



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΣΤΟ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟ ΑΤΤΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΙΚΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Ειρήνη Λεμάνη

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Επιβλέπων: Δάνος Μαμάης, Αν. Καθηγητής.

Περίληψη

Η μείωση και υποβάθμιση των εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων, λόγω των διαρκώς αυξανόμενων αναγκών, της αλόγιστης χρήσης και της ρύπανσης, καθιστά την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων μια εναλλακτική λύση προκειμένου να καλυφθούν ανάγκες όπως η άρδευση και άλλες αστικές χρήσεις πλην πόσης.

Από το 1958 τα Ηνωμένα Έθνη είχαν υιοθετήσει την πολιτική ότι "Σε καμία περίπτωση, εκτός εάν υπάρχει περίσσεια, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται νερό καλύτερης ποιότητας για ανάγκες που θα μπορούσαν να ικανοποιηθούν με νερό χειρότερης ποιότητας" (Ηνωμ. Έθνη, 1958).

Τα ζητήματα που αντιμετωπίζονται στην παρούσα εργασία αυτή αφορούν :

1. Την εμπειρία στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων διεθνώς (ΗΠΑ-Καλιφόρνια, Σιγκαπούρη, Ισραήλ, Ισπανία, Αυστραλία, Κύπρος, Κεντρική και Νότια Αμερική) αλλά και στην Ελλάδα
2. Την ανασκόπηση της διεθνούς και Ελληνικής νομοθεσίας για τα προτεινόμενα όρια εκροών και προδιαγραφές επεξεργασίας λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση με στόχο τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας.
3. Την επισκόπηση των σημαντικότερων αποκεντρωμένων συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας (ενεργού ιλύος συνεχούς αερισμού, SBR, βιολογικών φίλτρων, περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων, τεχνητών υδροβιότοπων, MBR).
4. Τον προσδιορισμό των σημερινών αναγκών σε νερό για άρδευση του αστικού πρασίνου του Λεκανοπεδίου της Αθήνας αλλά και των αναγκών που θα προκύψουν από τις προγραμματιζόμενες αναπλάσεις (Μητροπολιτικό Πάρκο Ελληνικού, Ανάπλαση Ελαιώνα, Ανάπλαση Φαληρικού Όρμου, Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος).
5. Την εξέταση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υπογείων νερών του Λεκανοπεδίου Αθηνών και της δυνατότητας των υπογείων υδροφορέων να αποτελέσουν πηγή νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του περιαστικού πρασίνου.
6. Τις εναλλακτικές δυνατότητες εξεύρεσης νερού από επεξεργασμένα λύματα (κέντρο επεξεργασίας στον Άγιο Κοσμά, κέντρο ανάκτησης νερού στον Ελαιώνα, Masterplan για την επαναχρησιμοποίηση των εκροών των ΕΕΛ στην Αττική).

7. Την εξέταση εναλλακτικής πηγής νερού άρδευσης (σύστημα MBR) για την κάλυψη των αναγκών σε νερό άρδευσης του Κέντρου Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος στο οποίο προβλέπεται να λειτουργούν 5 υδρογεωτρήσεις και σύστημα αντίστροφης όσμωσης.
8. Την κοστολόγηση του παραπάνω συστήματος MBR και την σύγκρισή του με το υφιστάμενο σύστημα άρδευσης.
9. Τα προβλήματα που είναι δυνατόν να προκύψουν από την εποχιακή λειτουργία της μονάδας και τους τρόπους αντιμετώπισής τους.

Abstract

The reduction and degradation of exploitable water resources due to continuously increasing demands of excