικών σεναρίων.

Όπως φαίνεται στη φόρμα αστοχίας, όπως ήταν αναμενόμενο, δεν έχουμε καμία αστοχία του συστήματος, δηλαδή όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται στο 100%. Οι μόνοι στόχοι που δεν ικανοποιούνται, είναι αυτοί που αφορούν τη στάθμη των ταμιευτήρων, αλλά όπως είπαμε αυτή η αστοχία είναι επιθυμητή καθώς είναι "πλασματικοί" στόχοι και υπάρχουν στο σύστημα μόνο και μόνο για να προσομοιωθεί καλύτερα το γεγονός ότι δίνεται προτεραιότητα χρησιμοποίησης του νερού των μονάδων αφαλατώσης και μετά των ταμιευτήρων.



Εικόνα 6.2: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

Η φόρμα δίνει σε μορφή γραφήματος την πρόγνωση πιθανότητας αστοχίας για κάθε μήνα της προσομοιωμένης περιόδου και κάθε στόχο που έχει θέσει ο χρήστης. Η πιθανότητα αστοχίας υπολογίζεται εμπειρικά, ως το ποσοστό των υδρολογικών σεναρίων για τα οποία δεν επιτεύχθηκε η ζητούμενη τιμή του στόχου. Στο κάτω δεξί μέρος της φόρμας ο χρήστης επιλέγει από το πτυσσόμενο μενού (Target) τον στόχο, ενώ με τη μπάρα κύλισης μπορεί να περιορίσει τον χρονικό ορίζοντα του γραφήματος (Chart period).

Στην από πάνω εικόνα φαίνεται το γράφημα του στόχου Ύδρευση Δ.Μυκόνου, που όπως φάνηκε και στη φόρμα αστοχίας, δεν αστοχεί ποτέ. Το ίδιο διάγραμμα εμφανίζεται και για τους υπόλοιπους στόχους.

	Ταμειωτήρας Μηνιαία	Ταμειωτήρας Άνω Μηνιάς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.029 (0.037)	0.020 (0.025)	0.049
Rainfall	0.008 (0.011)	0.004 (0.005)	0.012
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.021 (0.015)	0.009 (0.006)	0.030
Aqueduct outflow	0.020 (0.027)	0.014 (0.016)	0.035
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.004 (0.075)	-0.000 (0.030)	-0.004
Verification	-0.000	0.000	-0.000
Mean level [m]	15.529 (4.637)	31.046 (1.080)	
Mean storage [hm ³]	1.403 (0.422)	0.963 (0.045)	

Εικόνα 6.3: Φόρμα ισοζυγίου Ταμειωτήρων Σεναρίου 1

Στο 1ο φύλλο της φόρμας ισοζυγίων αναλύεται το υδατικό ισοζύγιο κάθε ταμιευτήρα. Όλες οι τιμές πλην της στάθμης αναφέρονται σε εκ. κυβικά μέτρα και αφορούν μέσες μηνιαίες τιμές ενώ σε παρένθεση δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις. Συγκεκριμένα, ο πίνακας περιλαμβάνει στην πρώτη σειρά τους ταμιευτήρες του υδροσυστήματος, ενώ στις επόμενες σειρές αναγράφονται τα ακόλουθα στοιχεία:

Είσοδοι

- Subcatchment runoff: Εισροή στον ταμιευτήρα από την λεκάνη απορροής του.
- Rainfall: Επιφανειακή βροχόπτωση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα.
- Aqueduct inflow: Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδραγωγεία.
- River inflow: Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδατορεύματα.
- Aquifer inflow: Συνολικές εισροές από γεωτρήσεις.
- External inflow: Συνολικές εισροές από άλλες εξωτερικές πηγές.
- Returned water: Συνολική επιστροφή νερού στο υδροσύστημα μέσω του ταμιευτήρα ύστερα από χρήση για την εξυπηρέτηση στόχων κατανάλωσης νερού.

Έξοδοι (σε γρι φόντο)

- Leakage: Υπόγειες διαφυγές.
- Evaporation: Επιφανειακή εξάτμιση.
- Aqueduct outflow: Συνολικές εκροές σε κατάντη υδραγωγεία.
- River outflow: Συνολικές εκροές σε κατάντη υδατορεύματα.
- Water supply: Συνολική κατανάλωση νερού για ύδρευση.
- Irrigation: Συνολική κατανάλωση νερού για άρδευση.
- Spill: Υπερχειλίσσεις από τον ταμιευτήρα.
- System loss: Απώλειες από το σύστημα.
- Storage usage: Το ισοζύγιο κλείνει η (θετική ή αρνητική) διαφορά όγκου μεταξύ έναρξης και λήξης της προσομοίωσης.

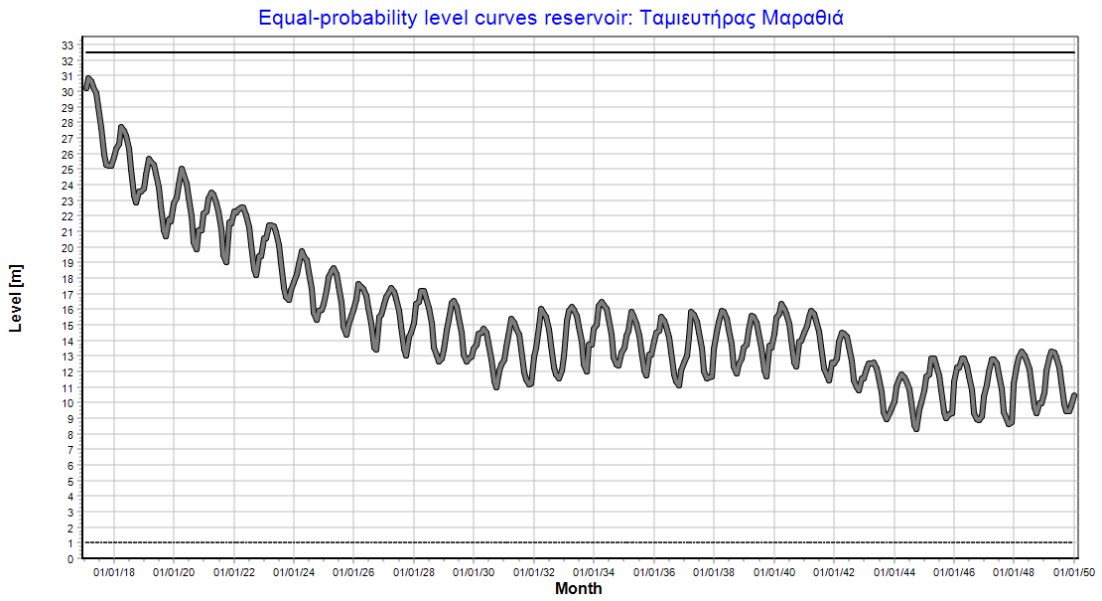
Στο τέλος βλέπουμε ότι :

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 15,529 m

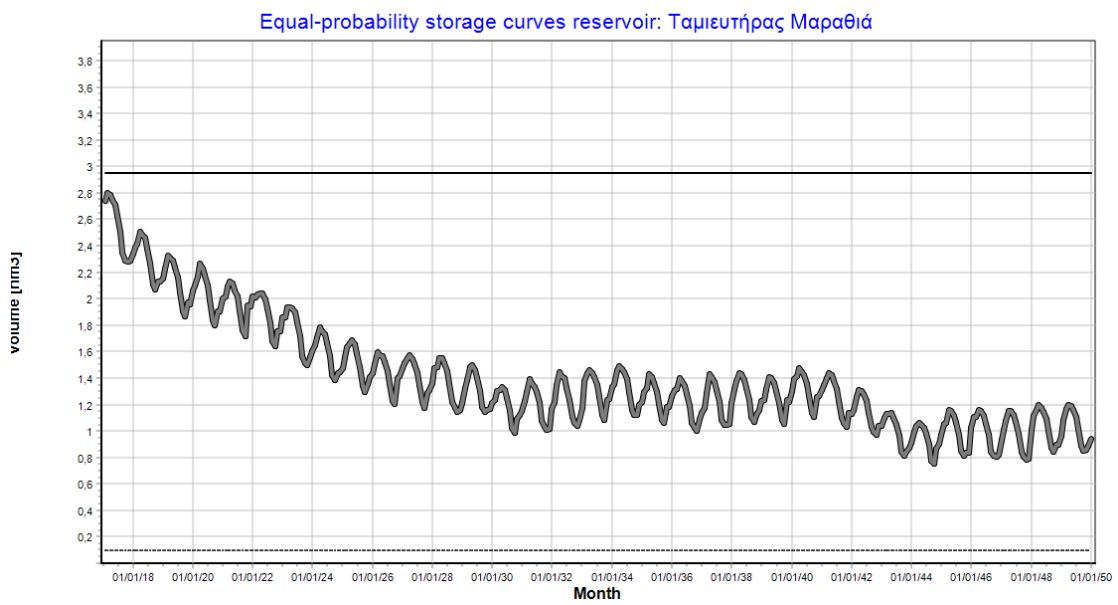
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 1,403 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 31,046 m

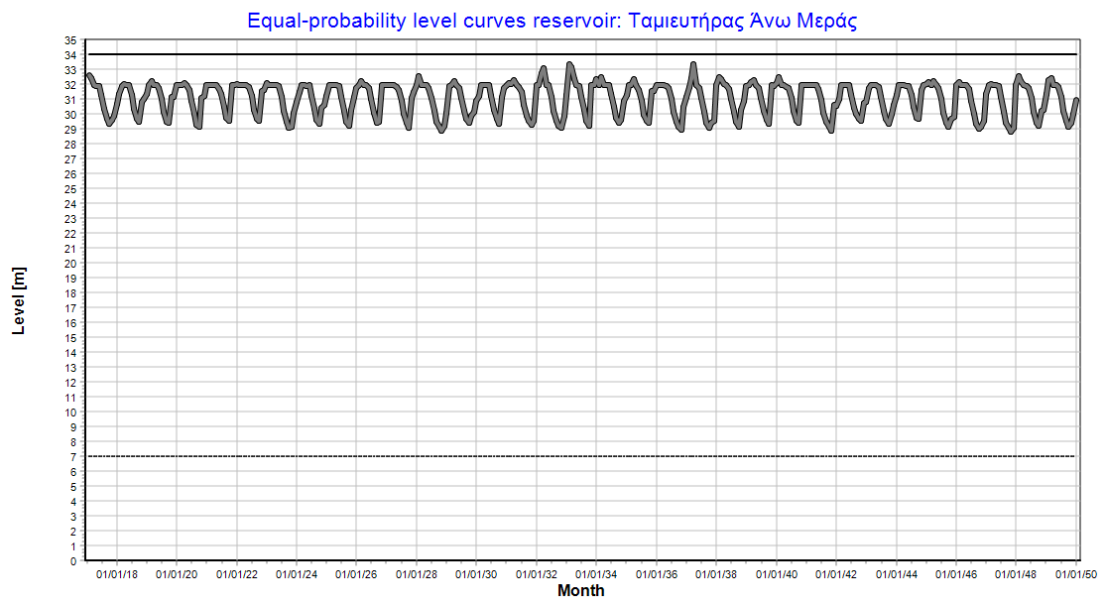
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,963 hm³



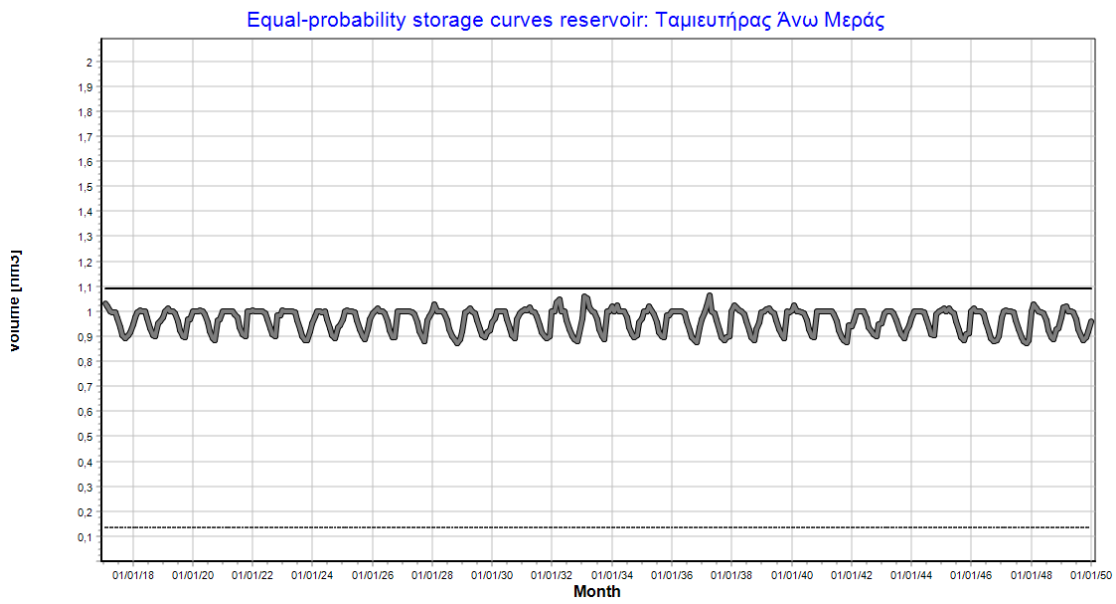
Σχήμα 6.1: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 1



Σχήμα 6.2: Διακύμανση Αποθέματος ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 1



Σχήμα 6.3: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 1



Σχήμα 6.4: Διακύμανση Αποθέματος ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 1

	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES							
SUB TOTAL		0.000		0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS							
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000		
BOREHOLE GROUP:							
Γεωτρήση Αγ.Σοφία	0.500	0.011 (0.004)	0.006 (0.002)		5.660 (2.095)		0.694
Μεταφορά Νερού	1.000	0.012 (0.002)	0.012 (0.002)		61.267 (10.023)		1.000
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.140 (0.373)		1.000
Γεωτρήσεις	0.500	0.036 (0.020)	0.016 (0.010)		18.014 (9.928)		0.651
Μονάδες Αφαλάτωση	8.350	0.019 (0.019)	0.161 (0.161)		15.406 (15.423)		0.750
Μονάδες Αφαλάτωση	8.350	0.006 (0.010)	0.053 (0.087)		5.032 (8.338)		0.586
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.075 (0.357)		1.000
SUB TOTAL		0.138	0.275		131.593		
TOTAL		0.138	0.275	0.000	131.593	0.000	

Εικόνα 6.4: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 1

Στη φόρμα αυτή παρατίθενται οι κόμβοι προσφοράς νερού. Φαίνονται δηλαδή η ποσότητα νερού που έδωσε ο κάθε κόμβος προσφοράς, πόση ενέργεια καταναλώθηκε και το πόσο κόστισε για να παροχετεύσει ο κάθε κόμβος το νερό που χρειάστηκε στο σύστημα. Στο τέλος δίνεται και το συνολικό νερό που παρείχε το σύστημα, η συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε και το συνολικό κόστος που χρειάστηκε για να παροχετευθεί στο σύστημα αυτή η ποσότητα νερού.

Εδώ βλέπουμε ότι εφόσον έχουμε όλους τους κόμβους να λειτουργούν και να προσφέρουν νερό κανονικά, ο Υδρονομέας έδωσε αυτά τα αποτελέσματα με γνώμονα να ικανοποιηθούν όλοι οι στόχοι με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Παρατηρούμε δηλαδή σε αυτό το σενάριο ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο σύστημα την έχουν οι Γεωτρήσεις και οι Μονάδες Αφαλάτωσης, με τις αντίστοιχες τιμές που φαίνονται στον πίνακα

Στο τέλος το πρόγραμμα μας δίνει τη συνολική ποσότητα νερού που έδωσαν οι κόμβοι στο σύστημα, καθώς επίσης και το ενεργειακό μαζί με το χρηματικό κόστος συνεισφορά τους στο σύστημα.

Συνολικό κόστος = 131593 € Κατανάλωση ενέργειας = 0,275 GWh

6.2.2 Σενάριο 2

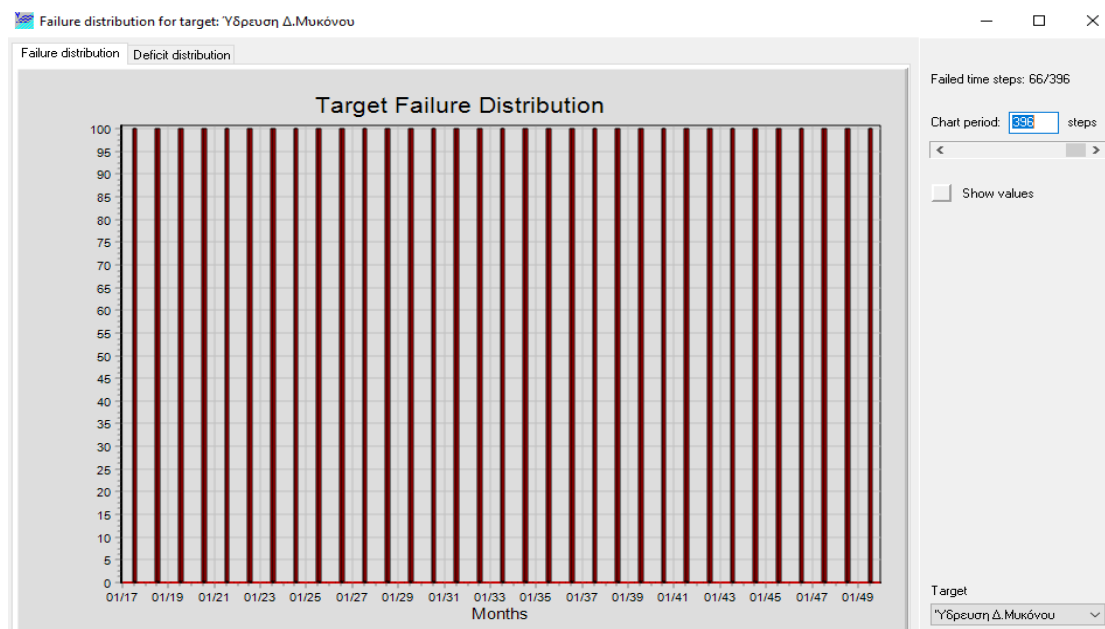
Σε αυτό το σενάριο γίνεται η απόπειρα να ελεγχθεί με τη βοήθεια του προγράμματος Υδρονομέας, η συνεισφορά των 2 ταμιευτήρων στο σύστημα, με απώτερο στόχο να εξακριβωθεί αν τελικά η κατασκευή και η λειτουργία τους είναι απαραίτητη, δηλαδή αν οι απαιτήσεις σε νερό μπορούν να καλυφθούν από τους υπόλοιπους κόμβους προσφοράς. Για αυτό το σκοπό οι 2 ταμιευτήρες τέθηκαν εκτός λειτουργίας, δηλαδή η παροχή τους στο σύστημα μηδενίστηκε. Για να μην αλλοιωθεί εντελώς η σχηματοποίηση του συστήματος, για να προσομοιωθεί η μηδενική συνεισφορά των 2 ταμιευτήρων, προτιμήθηκε να τεθεί η τιμή μηδέν στην παροχετευτικότητα των αγωγών που συνδέουν τους ταμιευτήρες με τους υπόλοιπους κόμβους του συστήματος από το να αφαιρεθούν εντελώς.

Target results

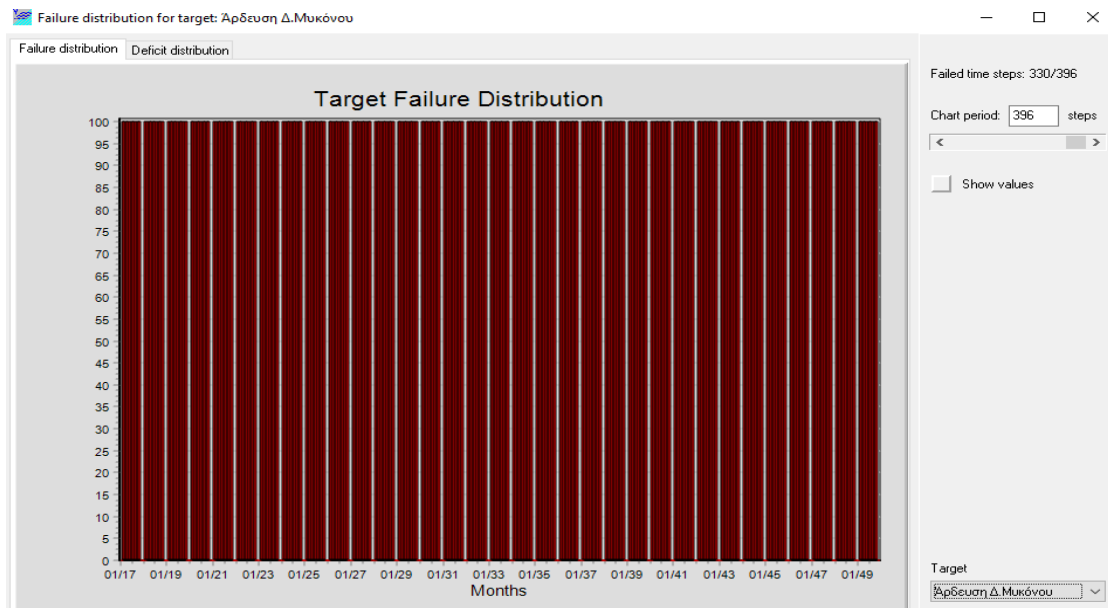
Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	1.000	1.000	66	0.083	0.083	0.066	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	1.000	1.000	66	0.006	0.006	0.003	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	1.000	1.000	66	0.020	0.020	0.010	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	8.986	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	241	0.459	-	-	0.000
10) A40 - Max flow	1.000	1.000	99	0.010	-	-	0.000
11) A41 - Max flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.5: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 2

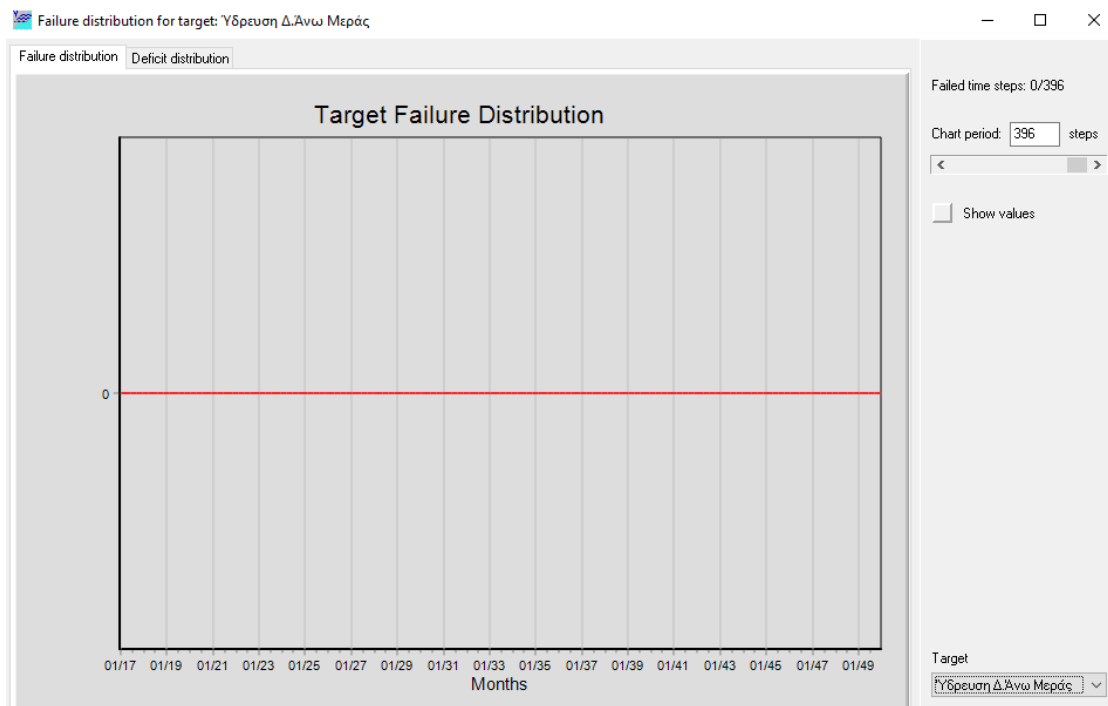
Όπως φαίνεται στη φόρμα, υπάρχει αστοχία στο σύστημα. Άρα σαν μια πρώτη ένδειξη παίρνουμε ότι η κατασκευή και η λειτουργία των ταμιευτήρων είναι απαραίτητη για να μην αστοχεί το σύστημα.



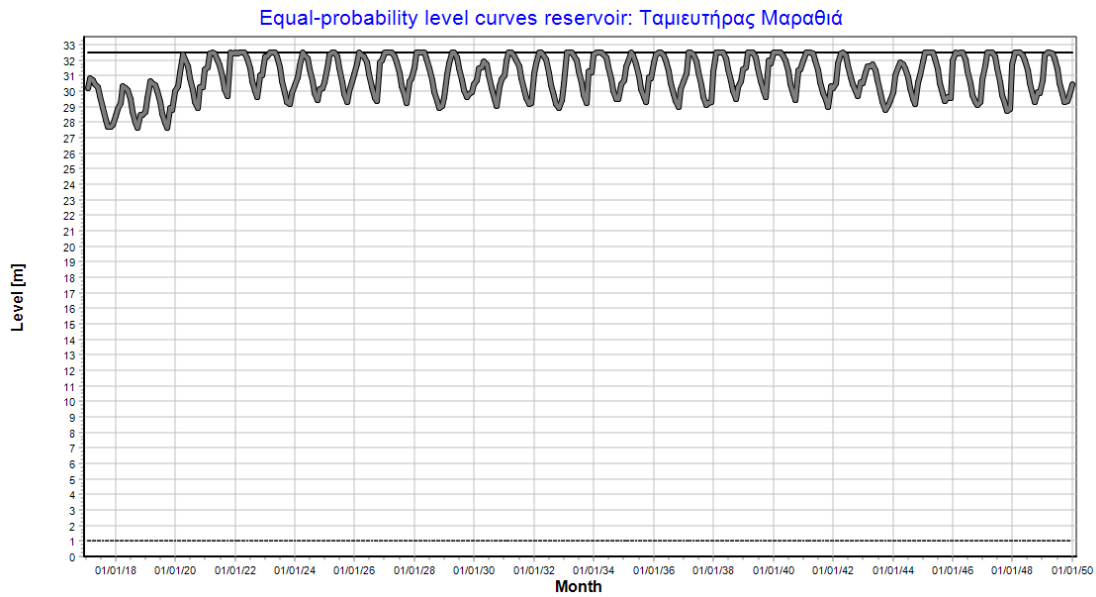
Εικόνα 6.6: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων – Ύδρευση Δ.Μυκόνου



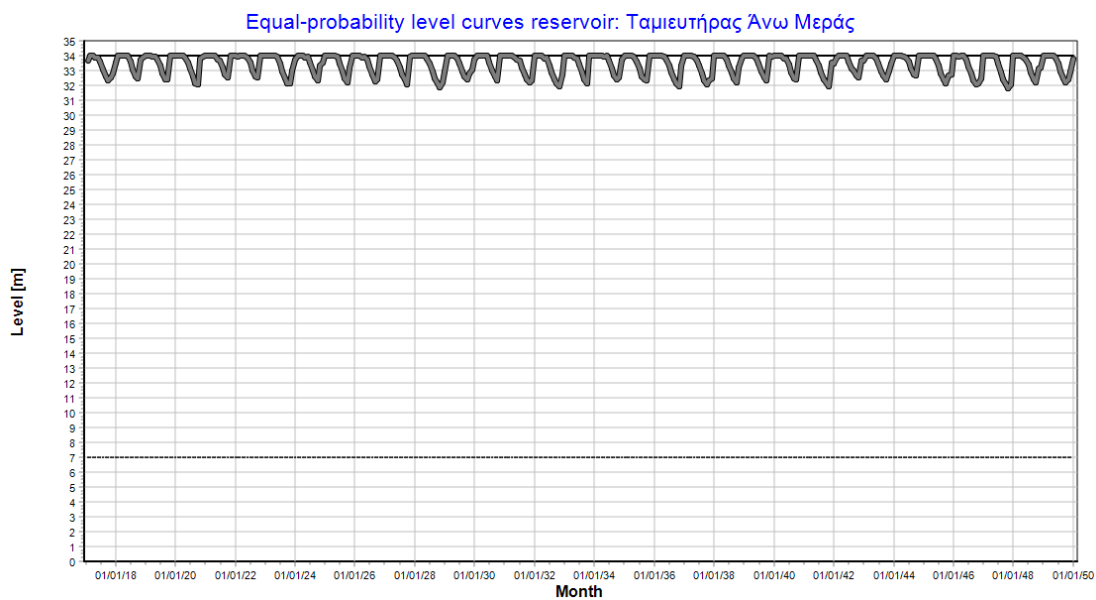
Εικόνα 6.7: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων – Άρδευση Δ.Μυκόνου



Εικόνα 6.8: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων – Υδρευση Δ.Ανω Μεράς



Σχήμα 6.5: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 2



Σχήμα 6.6: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 2

Όπως ήταν αναμενόμενο, αφού δεν αντλείται νερό από τους ταμιευτήρες όπως ορίστηκε, η στάθμη τους παραμένει ψηλά και μειώνεται μόνο λόγω εξάτμισης. Αυτό φαίνεται επίσης και παρακάτω στη φόρμα ισοζυγίου των ταμιευτήρων όπου η στάθμη τους και η χωρητικότητά τους είναι στο μέγιστο σχεδόν επίπεδο.

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff				0.028 (0.036)	0.020 (0.025)	0.047
Rainfall				0.015 (0.018)	0.004 (0.005)	0.019
Aqueduct inflow						0.000
River inflow						0.000
Aquifer inflow						0.000
External inflow						0.000
Returned water						0.000
Leakage						0.000
Evaporation				0.035 (0.023)	0.010 (0.007)	0.046
Aqueduct outflow						0.000
River outflow						0.000
Water supply						0.000
Irrigation						0.000
Spill				0.007 (0.022)	0.013 (0.023)	0.020
System loss						0.000
Storage usage				0.001 (0.064)	0.000 (0.022)	0.001
Verification				0.000	-0.000	0.000
Mean level [m]				30.925 (1.275)	33.437 (0.672)	
Mean storage [hm ³]				2.806 (0.117)	1.065 (0.029)	

From Date: Ιανουάριος 2017

To Date: Δεκέμβριος 2049

Calculate

Results for the period 1/1/2017 to 12/2049 (396 months), based on the last simulation. Last simulation period: 1/1/2017 - 31/12/2049.

All values represent the monthly mean and standard deviation value (in brackets).

All values except for the level are expressed in hm³. The level is expressed in m.

Display st. dev. values

Εικόνα 6.9: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 2

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 30,925 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 2,806 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 33,437 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 1,065 hm³

6.2.3 Σενάριο 3

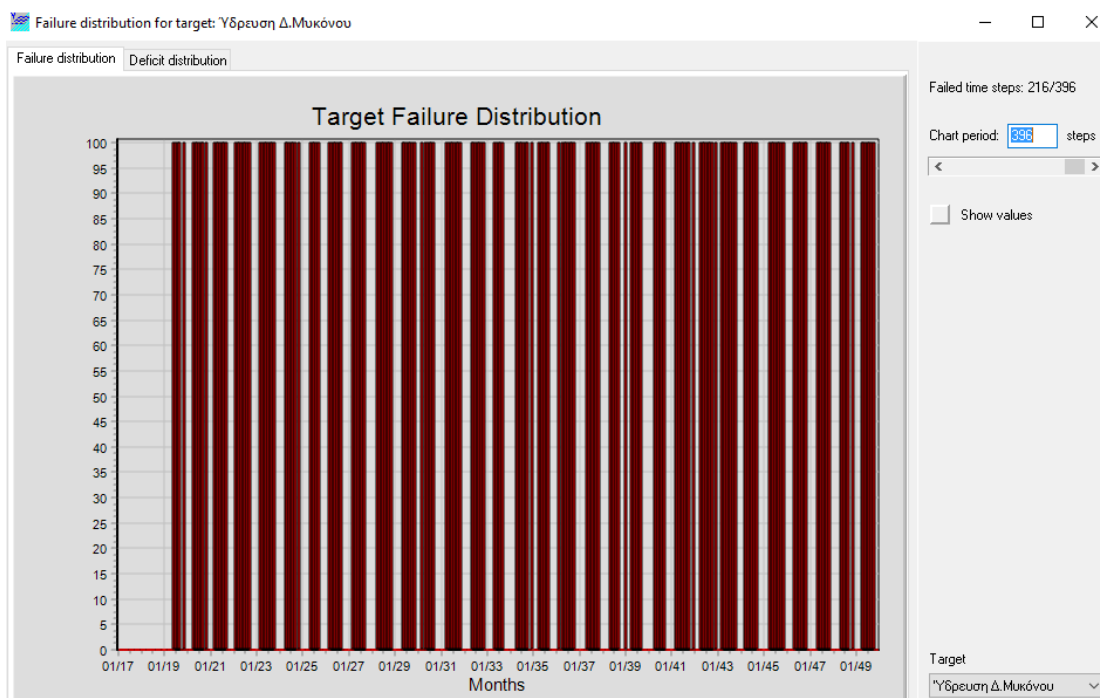
Σε αυτό το σενάριο γίνεται η απόπειρα να ελεγχθεί με τη βοήθεια του προγράμματος Υδρονομέας, η συνεισφορά των υπόλοιπων διαθέσιμων μέσων προσφοράς νερού, με απώτερο στόχο να εξακριβωθεί αν τελικά η κατασκευή και η λειτουργία τους είναι απαραίτητη. Για αυτό το σκοπό η λειτουργία τους και η συνεισφορά τους στο σύστημα διακόπτεται και θα εξακριβωθεί αν οι 2 Ταμιευτήρες μόνο μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες. Για να μην αλλοιωθεί η σχηματοποίηση του συστήματος, τέθηκε μηδενική τιμή στην παροχή τους και δεν αφαιρέθηκαν εντελώς.

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.939	1.000	216	0.443	0.530	0.160	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.970	1.000	200	0.124	0.152	0.044	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.939	1.000	265	0.325	0.417	0.057	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.970	1.000	300	0.416	0.499	0.072	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.939	1.000	270	0.024	0.033	0.003	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.970	1.000	308	0.028	0.036	0.003	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.939	1.000	291	0.084	0.118	0.010	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	32.565	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	394	10.149	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.10: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 3

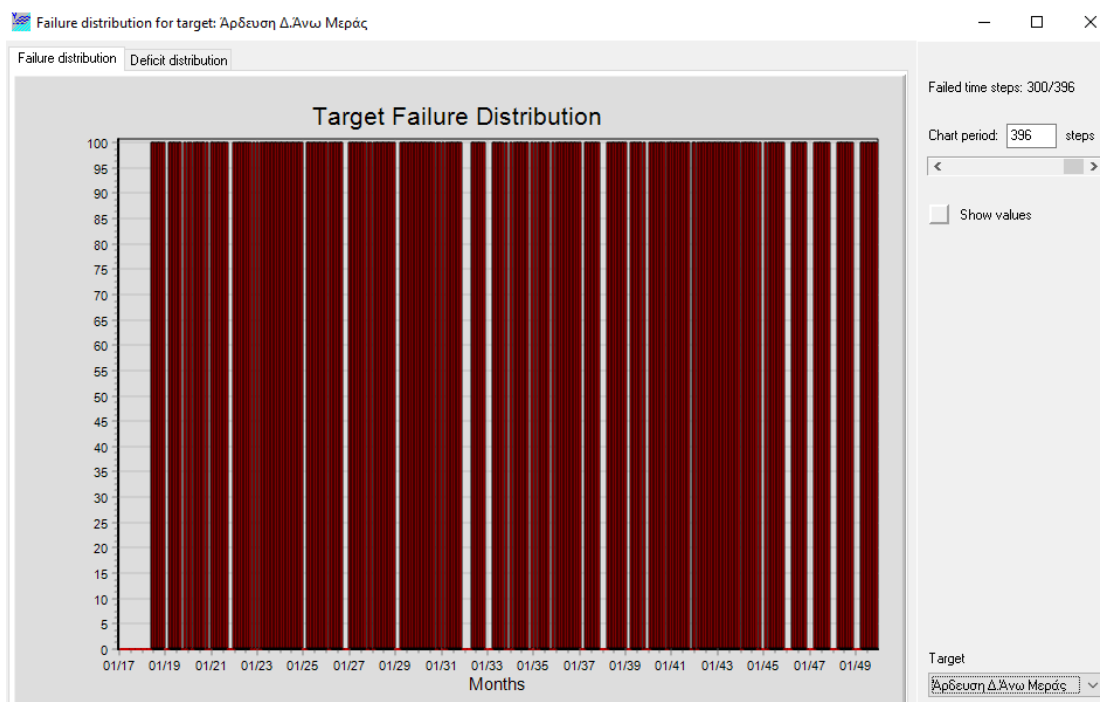
Όπως φαίνεται στη φόρμα αστοχίας, κανένας στόχος δεν ικανοποιείται και μάλιστα σχεδόν στο 100% της περιόδου προσομοίωσης, δηλαδή υπάρχουν ελάχιστοι μήνες που το σύστημα καλύπτει τις ανάγκες του. Άρα είναι φανερό ότι οι απαιτήσεις σε

νερό δεν μπορούν να καλυφθούν από τους ταμιευτήρες μόνο και είναι αναγκαίο να λειτουργούν και τα υπόλοιπα μέσα προσφοράς νερού.



Εικόνα 6.11: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

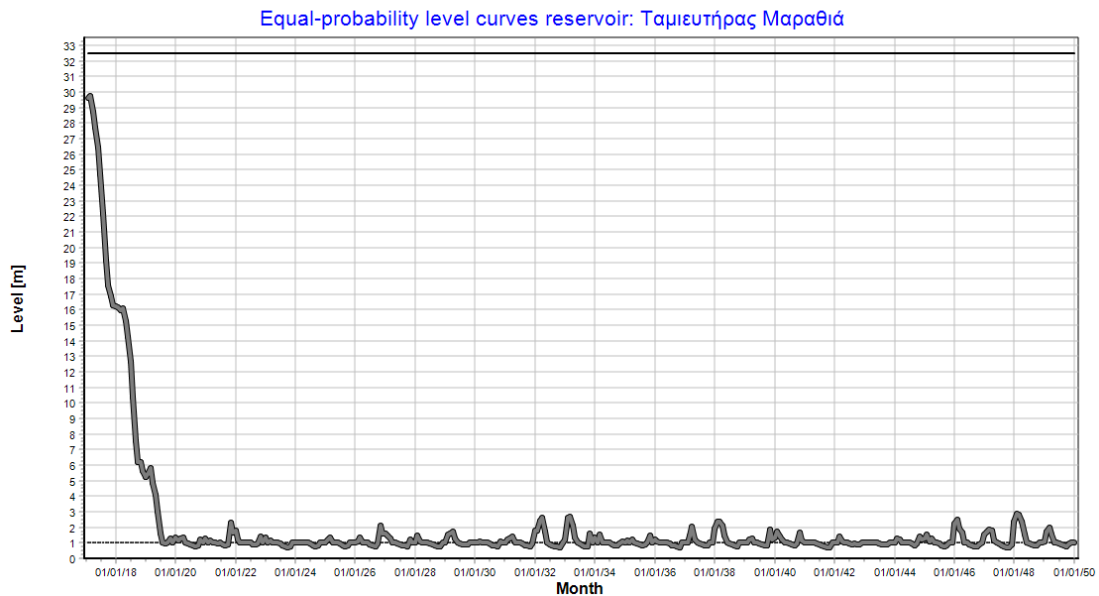
Τα προηγούμενα φαίνονται και σε αυτό το διάγραμμα, όπου με εξαίρεση τον 1^ο χρόνο όπου ο Ταμιευτήρας είναι γεμάτος, ο στόχος Υδρευση Δ.Μυκόνου ικανοποιείται μόνο κάποιους μήνες.



Εικόνα 6.12: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

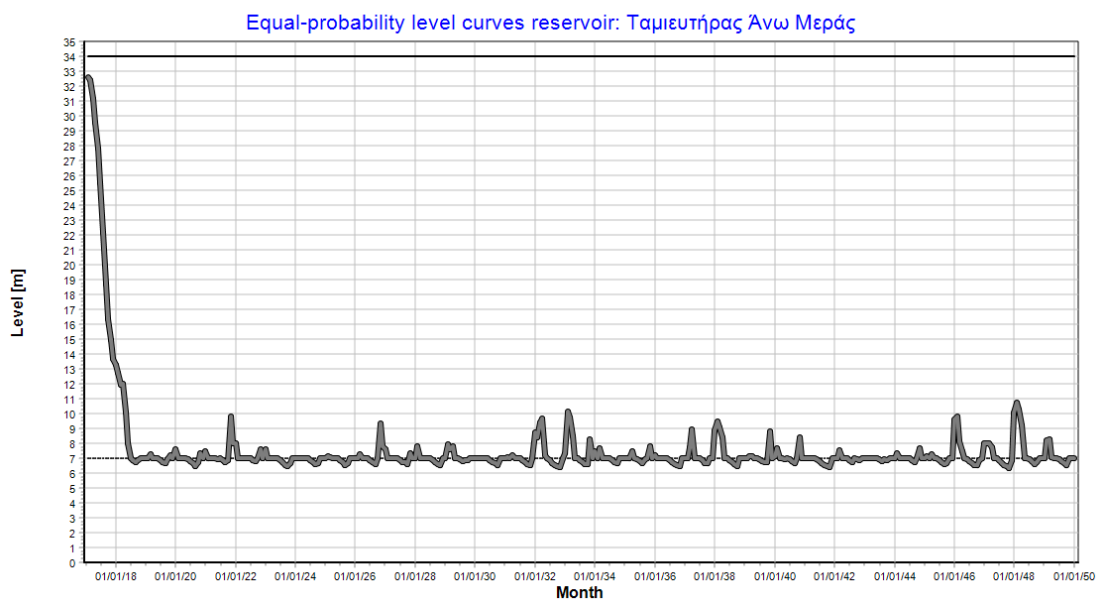
Έδω φαίνεται όπως ήταν αναμενόμενο ότι οι στόχοι Άρδευσης ικανοποιούνται ακόμα λιγότερες φορές από την Ύδρευση καθώς αποτελεί στόχο μικρότερης προτεραιότητας.

Equal-probability curves



Σχήμα 6.7: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 3

Equal-probability curves



Σχήμα 6.8: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 3

Όπως ήταν αναμενόμενο από τα αποτελέσματα, η στάθμη του ταμιευτήρα Μαραθιά μετά τον 1^ο χρόνο σχεδόν μηδενίζεται και ο ταμιευτήρας λειτουργεί πια με τον νεκρό το όγκο και εφόσον οι εισροές είναι γενικά μικρές δεν ξαναγεμίζει. Το ίδιο ισχύει

περίπου και με τον ταμιευτήρα Άνω Μεράς, με τη μόνο διαφορά ότι κάποιους μήνες υπάρχει διαθέσιμο νερό καθώς η ζήτηση στην Άνω Μερά είναι αρκετά μικρότερη από αυτή στη Μύκονο.

	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.029 (0.037)	0.020 (0.025)	0.049
Rainfall	0.002 (0.004)	0.001 (0.001)	0.003
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Retained water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.005 (0.007)	0.002 (0.002)	0.007
Aqueduct outflow	0.033 (0.035)	0.021 (0.023)	0.053
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.006 (0.042)	-0.002 (0.020)	-0.008
Verification	-0.000	0.000	0.000
Mean level [m]	2.111 (4.256)	7.648 (3.125)	
Mean storage [hm ³]	0.200 (0.383)	0.154 (0.104)	

Εικόνα 6.13: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 3

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 2,111 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 0,200 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 7,648 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,154 hm³

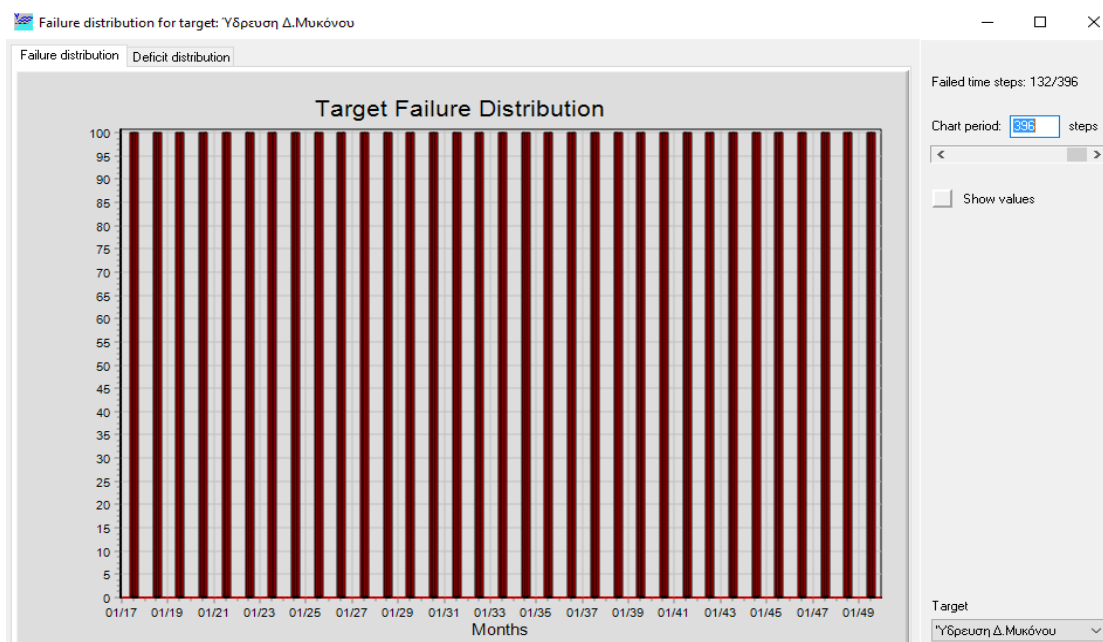
6.2.4 Σενάριο 4

Σε αυτό το σενάριο , θα ελεγχθεί αν οι Μονάδες Αφαλάτωσης έχουν την δυνατότητα να καλύψουν μόνες τους τις απαιτήσεις του συστήματος , χωρίς καμία συνεισφορά των υπόλοιπων μέσων, και αν ναι αν είναι συμφέρουσα οικονομικά λύση. Για αυτό,όπως έγινε και προηγουμένως, μηδενίζεται η συνεισφορά των υπόλοιπων κόμβων προσφοράς νερού, και μένουν σε λειτουργία μόνο οι Μονάδες Αφαλάτωσης και οι αρδευτικές Γεωτρήσεις μαζί με τους Ταμιευτήρες προσφέρουν νερό μόνο στην Άρδευση.

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	1.000	1.000	132	0.179	0.179	0.106	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	1.000	1.000	132	0.012	0.012	0.003	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	1.000	1.000	198	0.049	0.049	0.010	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	8.986	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	241	0.459	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.14: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 4

Όπως φαίνεται στον πίνακα, ο στόχος Ύδρευσης Δ.Μυκόνου η Κτηνοτροφία και η Βιομηχανία Δ.Μυκόνου αστοχούν αρκετές φορές.



Εικόνα 6.15: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

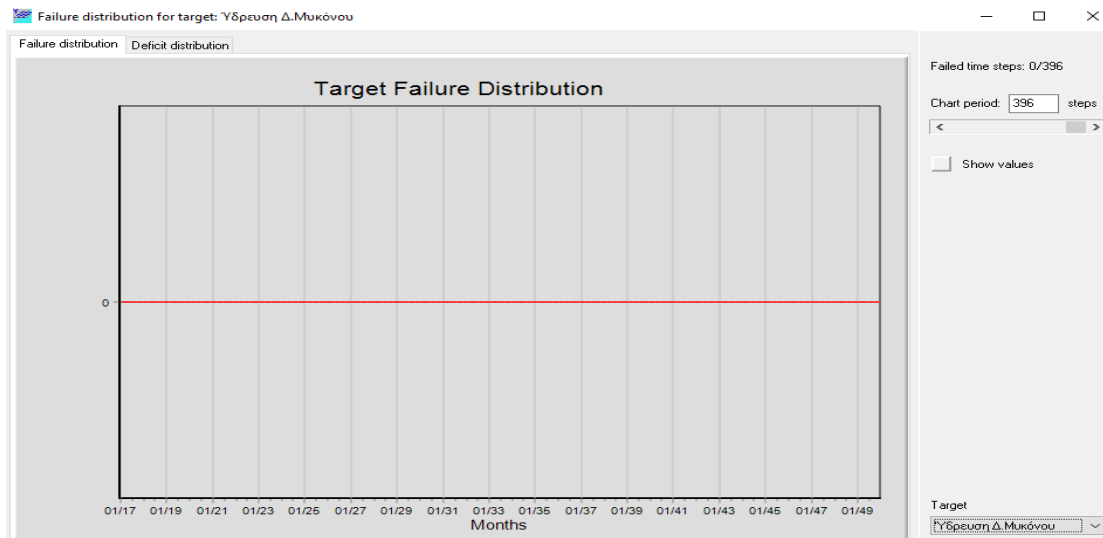
Για να μην υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα, δοκιμάζεται μια αρκετά μεγαλύτερη δυναμικότητα των Μονάδων Αφαλάτωσης της τάξης των 5500 m³/day . Αυτή η δυναμικότητα δεν είναι εφικτή σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, αλλά θα εξετασθεί αυτό το σενάριο σαν πρόταση σε περίπτωση υποθετικού σεναρίου που λειτουργούν μόνο οι Μονάδες Αφαλάτωσης.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μερός	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμειτήριο Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	8.986	-	-	0.000
9) Ταμειτήριο Άνω Μερός - Min. vo	1.000	1.000	241	0.459	-	-	0.000

Εικόνα 6.16: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 4

Όπως φαίνεται στον πίνακα, δεν υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα.



Εικόνα 6.17: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

	Ταμειυτήρας Μαραθιά	Ταμειυτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.028 (0.036)	0.020 (0.025)	0.048
Rainfall	0.012 (0.015)	0.004 (0.005)	0.016
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.029 (0.019)	0.009 (0.006)	0.038
Aqueduct outflow	0.013 (0.011)	0.014 (0.014)	0.027
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.001 (0.072)	-0.000 (0.032)	-0.001
Verification	-0.000	0.000	-0.000
Mean level [m]	23.753 (2.081)	31.125 (1.154)	
Mean storage [hm ³]	2.151 (0.190)	0.966 (0.048)	

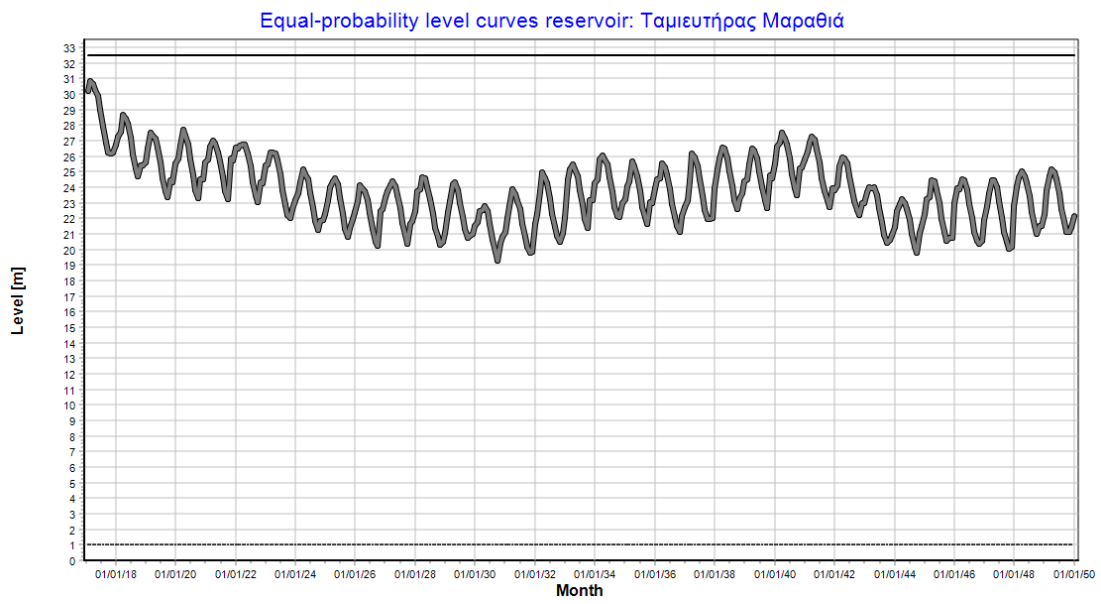
Εικόνα 6.18: Φόρμα ισοζυγίου Ταμειυτήρων Σεναρίου 4

Μέση Στάθμη ταμειυτήρα Μαραθιά: 23,753 m

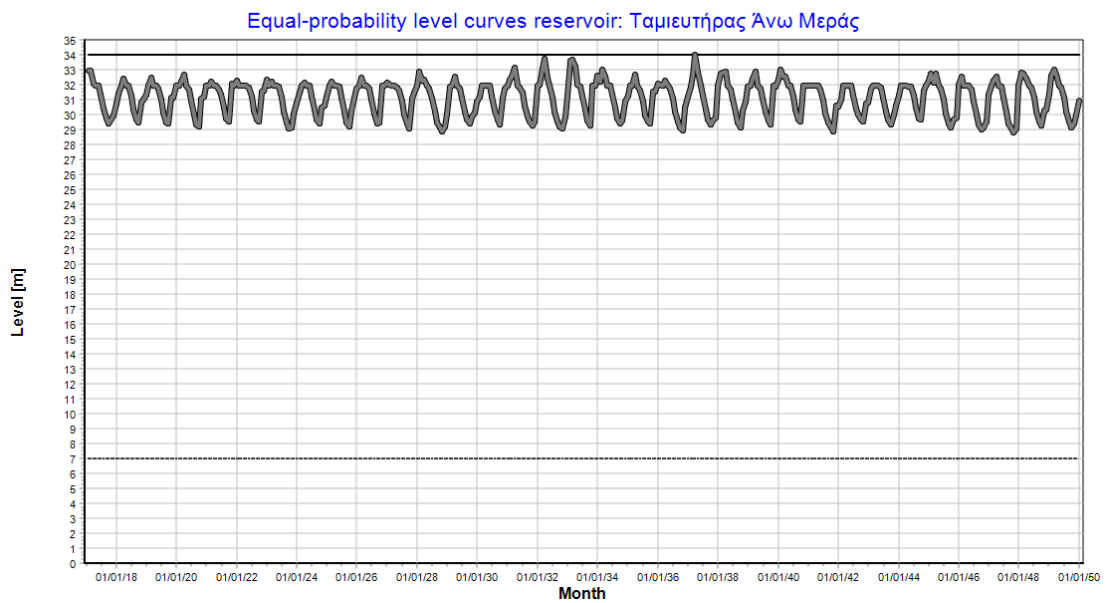
Μέσο Απόθεμα ταμειυτήρα Μαραθιά: 2,151 hm³

Μέση Στάθμη ταμειυτήρα Άνω Μεράς: 31,125 m

Μέσο Απόθεμα ταμειυτήρα Άνω Μεράς: 0,966 hm³



Σχήμα 6.9: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 4



Σχήμα 6.10: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 4

Balance sheets

Reservoirs Nodes Conduits Energy

	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES							
SUB TOTAL		0.000		0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS							
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000		
BOREHOLE GROUP:							
Γεωτρήση Αγ.Σοφία	0.500						
Μεταφορά Νερού	1.000						
Γεωτρήσεις	0.500						
Γεωτρήσεις	0.500	0.034 (0.021)	0.017 (0.010)		17.119 (10.337)		0.631
Μονάδες Αφαλάτωση	8.350	0.067 (0.040)	0.958 (0.333)		53.467 (31.886)		1.000
Μονάδες Αφαλάτωση	8.350	0.019 (0.011)	0.162 (0.088)		15.533 (8.474)		1.000
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.075 (0.357)		1.000
SUB TOTAL		0.147	0.750		99.194		
TOTAL		0.147	0.750	0.000	99.194	0.000	

From Date: 1/1/2017
To Date: Δεκέμβριος 2049
Calculate

months), based on the last simulation. Last simulation period: 1/1/2017 - 31/12/2049.
All values represent the monthly mean and standard deviation value (in brackets).
Units: Specific energy in kWh/m³ or Unit specific energy in GWh/m³·m, Discharge in m³, Energy in GWh.
 Display st. dev. values

Εικόνα 6.19: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 4

Συνολικό κόστος = 99194 € Ενεργειακή κατανάλωση = 0,750 GWh

6.2.5 Σενάριο 5

Σε αυτό το σενάριο θα εξετασθεί η εναλλακτική λύση της Μεταφοράς Νερού με πλοία και των Γεωτρήσεων για την κάλυψη των στόχων. Έτσι λοιπόν σε αυτή την περίπτωση, αντί να αυξηθεί η δυναμικότητα των Μονάδων Αφαλάτωσης, τίθεται σε εφαρμογή η λύση της Μεταφοράς Νερού και των Γεωτρήσεων. Ο στόχος της Άρδευσης, όπως και προηγουμένως, καλύπτεται μόνο από τους Ταμειυτήρες και τις Γεωτρήσεις.

Μετά από δοκιμές και θεωρώντας την παροχή των Γεωτρήσεων σταθερή, για να μην υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα, πρέπει να μεταφερθούν περίπου 38000 m³/month, ποσότητα όπως είναι κατανοητό υπερβολική, με μεγάλο χρηματικό κόστος.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶ €)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Άρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Άρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμειυτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	8.986	-	-	0.000
9) Ταμειυτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	241	0.459	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	1.000	1.000	99	0.051	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.20: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 5

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy						
			Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES									
SUB TOTAL				0.000		0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS									
SUB TOTAL				0.000	0.000		0.000		
BOREHOLE GROUP:									
			0.500	0.013 (0.001)	0.006 (0.000)		6.408 (0.365)		1.000
			1.000	0.011 (0.027)	0.011 (0.027)		56.373 (136.164)		0.167
			0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.140 (0.373)		1.000
			0.500	0.034 (0.021)	0.017 (0.010)		17.119 (10.337)		0.831
			8.350	0.029 (0.017)	0.244 (0.140)		23.407 (13.369)		1.000
			8.350	0.007 (0.010)	0.055 (0.086)		5.280 (8.206)		0.750
			0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.075 (0.357)		1.000
SUB TOTAL				0.147	0.360		134.803		
TOTAL				0.147	0.360	0.000	134.803	0.000	

Εικόνα 6.21: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 5

Συνολικό κόστος = 134803 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,360 GWh

6.2.6 Σενάριο 6

Σε αυτό το σενάριο θα εξεταστεί αν οι 2 Ταμειυτήρες σε συνδυασμό με τις Μονάδες Αφαλάτωσης, και τις αρδευτικές γεωτρήσεις είναι σε θέση να ικανοποιήσουν όλους τους στόχους του συστήματος. Για αυτό οι υπόλοιποι κόμβοι προσφοράς τίθενται εκτός λειτουργίας και μένουν μόνο αυτοί να συνεισφέρουν στο σύστημα. Για να μην αλλοιωθεί η σχηματοποίηση του συστήματος, απλά μηδενίζεται η παροχή τους και δεν αφαιρούνται εντελώς.

Μετά από δοκιμές, για να μην έχουμε αστοχία στο σύστημα, η δυναμικότητα των Μονάδων Αφαλάτωσης πρέπει να είναι περίπου 2500 m³/day

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμειυτήρας Μαραθιά - Min. volunr	1.000	1.000	396	22.256	-	-	0.000
9) Ταμειυτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	255	0.466	-	-	0.000

Εικόνα 6.22: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 6

Όλοι οι στόχοι που ικανοποιούνται πλήρως έχουν την ίδια αυτή μορφή και δεν παρουσιάζονται.

	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.029 (0.037)	0.020 (0.025)	0.048
Rainfall	0.007 (0.009)	0.004 (0.005)	0.010
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.017 (0.013)	0.009 (0.006)	0.025
Aqueduct outflow	0.024 (0.035)	0.014 (0.016)	0.039
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.005 (0.077)	-0.000 (0.030)	-0.005
Verification	0.000	0.000	0.000
Mean level [m]	11.532 (6.136)	31.046 (1.080)	
Mean storage [hm ³]	1.045 (0.953)	0.963 (0.045)	

Εικόνα 6.23: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 6

Στο τέλος βλέπουμε ότι:

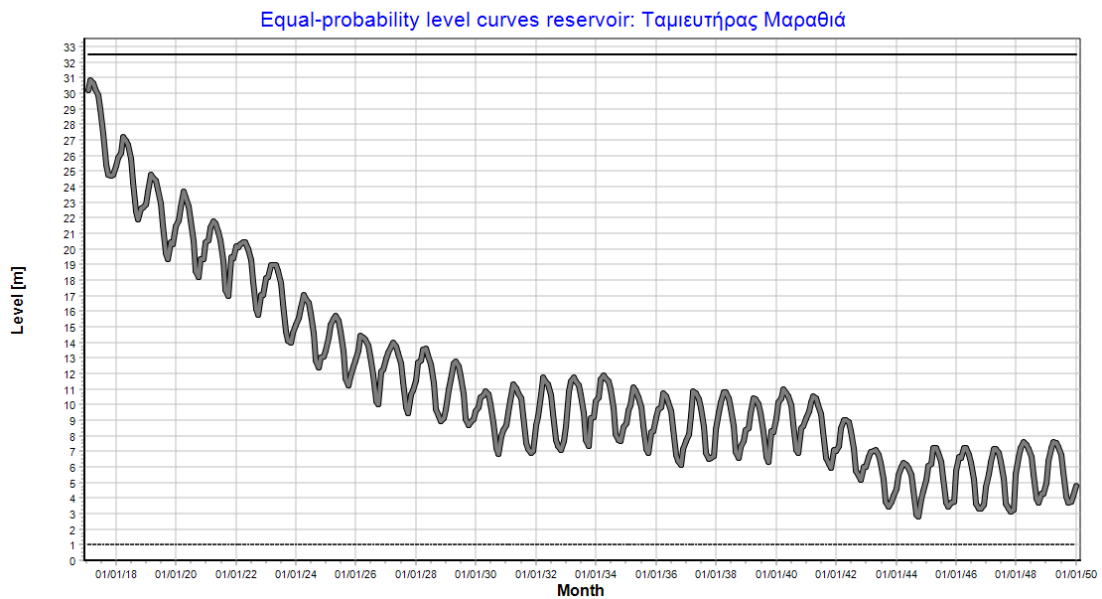
Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 11,532 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 1,045 hm³

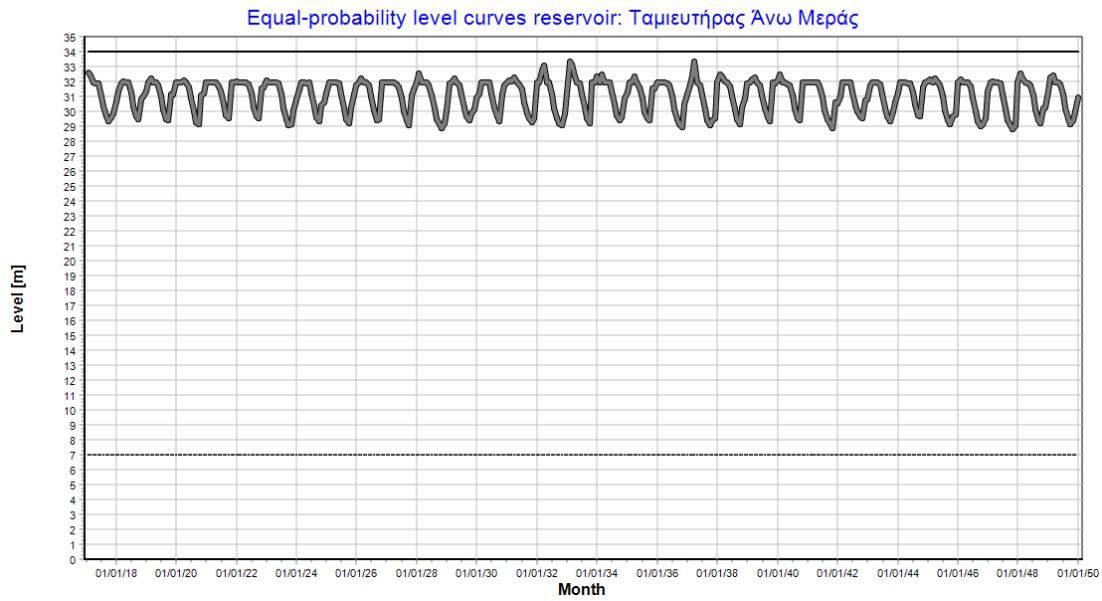
Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 31,046 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,963 hm³

Equal-probability curves



Σχήμα 6.11: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 6



Σχήμα 6.12: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 6

Balance sheets

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy							
			Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.	
TURBINES										
SUB TOTAL					0.000		0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS										
SUB TOTAL					0.000	0.000		0.000		
BOREHOLE GROUP										
Γεωτρήσι Αγ. Σαγιά				0.500						
Μεταφορά Νερού				1.000						
Γεωτρήσις				0.500						
Γεωτρήσις				0.500	0.044 (0.008)	0.022 (0.004)		22.213 (4.469)		0.995
Μονάδες Αφαλάτωση				8.350	0.056 (0.017)	0.464 (0.141)		44.431 (13.521)		1.000
Μονάδες Αφαλάτωση				8.350	0.008 (0.001)	0.065 (0.006)		6.260 (0.576)		0.992
Γεωτρήσις				0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.075 (0.357)		1.000
SUB TOTAL					0.134	0.564		85.979		
TOTAL					0.134	0.564	0.000	85.979	0.000	

From Date:

To Date:

months), based on the last simulation. Last simulation period: 1/1/2017 - 31/12/2049.

All values represent the monthly mean and standard deviation value (in brackets).

Units: Specific energy in kWh/m³ or Unit specific energy in GWh/m⁴. Discharge in hm³. Energy in GWh.

Display st. dev. values

Εικόνα 6.24: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 6

Συνολικό κόστος = 85979 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,564 GWh

6.2.7 Σενάριο 7

Στην περίπτωση που η δυναμικότητα των Μονάδων Αφαλάτωσης δεν είναι δυνατόν να είναι της τάξης των 2500 m³/day, θα εξετασθεί η εναλλακτική της Μεταφοράς Νερού με πλοία.

Μετά από δοκιμές, βρέθηκε ότι για να μην υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα, χρειάζεται να μεταφερθούν περίπου 24000 m³/month.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	22.256	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	255	0.466	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	1.000	1.000	198	0.040	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.25: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 7

	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.029 (0.037)	0.020 (0.025)	0.048
Rainfall	0.007 (0.008)	0.004 (0.005)	0.010
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.017 (0.013)	0.009 (0.006)	0.025
Aqueduct outflow	0.024 (0.035)	0.014 (0.016)	0.039
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.005 (0.077)	-0.000 (0.030)	-0.005
Verification	0.000	0.000	0.000
Mean level [m]	11.532 (6.136)	31.046 (1.080)	
Mean storage [hm³]	1.045 (0.553)	0.963 (0.045)	

Εικόνα 6.26: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 7

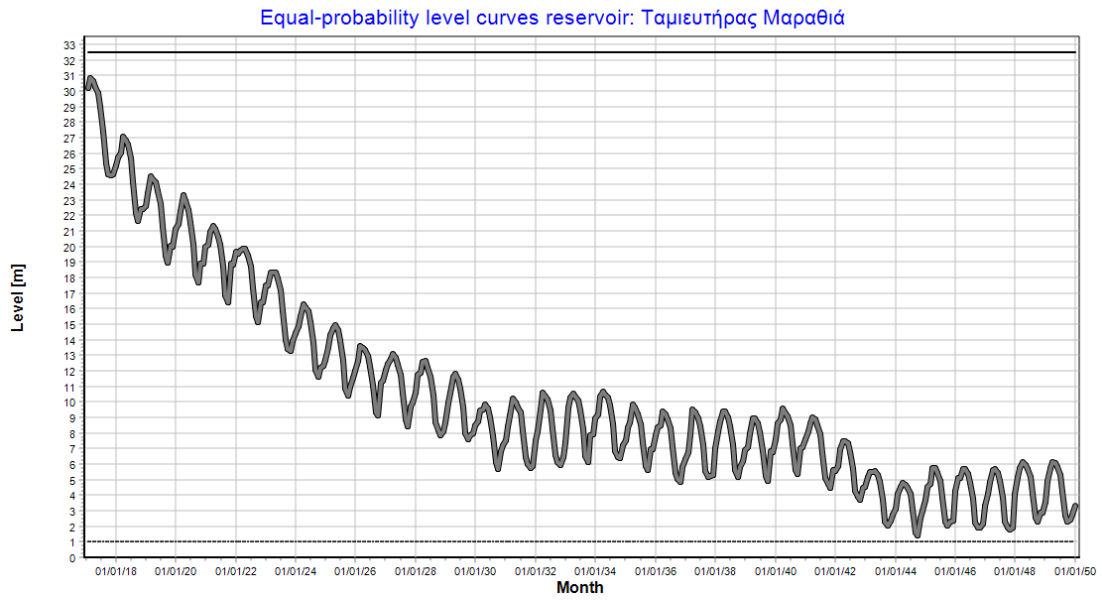
Στο τέλος βλέπουμε ότι :

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 11,532 m

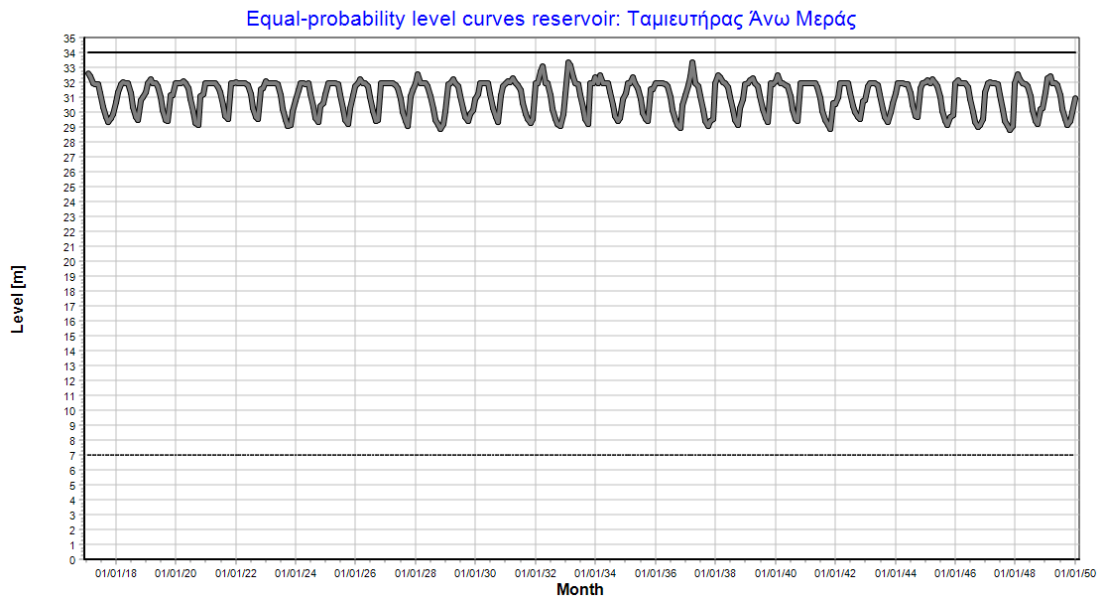
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 1,045 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 31,046 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,963 hm³



Σχήμα 6.13: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 7



Σχήμα 6.14: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 7

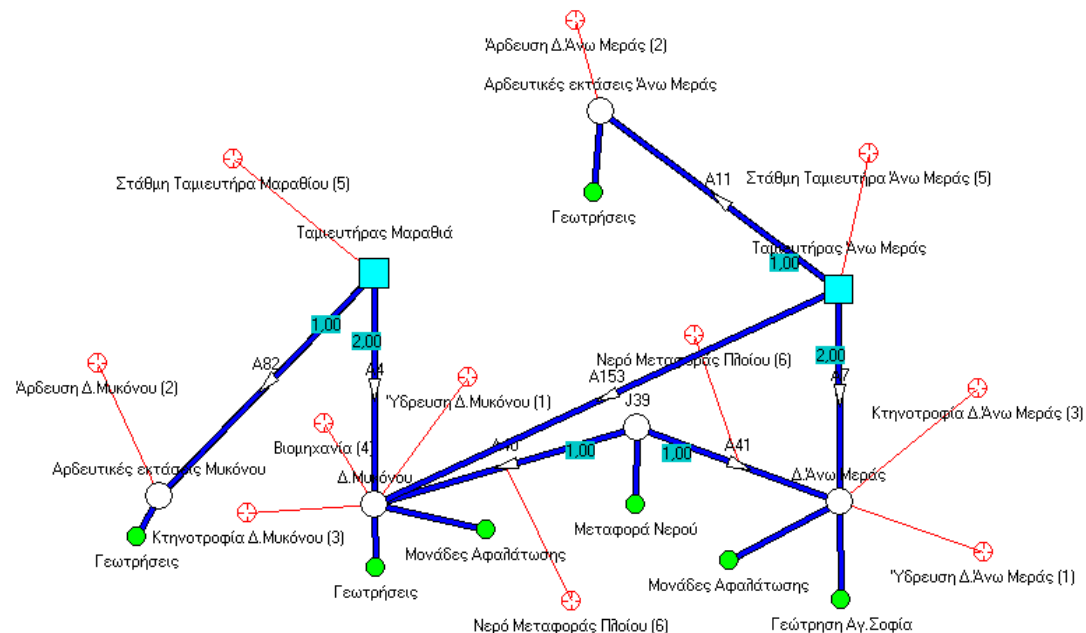
Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy						
			Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES									
SUB TOTAL									
PUMPING STATIONS									
SUB TOTAL									
BOREHOLE GROUP									
Γεώτρηση Αγ.Σοφία									
			0.500						
Μεταφορά Νερού									
			1.000	0.009 (0.011)	0.009 (0.011)		43.547 (55.950)		0.500
Γεωτρήσεις									
			0.500						
Γεωτρήσεις									
			0.500	0.038 (0.018)	0.019 (0.009)		19.116 (9.056)		0.894
Μονάδες Αφαλάτωσης									
			8.350	0.047 (0.007)	0.391 (0.062)		37.463 (5.927)		1.000
Μονάδες Αφαλάτωσης									
			8.350	0.015 (0.014)	0.129 (0.117)		12.325 (11.175)		0.745
Γεωτρήσεις									
			0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.075 (0.357)		1.000
SUB TOTAL									
			0.135		0.561		125.526		
TOTAL									
				0.135	0.561	0.000	125.526	0.000	

Εικόνα 6.27: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 7

Συνολικό κόστος = 125526 € Ενεργειακή κατανάλωση = 0,561 GWh

6.2.8 Σενάριο 8

Σε αυτό το σενάριο θα εξεταστεί η επίπτωση που θα έχει στο σύστημα, σημαντική ή όχι, μια πιθανή σύνδεση του Ταμιευτήρα Άνω Μεράς με τον κόμβο Δ.Μυκόνου, συνεισφέροντας έτσι στην ικανοποίηση των στόχων. Αυτό γίνεται διότι όπως είδαμε στο προηγούμενο σενάριο, ο Ταμιευτήρας Άνω Μεράς διατηρεί υψηλή στάθμη και θα μπορούσε να συνεισφέρει στο σύστημα.



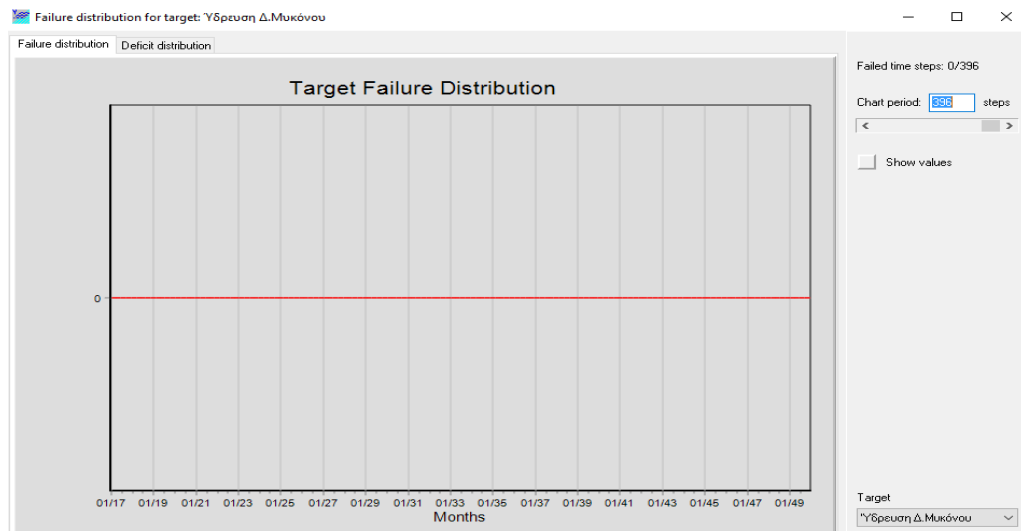
Εικόνα 6.28: Σχηματοποίηση σεναρίου 8

Μετά από δοκιμές, βρέθηκε ότι για να μην υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα, χρειάζεται μια δυναμικότητα των Μονάδων Αφαλάτωσης περίπου 1500 m³/day, αρκετά μικρότερη από αυτή των 2600 m³/day που χρειάστηκε στο σενάριο 5.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volun	1.000	1.000	396	10.158	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	394	7.686	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.29: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 8



Εικόνα 6.30: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy			
				Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff				0.028 (0.036)	0.020 (0.025)	0.048
Rainfall				0.011 (0.014)	0.002 (0.002)	0.013
Aqueduct inflow						0.000
River inflow						0.000
Aquifer inflow						0.000
External inflow						0.000
Returned water						0.000
Leakage						0.000
Evaporation				0.028 (0.018)	0.004 (0.003)	0.032
Aqueduct outflow				0.014 (0.014)	0.019 (0.035)	0.033
River outflow						0.000
Water supply						0.000
Irrigation						0.000
Spill						0.000
System loss						0.000
Storage usage				-0.002 (0.072)	-0.002 (0.054)	-0.004
Ventilation				-0.000	0.000	-0.000
Mean level [m]				22.681 (2.648)	14.422 (5.628)	
Mean storage [hm ³]				2.053 (0.242)	0.360 (0.188)	

Εικόνα 6.31: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 8

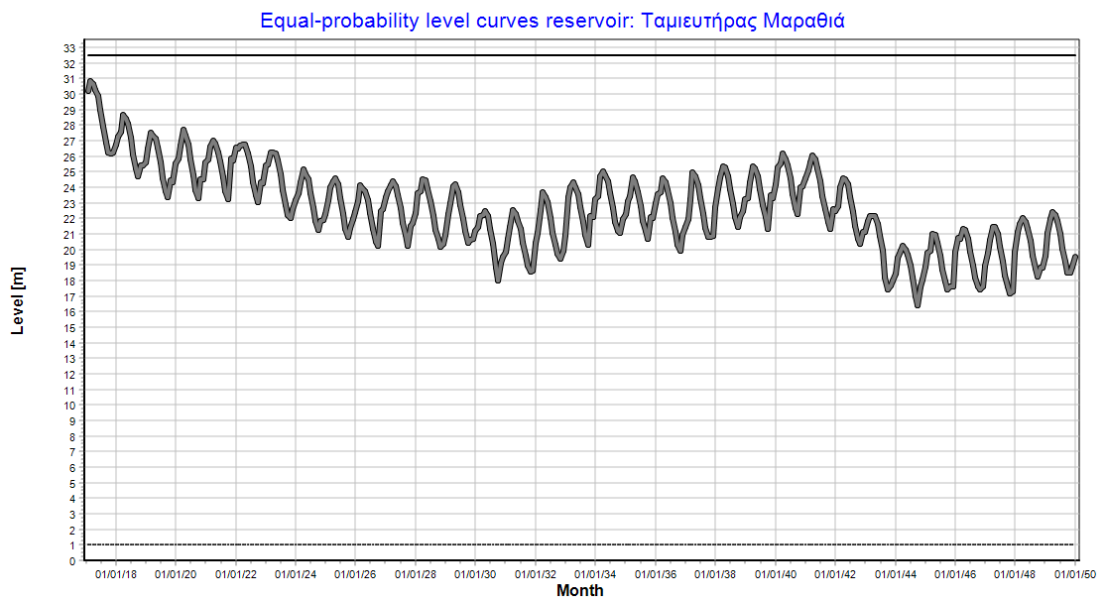
Στο τέλος βλέπουμε ότι:

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 22,681 m

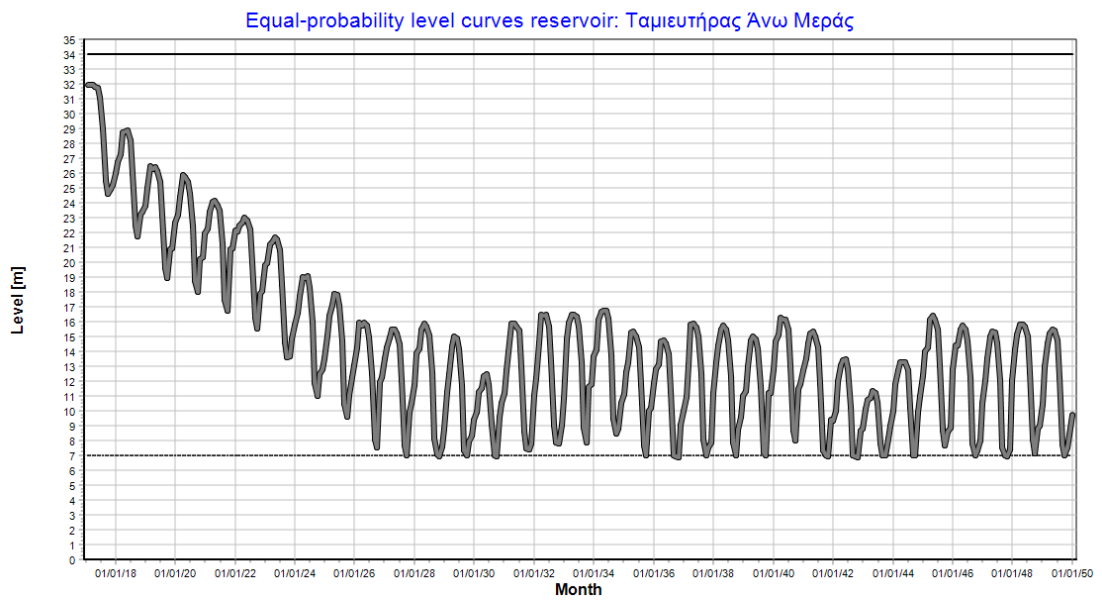
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 2,053 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 14,422 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,360 hm³



Σχήμα 6.15: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 8



Σχήμα 6.16: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 8

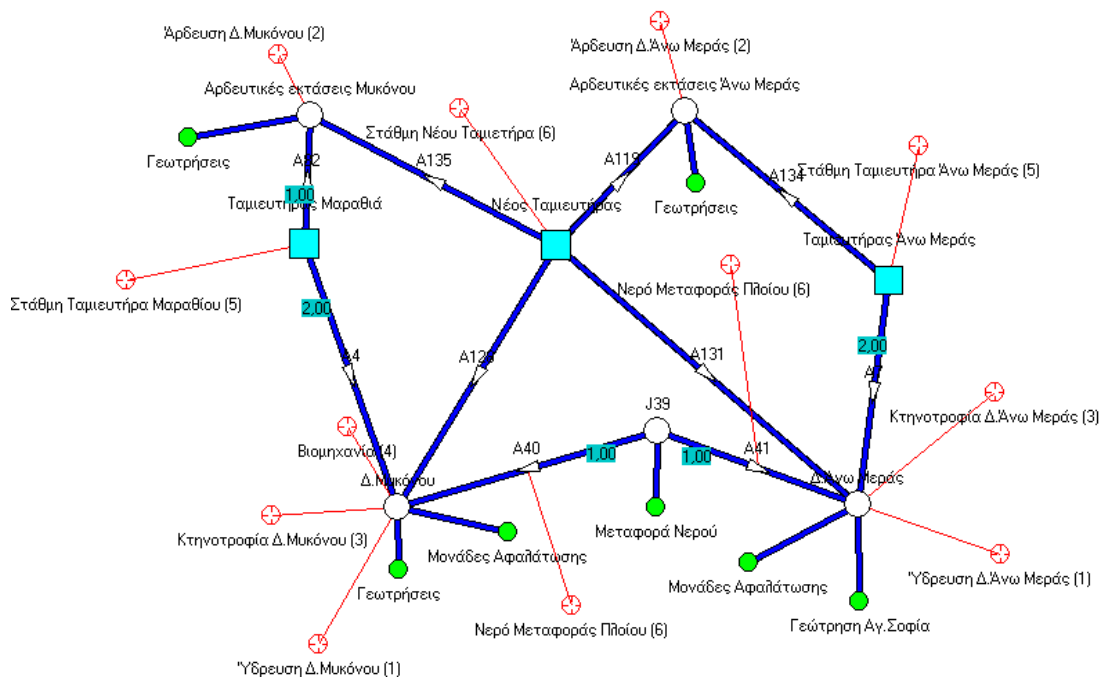
Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy						
			Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES									
SUB TOTAL									
PUMPING STATIONS									
SUB TOTAL									
BOREHOLE GROUP									
Γεώτρηση Αγ.Σοφίας									
0.500									
Μεταφορά Νερού									
1.000									
Γεωτρήσεις									
0.500									
Γεωτρήσεις									
0.500									
Μονάδες Αφαλάτωσης									
8.350									
0.049 (0.014)									
0.024 (0.007)									
24.297 (6.765)									
1.000									
Μονάδες Αφαλάτωσης									
8.350									
0.047 (0.008)									
0.390 (0.067)									
37.326 (6.456)									
0.995									
Μονάδες Αφαλάτωσης									
8.350									
0.019 (0.011)									
0.162 (0.089)									
15.505 (8.508)									
0.997									
Γεωτρήσεις									
0.500									
0.026 (0.001)									
0.013 (0.000)									
13.075 (0.357)									
1.000									
SUB TOTAL									
0.141									
0.589									
0.000									
90.203									
0.000									
TOTAL									
0.141									
0.589									
0.000									
90.203									
0.000									

Εικόνα 6.32: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 8

Συνολικό κόστος = 90203 € Ενεργειακή κατανάλωση = 0,589 GWh

6.2.9 Σενάριο 9

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η συνεισφορά που θα μπορούσε να έχει η κατασκευή και η λειτουργία ενός 3^{ου} Ταμιευτήρα με παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά με αυτά του Μαραθιά, δηλαδή αν η προσφορά νερού από έναν 3^ο Ταμιευτήρα θα είχε ευεργητικές συνέπειες στο σύστημα.



Εικόνα 6.33: Σχηματοποίηση Σεναρίου 9

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.879	1.000	130	0.335	0.456	0.160	0.000
2) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.939	1.000	152	0.108	0.147	0.044	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.879	1.000	157	0.209	0.340	0.057	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μερός	0.939	1.000	213	0.332	0.439	0.072	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.879	1.000	161	0.015	0.027	0.003	0.000
6) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.939	1.000	215	0.019	0.029	0.003	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.879	1.000	166	0.050	0.093	0.010	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	30.134	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μερός - Min. vo	1.000	1.000	388	9.573	-	-	0.000
10) Νέος Ταμιευτήρας - Min. volume	1.000	1.000	396	33.499	-	-	0.000
11) A40 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
12) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.34: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 9

Όπως φαίνεται στον πίνακα, κανένας στόχος δεν ικανοποιείται. Συνεπώς ακόμα και η κατασκευή ενός 3^{ου} Ταμιευτήρα δεν αποτελεί λύση στο πρόβλημα της υδροδότησης. Οι Μονάδες Αφαλάτωσης είναι απολύτως απαραίτητες για να μην υπάρχει αστοχία στο σύστημα.

Target results

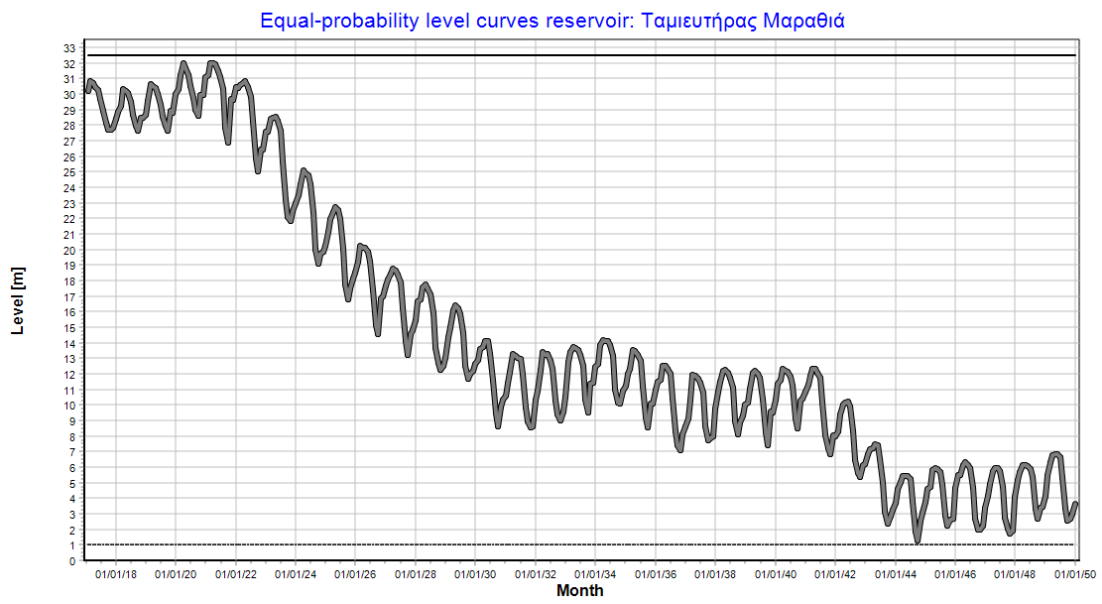
Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μερός	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	393	18.571	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μερός - Min. vo	1.000	1.000	339	1.280	-	-	0.000
10) Νέος Ταμιευτήρας - Min. volume	1.000	1.000	395	31.120	-	-	0.000
11) A40 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
12) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.35: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 9

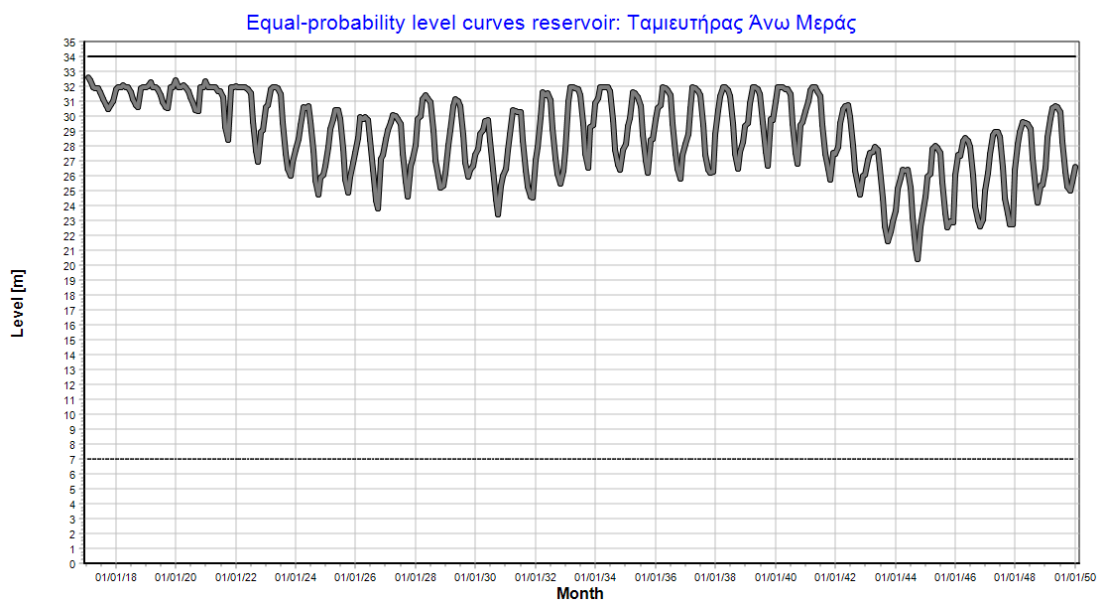
Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν καμία αστοχία στο σύστημα αν και οι Μονάδες Αφαλάτωσης συνεισφέρουν στο σύστημα, όμως με αρκετά μικρότερη δυναμικότητα καθώς σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται να έχουν περίπου 860 m³/day.

	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μερός	Νέος Ταμιευτήρας	TOTAL
Subcatchment runoff	0.029 (0.037)	0.020 (0.025)	0.029 (0.037)	0.077
Rainfall	0.008 (0.011)	0.003 (0.004)	0.003 (0.005)	0.014
Aqueduct inflow				0.000
River inflow				0.000
Aquifer inflow				0.000
External inflow				0.000
Returned water				0.000
Leakage				0.000
Evaporation	0.020 (0.017)	0.008 (0.006)	0.007 (0.009)	0.035
Aqueduct outflow	0.022 (0.046)	0.015 (0.023)	0.031 (0.039)	0.069
River outflow				0.000
Water supply				0.000
Irrigation				0.000
Spill				0.000
System loss				0.000
Storage usage	-0.006 (0.085)	-0.000 (0.046)	-0.006 (0.069)	-0.012
Verification	-0.000	0.000	-0.000	-0.000
Mean level [m]	14.587 (8.831)	28.749 (2.630)	3.780 (5.549)	
Mean storage [hm3]	1.322 (0.798)	0.871 (0.107)	0.353 (0.500)	

Εικόνα 6.36: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 9

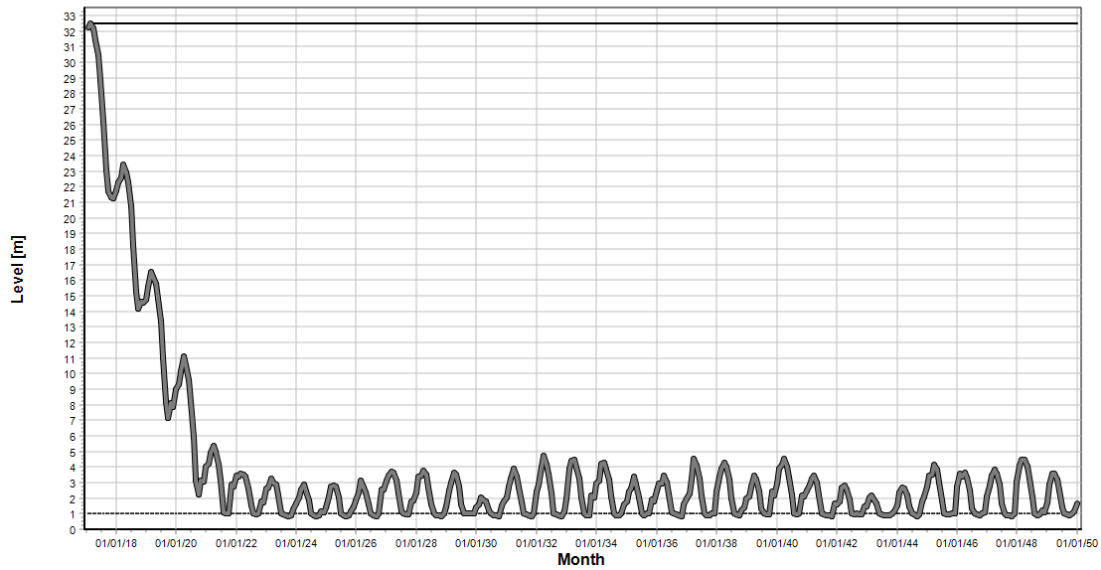


Σχήμα 6.17: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 9



Σχήμα 6.18: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 9

Equal-probability level curves reservoir: Νέος Ταμιευτήρας



Σχήμα 6.19: Διακύμανση Στάθμης Νέου ταμιευτήρα Σεναρίου 9

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy						
			Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES									
SUB TOTAL					0.000	0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS									
SUB TOTAL					0.000	0.000	0.000		
BOREHOLE GROUP									
Γεωτρηση Αγ.Σοφίας				0.500					
Μεταφορά Νερού				1.000					
Γεωτρήσεις				0.500					
Μονάδες Αφαλάτωση				8.350	0.038 (0.003)	0.320 (0.026)	30.677 (2.475)		1.000
Μονάδες Αφαλάτωση				8.350	0.015 (0.005)	0.127 (0.041)	12.209 (3.939)		0.955
Γεωτρήσεις				0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)	13.075 (0.357)		1.000
Γεωτρήσεις				0.500	0.025 (0.005)	0.013 (0.002)	12.681 (2.348)		0.975
SUB TOTAL					0.105	0.473	68.641		
TOTAL					0.105	0.473	68.641	0.000	

Εικόνα 6.37: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 9

Συνολικό κόστος = 68641 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,473 GWh

6.3 Αποτίμηση των αποτελεσμάτων των σεναρίων – Προτάσεις

Με τη χρήση λοιπόν του προγράμματος Υδρονομέας, εξετάζοντας διαφορετικά σενάρια, έγινε η προσπάθεια να εξεταστεί ποιά θα μπορούσε να είναι η καλύτερη σχηματοποίηση του υδροσυστήματος της Μυκόνου, δηλαδή ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος προσφοράς νερού στο σύστημα, ώστε να καλύπτονται όλες οι υδατικές ανάγκες του νησιού με το χαμηλότερο δυνατό ενεργειακό και χρηματικό κόστος. Με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα λοιπόν, ισχύουν τα παρακάτω:

Σενάριο 1 :

- Καμία αλλαγή ως προς την αρχική σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος.

- Προσφορά νερού από όλους τους κόμβους
- Όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται.
- Υψηλή μέση στάθμη Ταμιευτήρων.
- Συνολικό κόστος = 131593 € Κατανάλωση ενέργειας = 0,275 GWh

Σενάριο 2 :

- Αλλαγές στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος.
- Εκτός λειτουργίας οι 2 Ταμιευτήρες
- Οι στόχοι δεν ικανοποιούνται.

Σενάριο 3 :

- Αλλαγή στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος.
- Σε λειτουργία μόνο οι 2 Ταμιευτήρες.
- Οι στόχοι δεν ικανοποιούνται

Σενάριο 4 :

- Αλλαγές στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος.
- Προσφορά νερού μόνο από τις Μονάδες Αφαλάτωσης για τους δύο κύριους κόμβους. Στόχος της Άρδευσης κανονικά από τους Ταμιευτήρες και τις αρδευτικές Γεωτρήσεις. Αύξηση της δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης σε περίπου 5500 m³/day
- Όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται.
- Υψηλή Στάθμη Ταμιευτήρων.
- Συνολικό κόστος = 99194 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,750 GWh

Σενάριο 5:

- Αλλαγές στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος.
- Σε λειτουργία οι Μονάδες Αφαλάτωσης, η Μεταφορά Νερού και οι υδρευτικές Γεωτρήσεις. Στόχος της Άρδευσης καμία αλλαγή.
- Οι στόχοι ικανοποιούνται
- Υψηλή στάθμη Ταμιευτήρα Άνω Μεράς
- Συνολικό κόστος = 134803 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,360 GWh

Σενάριο 6:

- Αλλαγές στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος.
- Σε λειτουργία οι δύο Ταμιευτήρες, οι Μονάδες Αφαλάτωσης και οι αρδευτικές Γεωτρήσεις. Μικρή αύξηση της δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης σε περίπου 2500 m³/day.
- Όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται
- Υψηλή στάθμη Ταμιευτήρα Άνω Μεράς
- Συνολικό κόστος = 85979 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,564 GWh

Σενάριο 7:

- Αλλαγές στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος.

- Σε λειτουργία οι δύο Ταμιευτήρες, οι Μονάδες Αφαλάτωσης, η Μεταφορά Νερού και οι αρδευτικές Γεωτρήσεις.
- Οι στόχοι ικανοποιούνται
- Υψηλή στάθμη Ταμιευτήρα Άνω Μεράς
- Συνολικό κόστος = 125526 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,561 GWh

Σενάριο 8:

- Αλλαγές στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος. Σύνδεση του Ταμιευτήρα Άνω Μεράς με τον κόμβο Δ.Μυκόνου.
- Σε λειτουργία οι δύο Ταμιευτήρες, οι Μονάδες Αφαλάτωσης και οι αρδευτικές Γεωτρήσεις. Μείωση της δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης σε 1500 m³/day.
- Όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται
- Μέτρια έως χαμηλή στάθμη Ταμιευτήρων
- Συνολικό κόστος = 90203 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,589 GWh

Σενάριο 9:

- Αλλαγές στη σχηματοποίηση και στα δεδομένα εισόδου του συστήματος. Κατασκευή και λειτουργία 3^{ου} Ταμιευτήρα
- Σε λειτουργία οι τρεις Ταμιευτήρες, οι Μονάδες Αφαλάτωσης και οι αρδευτικές Γεωτρήσεις. Μείωση της δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης σε 860 m³/day.
- Όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται
- Μέτρια έως χαμηλή στάθμη Ταμιευτήρων
- Συνολικό κόστος = 68641 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,473 GWh

Είναι λοιπόν φανερό από τη σύνοψη των αποτελεσμάτων, ότι η καλύτερη δυνατή σχηματοποίηση τόσο από άποψη αποτελεσματικότητας όσο και από ενεργειακή - οικονομική, είναι αυτή των Σεναρίων 6 και 8 και 9

Το Σενάριο 6 απαιτεί μια μικρή αύξηση της δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης. Αυτό σημαίνει λειτουργία των ήδη υπαρχουσών Μονάδων στην πλήρη δυναμικότητα τους και όχι μόνο κάποιες ώρες τη μέρα ή ακόμα και κατασκευή και λειτουργία μιας επιπλέον μονάδας δυναμικότητας περίπου 1500 m³/day.

Το Σενάριο 8 απαιτεί κατασκευή σύνδεσης του Ταμιευτήρα Άνω Μεράς με το Δ.Μυκόνου. Ένα καθαρά τεχνικό έργο με μικρό κόστος κατασκευής και ακόμα μικρότερο κόστος λειτουργίας καθώς το νερό μεταφέρεται στους αγωγούς με βαρύτητα.

Το Σενάριο 9 απαιτεί κατασκευή και σύνδεση με το σύστημα ενός 3^{ου} Ταμιευτήρα, που μειώνει αισθητά το κόστος υδροδότησης του νησιού αλλά αποτελεί μεγάλο και κοστοβόρο τεχνικό έργο.

Το ποιό από τα τρία αποτελεί τελικά καλύτερη και ευκολότερη εφαρμόσιμη λύση, απαιτεί τεχνικοοικονομικές μελέτες και δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

6.4 Ανάλυση και αποτίμηση Ακραίων σεναρίων

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστεί η απόκριση του συστήματος σε συνθήκες ακραίων καταστάσεων. Με τον όρο "ακραίες καταστάσεις", εννοούνται οι καταστάσεις που λαμβάνουν χώρα σπάνια και υπάρχει μικρή πιθανότητα να εμφανιστούν. Επειδή όμως υπάρχει έστω και μικρή πιθανότητα να εμφανιστούν κάποια στιγμή στο μέλλον, θεωρήθηκε αναγκαίο να εξεταστεί η ανταπόκριση του συστήματος σε αυτές τις συνθήκες. Σαν τέτοιες λογίζονται η μεγάλη αύξηση της ζήτησης σε νερό τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω τουρισμού και η μείωση των εισροών στους ταμιευτήρες κάποιες χρονιές που δεν υπήρχε έντονη βροχόπτωση.

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης λοιπόν, θα εξεταστούν αυτές οι 2 περιπτώσεις σε 2 διαφορετικά σενάρια, με βάση τη σχηματοποίηση που επιλέχθηκε προηγουμένως ως καλύτερη δυνατή για το σύστημα.

6.4.1 Σενάριο αύξησης ζήτησης Υδρευτικού νερού

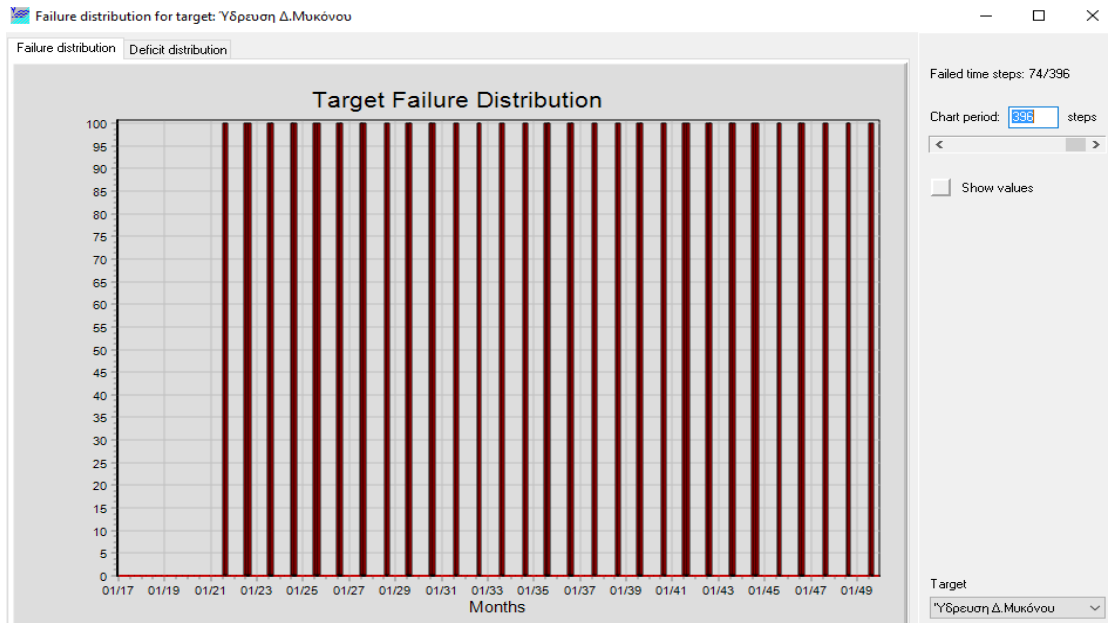
Σε αυτό το σενάριο θα εξεταστεί αν η προσφορά νερού από τους Ταμιευτήρες, τις Μονάδες Αφαλάτωσης και τις αρδευτικές Γεωτρήσεις, είναι αρκετή να καλύψει τις ανάγκες στην περίπτωση που η ζήτηση για ύδρευση στους 2 Δήμους διπλασιαστεί τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω τουρισμού.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.879	1.000	74	0.267	0.429	0.266	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.879	1.000	90	0.058	0.085	0.030	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.879	1.000	79	0.007	0.009	0.003	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.879	1.000	81	0.024	0.030	0.010	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	30.109	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	306	0.803	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

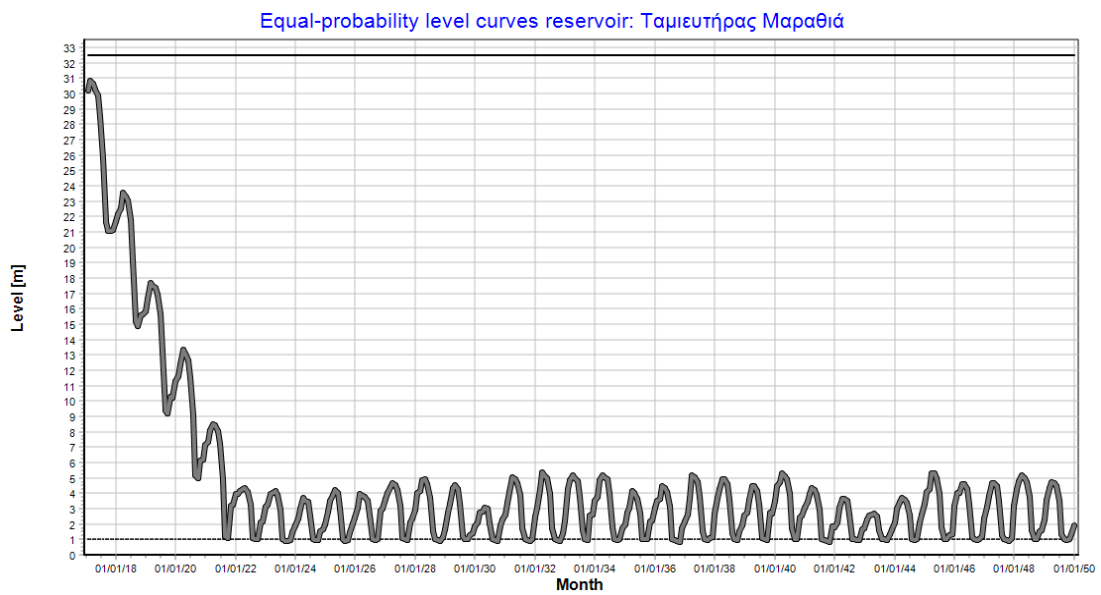
Εικόνα 6.38: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 6.4.1

Όπως φαίνεται στον πίνακα, οι στόχοι του Δ.Μυκόνου αστοχούν ενώ της Άνω Μεράς ικανοποιούνται. Αποτέλεσμα λογικό, καθώς η υδρευτική ζήτηση στο Δ.Μυκόνου είναι αρκετά μεγαλύτερη.

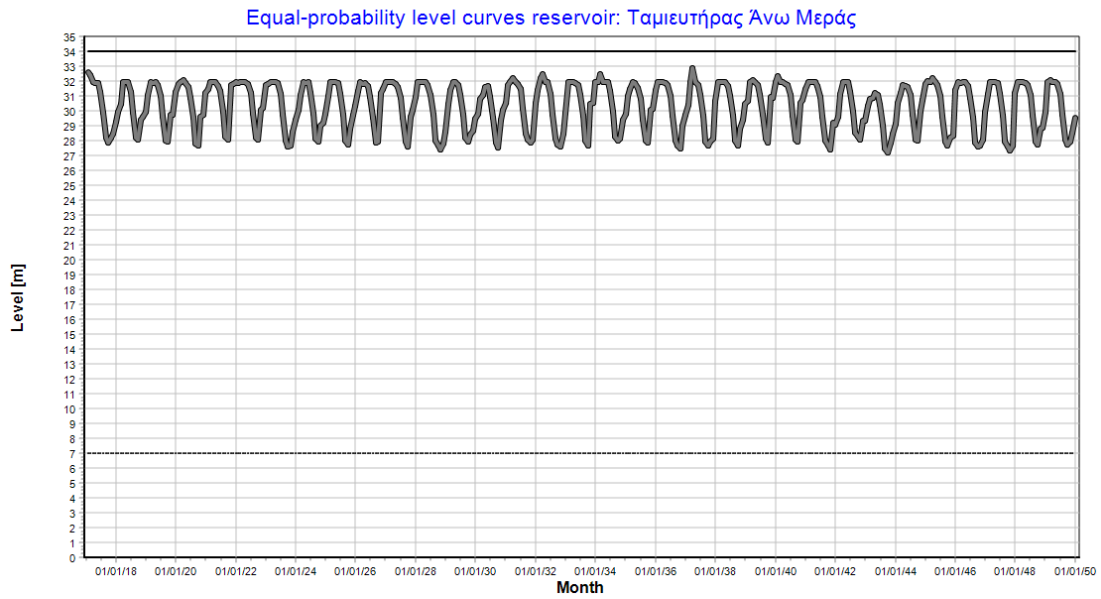


Εικόνα 6.39: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

Equal-probability curves



Σχήμα 6.20: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 6.4.1



Σχήμα 6.21: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 6.4.1

Για να καλυφθούν αυτά τα ελλείματα, θα τεθούν σε λειτουργία οι κόμβοι προσφοράς νερού με Με ταφορά και με υδρευτικές Γεωτρήσεις.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volun	1.000	1.000	396	22.463	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	282	0.628	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	1.000	1.000	132	0.118	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.40: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου Σεναρίου 6.4.1

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy
Subcatchment runoff	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Rainfall	0.029 (0.037)	0.020 (0.025)	0.048
Aqueduct inflow	0.006 (0.009)	0.004 (0.005)	0.010
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.016 (0.013)	0.009 (0.006)	0.025
Aqueduct outflow	0.024 (0.043)	0.015 (0.017)	0.039
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.005 (0.080)	-0.000 (0.036)	-0.006
Verification	0.000	0.000	0.000
Mean level [m]	11.036 (6.336)	30.697 (1.347)	
Mean storage [hm3]	1.001 (0.570)	0.949 (0.055)	

From Date: Ιανουάριος 2017

To Date: Δεκέμβριος 2049

Calculate

Results for the period 1/2017 to 12/2049 (396 months) based on the last simulation. Last simulation period: 1/1/2017 - 31/12/2049.

All values represent the monthly mean and standard deviation value (in brackets).

All values except for the level are expressed in hm3. The level is expressed in m.

Display st. dev. values

Εικόνα 6.41: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 6.4.1

Στο τέλος βλέπουμε ότι:

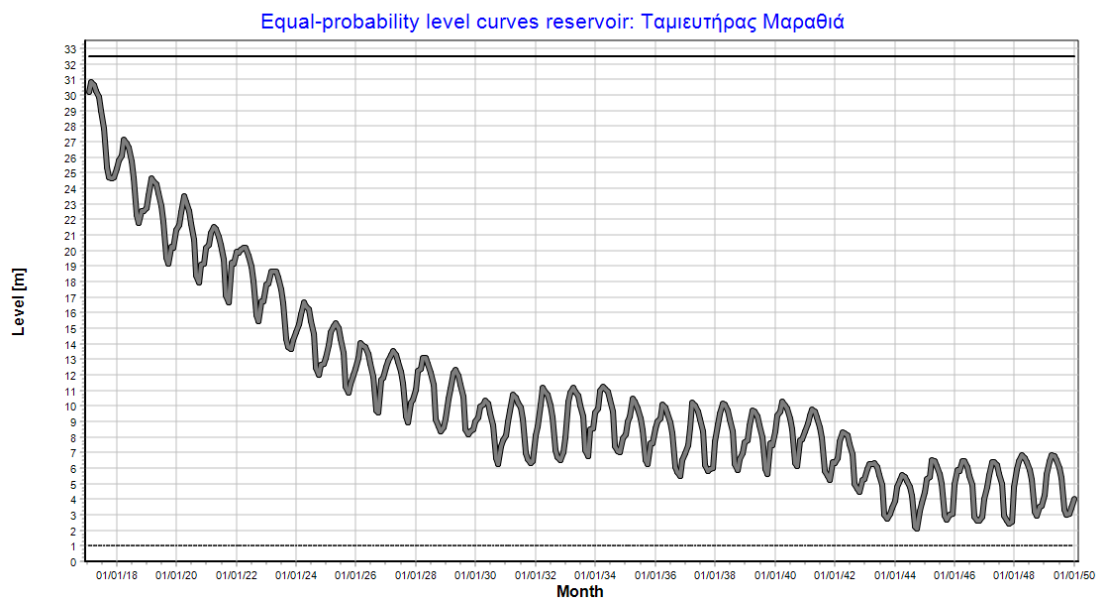
Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 11,036 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 1,001 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 30,697 m

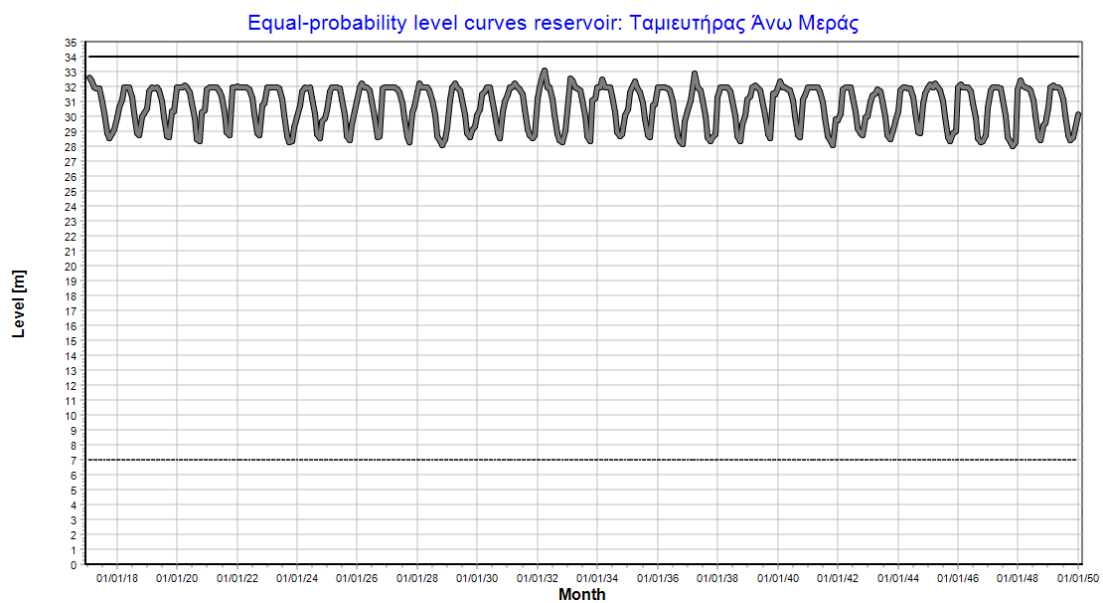
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,949 hm³

Equal-probability curves



Σχήμα 6.22: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 6.4.1

Equal-probability curves



Σχήμα 6.23: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 6.4.1

	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES							
SUB TOTAL		0.000		0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS							
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000		
BOREHOLE GROUPS							
Γεώτρηση Αγ. Σοφία	0.500	0.012 (0.003)	0.006 (0.002)		5.924 (1.737)		0.934
Μεταφορά Νερού	1.000	0.026 (0.050)	0.026 (0.050)		130.450 (249.261)		0.250
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.140 (0.373)		1.000
Γεωτρήσεις	0.500	0.038 (0.018)	0.019 (0.009)		19.014 (8.005)		0.907
Μονάδες Αραχίττω	8.350	0.030 (0.018)	0.251 (0.145)		24.059 (14.028)		1.000
Μονάδες Αραχίττω	8.350	0.012 (0.019)	0.098 (0.163)		9.401 (15.593)		0.615
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.075 (0.357)		1.000
SUB TOTAL		0.170	0.426		215.061		
TOTAL		0.170	0.426	0.000	215.061	0.000	

Εικόνα 6.42: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 6.4.1

Συνολικό κόστος = 215061 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,426 GWh

Όπως φαίνεται, το κόστος είναι αρκετά μεγάλο καθώς χρειάστηκε να μεταφερθούν περίπου 26000 m³/month νερό.

Σε αυτό το σημείο, επειδή όπως διαπιστώνεται η στάθμη του Ταμιευτήρα Άνω Μεράς διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, θα εξετασθεί αν η σύνδεση του με το Δ.Μυκόνου θα έχει κάποια θετική επίδραση στο κόστος, και δεν χρειάζεται να καλυφθεί το έλλειμμα με μεγάλες και κοστοβόρες ποσότητες Μεταφερόμενου Νερού.

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volun	1.000	1.000	396	13.537	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	393	8.092	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	1.000	1.000	132	0.066	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	1.000	1.000	66	0.012	-	-	0.000

Εικόνα 6.43: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου Σεναρίου 6.4.1

Όπως φαίνεται στον πίνακα, οι στόχοι του ικανοποιούνται.

	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.029 (0.036)	0.020 (0.025)	0.048
Rainfall	0.009 (0.012)	0.001 (0.002)	0.011
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.023 (0.016)	0.004 (0.003)	0.027
Aqueduct outflow	0.019 (0.028)	0.019 (0.046)	0.038
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.004 (0.076)	-0.002 (0.062)	-0.006
Verification	-0.000	-0.000	-0.000
Mean level [m]	17.728 (4.976)	13.052 (4.974)	
Mean storage [hm ³]	1.603 (0.453)	0.314 (0.163)	

Εικόνα 6.44: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 6.4.1

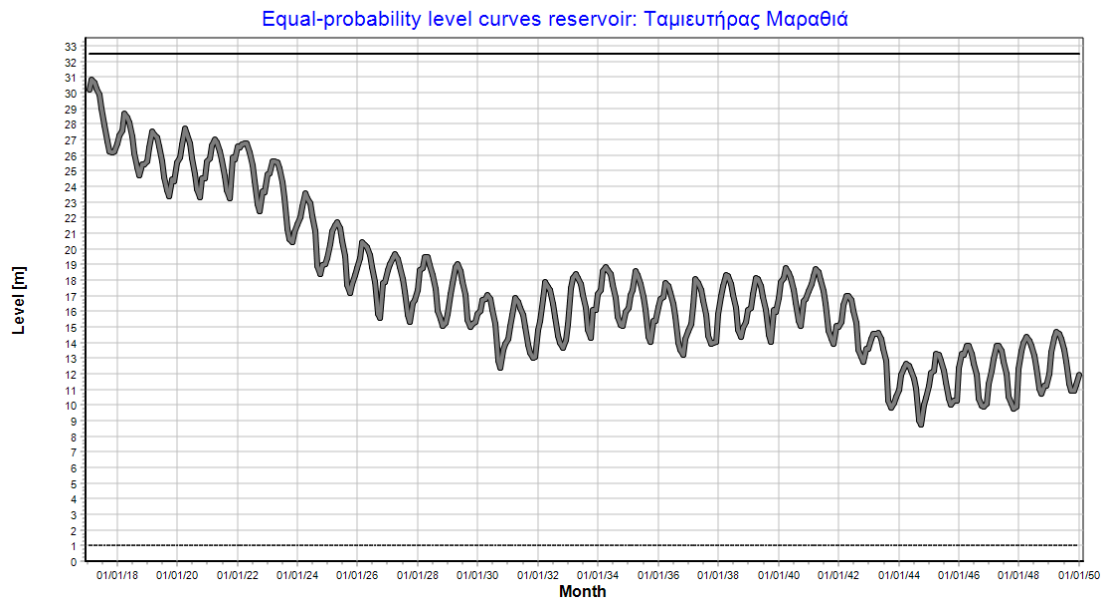
Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 17,728 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 1,603 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 13,052 m

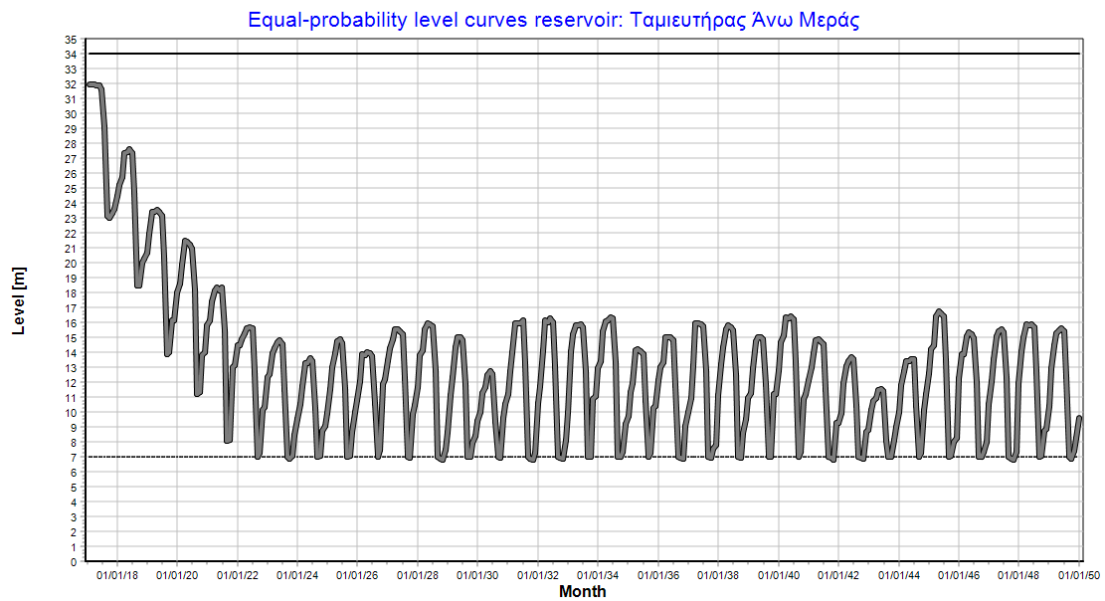
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,314 hm³

Equal-probability curves



Σχήμα 6.24: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 6.4.1

Equal-probability curves



Σχήμα 6.25: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 6.4.1

Όπως ήταν φυσικό και αναμενόμενο, η στάθμη της Άνω Μεράς δεν διατηρήεται σε υψηλά επίπεδα πια.

	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES							
SUB TOTAL		0.000		0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS							
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000		
BOREHOLE GROUP:							
Γεώτρηση Αγ.Σοφία	0.500	0.013 (0.001)	0.006 (0.000)		6.391 (0.493)		0.997
Μεταφορά Νερού	1.000	0.017 (0.031)	0.017 (0.031)		85.810 (154.475)	0.250	
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.002)	0.013 (0.001)		13.076 (1.003)	0.995	
Γεωτρήσεις	0.500	0.049 (0.014)	0.024 (0.007)		24.297 (6.785)	1.000	
Μονάδες Αραχίπτω	8.350	0.030 (0.018)	0.251 (0.147)		24.019 (14.078)	0.995	
Μονάδες Αραχίπτω	8.350	0.012 (0.019)	0.100 (0.162)		9.608 (15.476)	0.750	
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.075 (0.357)	1.000	
SUB TOTAL		0.173	0.425		176.275		
TOTAL		0.173	0.425	0.000	176.275	0.000	

Εικόνα 6.45: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 6.4.1

Συνολικό κόστος = 176275 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,425 GWh

Διαπιστώνεται ότι με τη σύνδεση αυτή, το κόστος μειώνεται αισθητά.

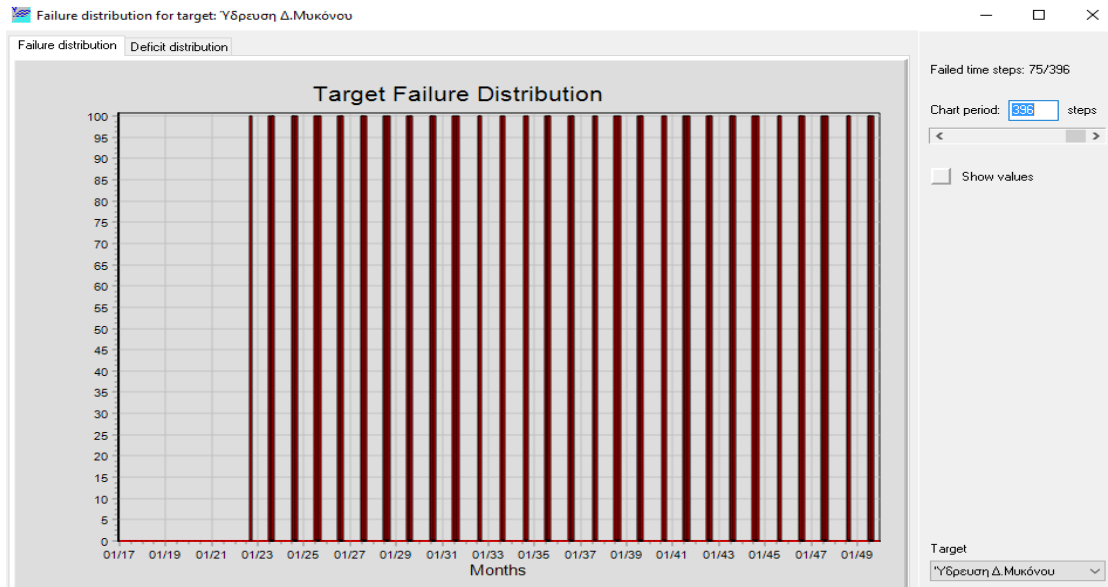
6.4.2 Σενάριο μειωμένων εισροών στους Ταμιευτήρες

Σε αυτό το σενάριο θα εξετασθεί η περίπτωση που οι εισροές στους 2 Ταμιευτήρες μειωθούν αισθητά, και τι επίπτωση θα έχει ένα τέτοιο γεγονός στο σύστημα. Για αυτό το σκοπό θα μειωθούν οι εισροές στο μισό και στη συνέχεια προτείνεται το πως θα αντιμετωπιστεί το έλλειμα που θα προκύψει.

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶ €)
1) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.848	1.000	75	0.116	0.176	0.106	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μυκόνου - Ir	0.848	1.000	102	0.065	0.088	0.030	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.848	1.000	84	0.008	0.012	0.003	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μυκόνου - Water supply	0.848	1.000	85	0.026	0.040	0.010	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volun	1.000	1.000	396	30.679	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	394	2.174	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

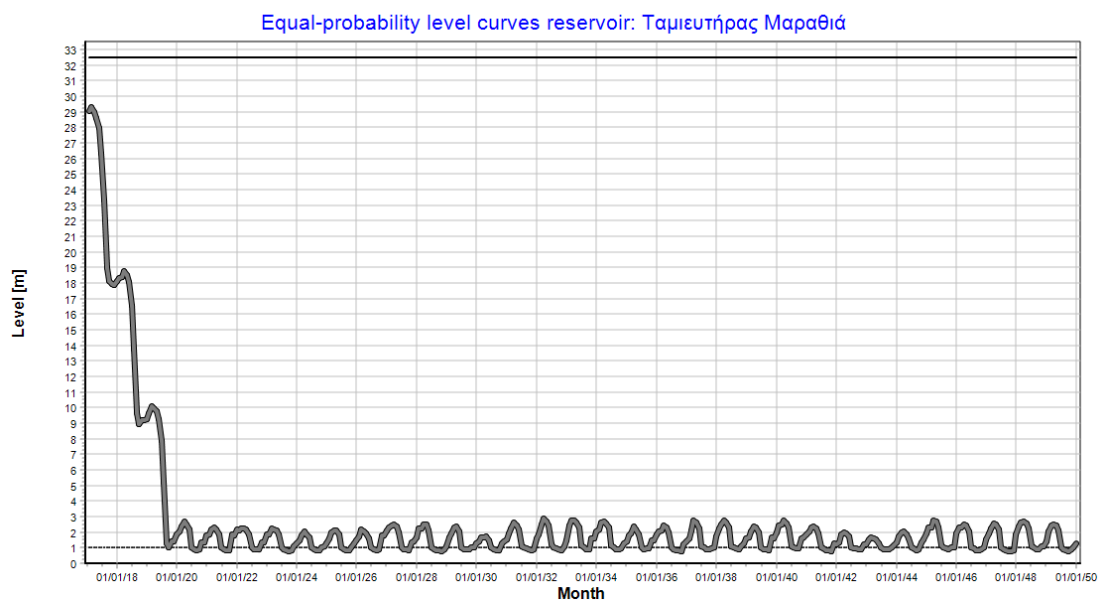
Εικόνα 6.46: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου Σεναρίου 6.4.2

Όπως φαίνεται στον πίνακα, οι αστοχίες είναι αρκετά περισσότερες από το σενάριο που η ζήτηση Ύδρευσης αυξάνεται.

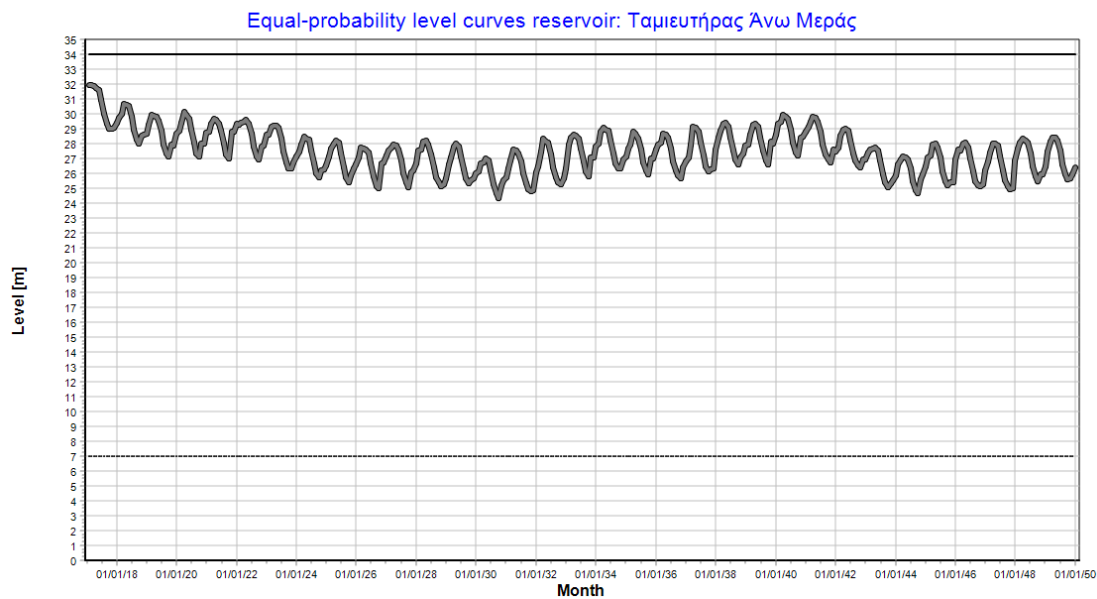


Εικόνα 6.47: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

Equal-probability curves



Σχήμα 6.26: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 6.4.2



Σχήμα 6.27: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 6.4.2

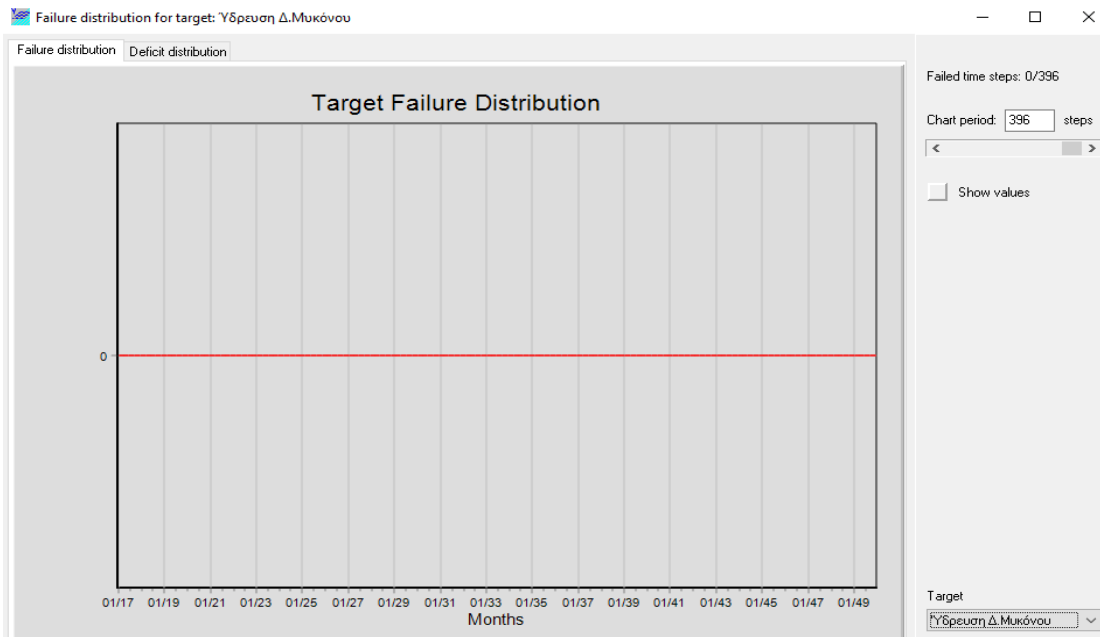
Για να αντιμετωπιστούν οι αστοχίες, τίθονται σε λειτουργία οι κόμβοι Μεταφοράς Νερού και οι Γεωτρήσεις. Η λύση να συνδεθεί ο Ταμιευτήρας Άνω Μεράς με το σύστημα, σε αυτό το σενάριο δεν έχει νόημα η εφαρμογή της, καθώς όπως φαίνεται στα διαγράμματα, οι στάθμες βρίσκονται σε πολύ χαμηλό επίπεδο.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volun	1.000	1.000	396	16.673	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	394	2.174	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	1.000	1.000	99	0.051	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.48: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου Σεναρίου 6.4.2

Όπως φαίνεται στον πίνακα, όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται και δεν υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα.



Εικόνα 6.49: Φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων

	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.014 (0.018)	0.010 (0.013)	0.024
Rainfall	0.004 (0.005)	0.002 (0.002)	0.005
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.018 (0.013)	0.008 (0.005)	0.026
Aqueduct outflow	0.005 (0.006)	0.004 (0.006)	0.009
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.005 (0.036)	-0.000 (0.022)	-0.005
Verification	-0.000	0.000	-0.000
Mean level [m]	12.966 (4.993)	27.479 (1.429)	
Mean storage [hm ³]	1.171 (0.453)	0.819 (0.056)	

Εικόνα 6.50: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 6.4.2

Στο τέλος βλέπουμε ότι :

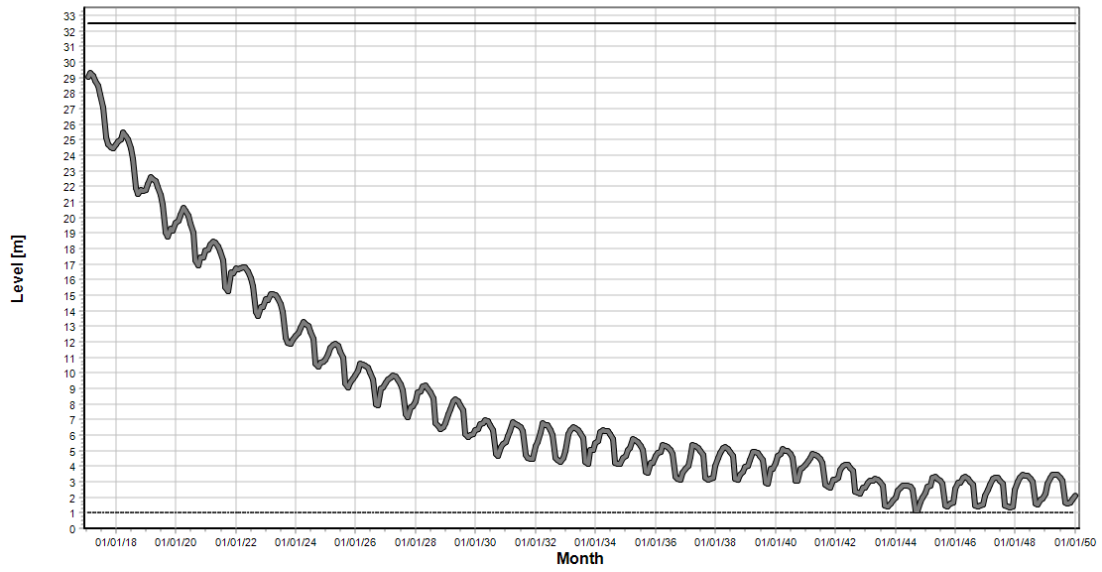
Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 12,966 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 1,171 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 27,479 m

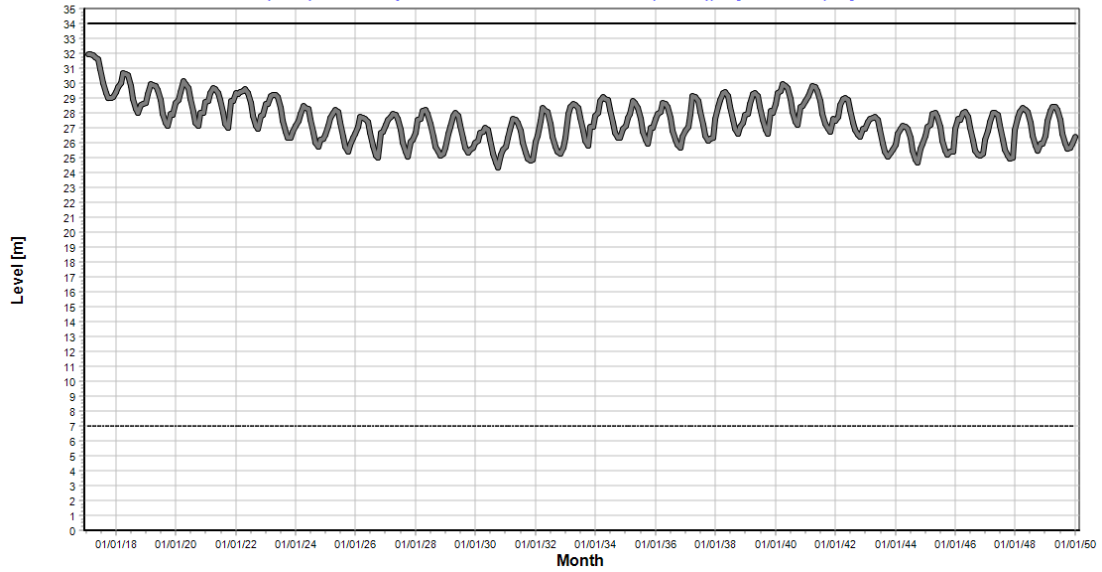
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,819 hm³

Equal-probability level curves reservoir: Ταμιευτήρας Μαραθιά



Σχήμα 6.28: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 6.4.2

Equal-probability level curves reservoir: Ταμιευτήρας Άνω Μεράς



Σχήμα 6.29: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 6.4.2

	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES							
SUB TOTAL		0.000		0.000	0.000	0.000	
PUMPING STATIONS							
SUB TOTAL		0.000	0.000		0.000		
BOREHOLE GROUP:							
Γεώτρηση Αγ.Σοφία	0.500	0.013 (0.001)	0.006 (0.000)		6.408 (0.365)		1.000
Μεταφορά Νερού	1.000	0.011 (0.027)	0.011 (0.027)		56.373 (136.164)		0.167
Γεωτρήσεις	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.140 (0.373)		1.000
Γεωτρήσεις	0.500	0.045 (0.009)	0.022 (0.004)		22.267 (4.280)		1.000
Μονάδες Αφαλάτωση	8.350	0.029 (0.017)	0.244 (0.140)		23.407 (13.369)		1.000
Μονάδες Αφαλάτωση	8.350	0.007 (0.010)	0.055 (0.086)		5.280 (6.206)		0.750
Γεωτρήσεις	0.500	0.034 (0.006)	0.017 (0.003)		17.137 (2.976)		1.000
SUB TOTAL		0.165	0.370		144.013		
TOTAL		0.165	0.370	0.000	144.013	0.000	

Εικόνα 6.51: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 6.4.2

Συνολικό κόστος = 144013 € Ενεργειακή κατανάλωση = 0,370 GWh

Όπως φαίνεται στον πίνακα, για να μην υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα χρειάστηκε να μεταφερθούν 11000 m³/month νερό.

6.4.3 Σενάριο αύξησης ζήτησης Υδρευτικού νερού με ταυτόχρονη μειωμένη εισροή στους Ταμιευτήρες

Σε αυτό το σενάριο θα εξεταστεί η επίπτωση που θα έχει στο σύστημα μια μεγάλη αύξηση της ζήτησης για νερό Ύδρευσης σε συνδυασμό με μια σημαντική μείωση των εισροών στους Ταμιευτήρες. Για το σκοπό αυτό διπλασιάζεται η Ύδρευτική ζήτηση τους καλοκαιρινούς μήνες και μειώνονται στο μισό οι εισροές στους Ταμιευτήρες.

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.909	1.000	96	0.405	0.486	0.266	0.000
2) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.091	1.000	3	0.002	0.036	0.036	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.909	1.000	124	0.080	0.112	0.030	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μερός	0.242	1.000	12	0.002	0.016	0.011	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.909	1.000	107	0.010	0.012	0.003	0.000
6) Δ.Άνω Μερός - Water supply	0.152	1.000	6	0.000	0.006	0.003	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.909	1.000	109	0.033	0.040	0.010	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	31.673	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μερός - Min. vo	1.000	1.000	394	7.793	-	-	0.000
10) A40 - Max flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000
11) A41 - Max flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.52: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου 6.4.3

Όπως ήταν αναμενόμενο, είναι φανερό ότι κανένας στόχος δεν ικανοποιείται και το σύστημα αποτυγχάνει.

Επειδή είναι πια αντιληπτό ότι η λύση της Μεταφοράς Νερού είναι πολυδάπανη, θα εξεταστεί η περίπτωση συνδυασμένης λύσης, δηλαδή αύξηση της δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης με ταυτόχρονη προσφορά νερού από Μεταφορά.

Target results

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶ €)
1) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
2) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3) Αρδευτικές εκτάσεις Μικόνου - Irr	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
4) Αρδευτικές εκτάσεις Άνω Μεράς	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
5) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
6) Δ.Άνω Μεράς - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
7) Δ.Μικόνου - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
8) Ταμιευτήρας Μαραθιά - Min. volum	1.000	1.000	396	20.744	-	-	0.000
9) Ταμιευτήρας Άνω Μεράς - Min. vo	1.000	1.000	394	2.174	-	-	0.000
10) A40 - Max. flow	1.000	1.000	99	0.139	-	-	0.000
11) A41 - Max. flow	0.000	0.000	0	0.000	-	-	0.000

Εικόνα 6.53: Αποτελέσματα στόχων Σεναρίου Σεναρίου 6.4.3

Όπως φαίνεται στον πίνακα δεν υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα, δηλαδή με αυτή την αύξηση της παροχής των Μονάδων Αφαλάτωσης σε συνδυασμό με την προσφορά νερού από Μεταφορά και υδρευτικές Γεωτρήσεις όλοι οι στόχοι ικανοποιούνται.

	Ταμιευτήρας Μαραθιά	Ταμιευτήρας Άνω Μεράς	TOTAL
Subcatchment runoff	0.014 (0.018)	0.010 (0.013)	0.024
Rainfall	0.004 (0.005)	0.002 (0.002)	0.005
Aqueduct inflow			0.000
River inflow			0.000
Aquifer inflow			0.000
External inflow			0.000
Returned water			0.000
Leakage			0.000
Evaporation	0.018 (0.013)	0.008 (0.005)	0.026
Aqueduct outflow	0.005 (0.005)	0.004 (0.006)	0.009
River outflow			0.000
Water supply			0.000
Irrigation			0.000
Spill			0.000
System loss			0.000
Storage usage	-0.005 (0.036)	-0.000 (0.022)	-0.005
Verification	-0.000	0.000	-0.000
Mean level [m]	12.966 (4.993)	27.479 (1.429)	
Mean storage [hm ³]	1.171 (0.453)	0.819 (0.056)	

Εικόνα 6.54: Φόρμα ισοζυγίου Ταμιευτήρων Σεναρίου 6.4.3

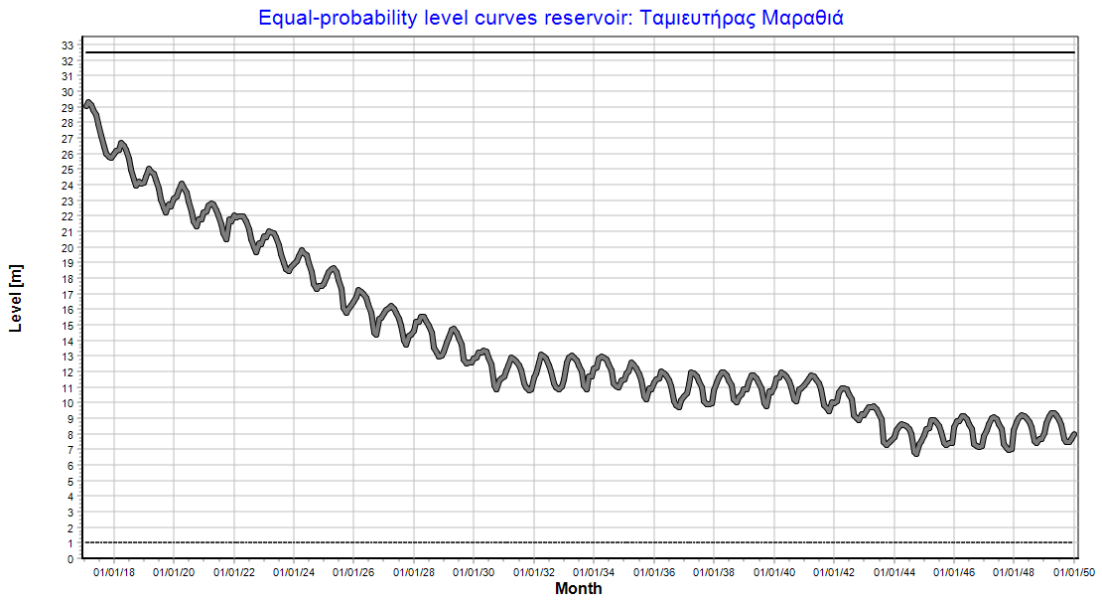
Στο τέλος βλέπουμε ότι:

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Μαραθιά: 12,966 m

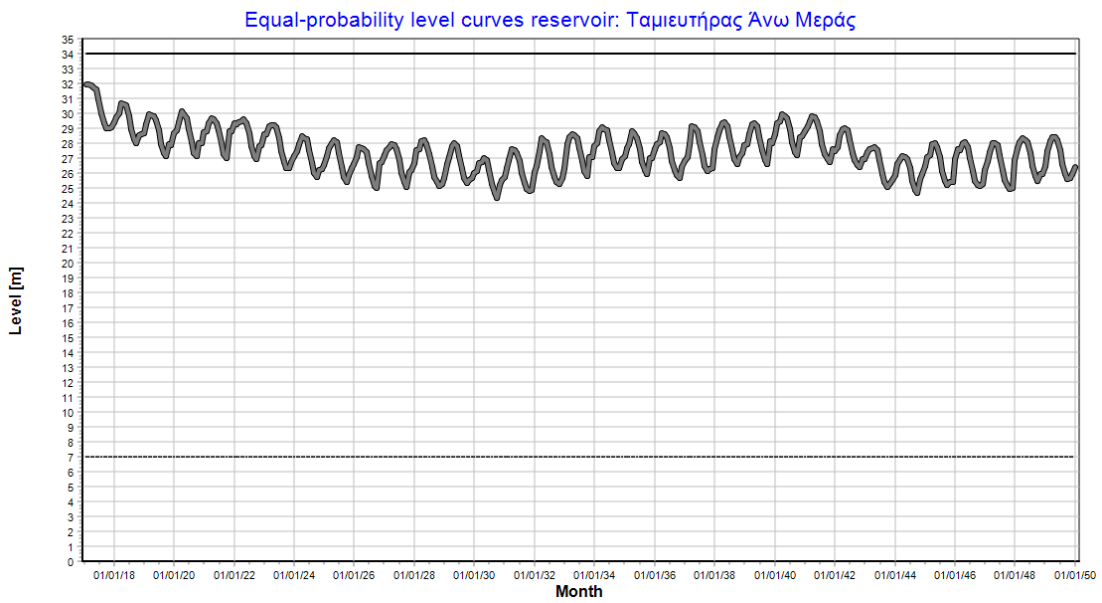
Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Μαραθιά: 1,171 hm³

Μέση Στάθμη ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 27,479 m

Μέσο Απόθεμα ταμιευτήρα Άνω Μεράς: 0,819 hm³



Σχήμα 6.30: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Μαραθιά Σεναρίου 6.4.3



Σχήμα 6.31: Διακύμανση Στάθμης ταμιευτήρα Άνω Μεράς Σεναρίου 6.4.3

Reservoirs	Nodes	Cond. data	Energy						
			Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES									
SUB TOTAL									
PUMPING STATIONS									
SUB TOTAL									
BOREHOLE GROUP:									
			0.500	0.013 (0.001)	0.006 (0.000)		6.408 (0.365)		1.000
		Γεωτρήσι Αγ. Σοφία	1.000	0.034 (0.075)	0.034 (0.075)		167.970 (375.988)	0.250	
		Μεταφορά Νερού	0.500	0.026 (0.001)	0.013 (0.000)		13.140 (0.373)		1.000
		Γεωτρήσεις	0.500	0.045 (0.008)	0.022 (0.004)		22.267 (4.280)		1.000
		Γεωτρήσεις	8.350	0.037 (0.027)	0.307 (0.228)		29.373 (21.831)		1.000
		Μονάδες Αφραδίτιω	8.350	0.012 (0.019)	0.100 (0.162)		9.608 (15.476)	0.750	
		Μονάδες Αφραδίτιω	0.500	0.034 (0.006)	0.017 (0.003)		17.137 (2.976)		1.000
		Γεωτρήσεις	SUB TOTAL						
			0.200	0.499			265.903		
TOTAL									
			0.200	0.499	0.000		265.903	0.000	

From Date: 1/1/2017

To Date: Δεκέμβριος 2049

Calculate

months), based on the last simulation. Last simulation period: 1/1/2017 - 31/12/2049.

All values represent the monthly mean and standard deviation value (in brackets).

Units: Specific energy in kWh/m³ or Unit specific energy in GWh/m³; Discharge in hm³; Energy in GWh.

Display st. dev. values

Εικόνα 6.55: Φόρμα ενεργειακού ισοζυγίου – κόστους Σεναρίου 6.4.3

Συνολικό κόστος = 265903 € Ένεργειακή κατανάλωση = 0,499 GWh

Όπως φαίνεται στον πίνακα, για να μην υπάρχει καμία αστοχία στο σύστημα χρειάστηκε να μεταφερθούν 34000 m³/month νερό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συμπεράσματα - Προτάσεις

Από την ενδελεχή διερεύνηση της λειτουργίας του συστήματος και τα αποτελέσματα των σεναρίων προσομοίωσης προκύπτουν πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Το υδrosύστημα, μπορεί να μην είναι ιδιαίτερος πολύπλοκο, αλλά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο και μικρές αλλαγές στην διαχειριστική πολιτική οδηγούν σε έντονες διαφοροποιήσεις των μεγεθών επίδοσής του (πιθανότητα αστοχίας, ετήσια ελλείμματα, χρηματικό και ενεργειακό κόστος).

Γενικά συμπεράσματα :

- Οι δύο Ταμιευτήρες, Μαραθίου και Άνω Μεράς δεν είναι σε θέση να καλύψουν τις υδατικές ανάγκες του νησιού από μόνοι τους.
- Οι Μονάδες Αφαλάτωσης είναι απολύτως απαραίτητες σε κάθε ζήτηση που μπορεί να υπάρξει. Μάλιστα, σε ορισμένα όχι τόσο ακραία σενάρια, η αύξηση της δυναμικότητας τους παρουσιάζεται σαν επιτακτική ανάγκη. Σε αυτή την υποθετική περίπτωση, αύξηση της συνολικής δυναμικότητας με την κατασκευή και λειτουργία μιας επιπλέον μονάδας δυναμικότητας 500 m³/day, προσδίδει στο σύστημα μεγάλα οικονομικά οφέλη καθώς καλύπτονται τα ελλείμματα με μικρό κόστος. Μάλιστα πρόσφατα έγινε τοποθέτηση ακόμα μιας μονάδας δυναμικότητας 400 m³/day.
- Η Μεταφορά Νερού με πλοία, όσο πολυδάπανη λύση και να είναι για το σύστημα, σε ορισμένες περιπτώσεις που οι Ταμιευτήρες μαζί με τις Μονάδες Αφαλάτωσης δεν επαρκούν να καλύψουν τις ανάγκες, αποτελεί τη μοναδική λύση κάλυψης των υδατικών ελλειμάτων, καθώς η δυναμικότητα των Μονάδων Αφαλάτωσης έχει ανώτατο όριο λειτουργίας.
- Οι Γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται κυρίως για την κάλυψη της Άρδευσης και όχι για την Ύδρευση, καθώς το νερό έχει υποστεί υφαλμύριση σε μεγάλο βαθμό. Χρησιμοποιούνται μόνο σε ακραίες περιπτώσεις έλλειμματος.
- Στο υποθετικό σενάριο σύνδεσης του Ταμιευτήρα Άνω Μεράς με τον κόμβο ζήτησης Δ.Μυκόνου, επιβαρύνεται λίγο ο στόχος της Άρδευσης Άνω Μεράς, αλλά η Ύδρευση που είναι το κύριο ζητούμενο εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση, με σημαντικά οικονομικά οφέλη (εξασφαλίζεται μέχρι και μείωση της απαιτούμενης δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης). Σίγουρα μια λύση εύκολα και οικονομικά εφαρμόσιμη που θα λύσει αρκετά προβλήματα.
- Στο επίσης υποθετικό σενάριο κατασκευής και λειτουργίας ενός 3^{ου} Ταμιευτήρα με παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά με του Μαραθιά, οι 3 αυτοί Ταμιευτήρες πάλι δεν είναι σε θέση να καλύψουν αποκλειστικά τις ανάγκες του συστήματος, εξασφαλίζει όμως μεγάλη μείωση της απαιτούμενης δυναμικότητας των Μονάδων Αφαλάτωσης και σημαντικά οικονομικά οφέλη.
- Σε περιπτώσεις ακραίων καταστάσεων, απαιτείται ορθολογική διαχειριστική πολιτική αυτών των μέσων προσφοράς νερού, με πρωταρχικό κριτήριο εννοείται την κάλυψη των υδατικών αναγκών και έπειτα του οικονομικού κόστους.

Η τελική απόφαση για το αν θα γίνει κάτι από τα προτεινόμενα και το ποιό θα είναι αυτά απαιτεί μεγάλες τεχνικοοικονομικές μελέτες, κοινωνικές ζυμώσεις, πολιτειακές πολιτικές και που όπως είναι φυσικό δεν αποτελεί αντικείμενο ανάλυσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Οι διαχειριστικές αποφάσεις δεν είναι απλές. Πρέπει να υποστηρίζονται από γνώση της επίδρασής τους σε ισχυρά αντικρουόμενα κριτήρια, υπό καθεστώς αβεβαιότητας. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να δοκιμάζονται οι επιλογές σε ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, μέσω κατάλληλης παραμετροποίησης του και υπό το πρίσμα της στοχαστικής προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Alklaibi, A., & Lior, N. (2004). Membrane-distillation desalination: status and potential. *Desalination 171* , 111–131.
- Bourouni, K., Ben M'Barek, T., & Al Taeeb, A. (2011). Design and optimization of desalination reverse osmosis plants driven by renewable energies using genetic algorithms. *Renewable Energy (36)* , 936-950.
- Clayton, R. (2011). *A Review of Current Knowledge, DESALINATION for WATER SUPPLY*. Foundation for Water Research .
- Ebensperger, U., & Isley, P. (2005). *Review of the Current State of Desalination, Water Policy Working Paper 2005-008*.
- Efstratiadis A., Ververis A., P. Panagopoulos, K. Triantafyllou, A. Tegos, N. Mamasis, and D. Koytsoyiannis, «Assessment of environmental flows of Acheloos Delta.» European Geosciences Union General Assembly 2010, Geophysical Research Abstracts, 2010.
- Efstratiadis, A., and K. Hadjibiros, Can an environment-friendly management policy improve the overall performance of an artificial lake? Analysis of a multipurpose dam in Greece, *Environmental Science and Policy*, 14 (8), 1151–1162, doi:10.1016/j.envsci.2011.06.001, 2011.
- Fritzmann, C., Löwenberg, J., Wintgens, T., & Melin, T. (2007). State-of-the-art of reverse osmosis desalination. *Desalination 216* , 1-76.
- Gilau, A. M., & Small, M. J. (2008). Designing cost-effective seawater reverse osmosis system under optimal energy options. *Renewable Energy (33)* , 617-630.
- Grigg N.S *Water Resources Management*. New York: McGraw-Hill, 1996
- GW. (2008, Αγγλικά). *Global Water Intelligence: Market analysis of the international water industry*. Αλλάθηκε Μαίνο 12, 2012, από <http://www.globalwaterintel.com/archive/9/8/analysis/chart-of-the-month.html>
- Henthorne, L. (2012). *The Current State of Desalination*. International Desalination Association.
- IDA. (2008). *Desalination in 2008 Global Market Snapshot*. International Desalination Association.
- IDS WATER. (2006). *IDS WATER - The information resource for the water industry*. Αλλάθηκε 2012, από IDS WATER - The information resource for the water industry: www.idswater.com/.../925/products.html
- Kaldellis, J. K., Kavadias, K. A., & Kondili, E. (2004). Renewable energy desalination plants for the Greek islands—technical and economic considerations. *Desalination 170* , 187-203.
- Karagiannis, I. C., & Soldatros, P. G. (2008). Water desalination cost literature: review and assessment. *Desalination 223* , 448–456.

- Karavokiros, G., A. Efstratiadis, and D. Koutsoyiannis, Determining management scenarios for the water resource system of Athens, Proceedings, Hydorama 2002, 3rd International Forum on Integrated Water Management, 175–181, Water Supply and Sewerage Company of Athens, Athens, 2002.
- Koroneos, C., Dompros, A., & Roumbas, G. (2007). Renewable energy driven desalination systems modelling. *Journal of Cleaner Production* 15 , 449-464.
- Mays L.W., and Y.K. Tung, Hydrosystems Engineering and Management. New York: McGraw-Hill, 1992.
- Micale, G., Cipollina, A., & Rizzuti, L. (2009). Seawater Desalination for Freshwater Production. 1-15.
- Miller, J. E. (2003). *Review of Water Resources and Desalination Technologies*.
- Mohamed, E. S., & Papadakis, G. (2004). Design, simulation and economic analysis of a stand-alone reverse osmosis desalination unit powered by wind turbines and photovoltaics. *Desalination*, 164 , 87-97.
- Mohamed, E. S., Papadakis, G., Mathioulakis, E., & Belessiotis, V. (2008). A direct coupled photovoltaic seawater reverse osmosis desalination system toward battery based systems — a technical and economical experimental comparative study. *Desalination* 221(1-3) , 17-22.
- Murray, T., Marcos, S. M., & Infield, D. (2002). «A small-scale seawater reverse-osmosis system with excellent energy efficiency over a wide operating range». *Desalination*.
- Stefopoulou, A., Soulis, K., Papapetrou, M., Kyritsis, S., & Epp, C. (2008). Institutional and policy framework analysis in relation to the application of autonomous desalination systems — Greece. *Desalination* 220 , 455-467.
- Technava SA. (2008). *World-Wide First: A Reverse Osmosis Plant, with Unique Technical Characteristics, Fully Unmanned Operation, & Environment Friendly for Installation on a Floating Windmill Platform*.
- Tegos A., A. Efstratiadis, and D. Koutsoyiannis, «A parametric model for potential evapotranspiration estimation based on a simplified formulation of the Penmann-Monteith equation.» Evapotranspiration-An Overview, 2012: edited by S. Alexandris, InTech.
- Tzen, E., Theofiloyianakos, D., & Kologios, Z. (2008). Autonomous reverse osmosis units driven by RE sources experiences and lessons learned. *Desalination* 221 , 29-36.
- Voutchkov, N. (2012). Overview of desalination status and future trends. *Water security and Sustainability, Desalination*. Portugal.
- Wade, N. M. (2001). Distillation plant development and cost update. *Desalination*(136) , 3-12.

Winston W.L. Operations Research, Applications and Algorithms. 3rd Edition. Duxbury, Belmont, 1994.

Δασκαλάκης Κ. (Ανάδοχος) 1993 - 1998. Ειδική Χωροταξική Μελέτη Νήσων Άνδρου – Τήνου - Μυκόνου για τον καθορισμό χρήσεων γης με στόχο την ανάπτυξη και την προστασία στα πλαίσια του κοινοτικού προγράμματος ENVIREG (Α΄ΦΑΣΗ-1993, Γ΄ ΦΑΣΗ – 1995, Γ1΄ ΦΑΣΗ – 1996, Δ΄ ΦΑΣΗ 1998). Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Δ/ση Χωροταξίας.

Ευστρατιάδης Α., Γ. Καραβοκυρός, και Δ. Κουτσογιάννης, «Θεωρητική Τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «Υδρονομέας», Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ).» Αθήνα, 2007.

Ευστρατιάδης Α., και Δ. Κουτσογιάννης, «Κασταλία (έκδοση 2.0) – Σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών» Στο Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας, 103 σελίδες. Αθήνα: Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2004.

Ευστρατιάδης, Α., Κουτσογιάννης, Δ., & Κοζάνης, Σ. (2005). Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών «Κασταλία». Αθήνα: NAMA, ΕΜΠ, ΔΕΥΑΚ, Αειφορική, MDS.

Ζώταλης, Κ., (2012). Ενεργειακή και Οικονομική Αποτίμηση των Συστημάτων Αφαλάτωσης. Εφαρμογή στον Ελλαδικό χώρο. Διπλωματική εργασία, Αθήνα: ΕΜΠ.

ΓΜΕ, Υπουργείο Ανάπτυξης, _ιεύθυνση Υδατικού _ναμικού και Φυσικών Πόρων (1996) «Σχέδιο Ανάπτυξης Υδατικών Πόρων».

Α. Λαζαρίδης, Χ. Καπετανάκης, Γ. Νουτσόπουλος, ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ Α.Ε., 1977. Μελέτη Υδρεύσεως Νήσου Μυκόνου - Προκαταρκτική Έκθεση. Υπουργείο Εσωτερικών, Διεύθυνση Προγραμματισμού & Μελετών.

Α. Λαζαρίδης, Χ. Καπετανάκης, Γ. Νουτσόπουλος, ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ Α.Ε., 1980. Προμελέτη Υδρεύσεως Νήσου Μυκόνου. Υπουργείο Εσωτερικών, _ιεύθυνση Προγραμματισμού και Μελετών.

ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕ - Β. Παρασχούδης - Ν. Αβραμόπουλος, 1991. Μελέτη Μικρών Λιμνοδεξαμενών στα Νησιά Β. Κυκλάδων (Κέα, Άνδρος, Σύρος, Μύκονος, Τήνος, Σέριφος, Σίφνος, Κύθνος, Μήλος, Κίμωλος) - Αναγνωριστική Μελέτη. Υπουργείο Γεωργίας, _ιεύθυνση Τεχνικών Μελετών & Κατασκευών, Τμήμα Α'.

ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕ, 1991. Μελέτη Μικρών Λιμνοδεξαμενών στα Νησιά Β. Κυκλάδων (Κέα, Άνδρος, Σύρος, Μύκονος, Τήνος, Σέριφος, Σίφνος, Κύθνος, Μήλος, Κίμωλος) - Οριστική Μελέτη: Φράγμα στη θέση Μαραθιά Μυκόνου. Υπουργείο Γεωργίας, Γεν. Διεύθυνση Ε.Β. & Γεωρ. Διαρ/σεων, Διεύθυνση Τεχνικών Μελετών & Κατασκευών.

Μακρόπουλος Χ., Σημειώσεις μαθήματος: Τεχνολογία Συστημάτων Υδατικών Πόρων, 9ου εξαμήνου, Αθήνα: Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2013.

Μπελέσης, Α. (2010). Κόστος Λειτουργίας Μικρών και Μεγάλων Συστημάτων Αφαλάτωσης. *Promotion of Renewable Energies for Water Production through Desalination (ProDes) Project, Agricultural University of Athens (AUA) Workshop, 2010*. Αθήνα.

Νικολόπουλος, Δ (2015). Ανάπτυξη μοντέλου συνδυασμένης διαχείρισης λεκανών απορροής Αχελώου και Πηνειού. Διπλωματική εργασία, Αθήνα: ΕΜΠ.

Σ.Σκαγιάς (ΙΓΜΕ) (1999) Υδρογεωλογική Έρευνα Νοτίου Αιγαίου (Κυκλάδες-Δωδεκάνησα). Προτάσεις αξιοποίησης και διαχείρισης υδατικού δυναμικού. Νησιά: Σύρος – Μύκονος.

Τσεκούρας, Γ. (2012). Στοχαστική ανάλυση και προσομοίωση υδρομετεωρολογικών διεργασιών σχετικών με την αιολική και ηλιακή ενέργεια. Διπλωματική εργασία, Αθήνα: ΕΜΠ.

Υπουργείο Ανάπτυξης, Φιεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, 2003. Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας.

Φ.Χαρμανίδης (ΙΓΜΕ) (1989) Έκθεση για τις υδρογεωλογικές συνθήκες Άνω Μέρας Μυκόνου, Περιοχής Μούσαινα.

Φ.Χαρμανίδης (ΙΓΜΕ) (1989) Έκθεση για τις υδρογεωλογικές συνθήκες της νήσου Δήλου . Υδρογεωλογικά στοιχεία περιοχής Φούρνων Δήλου.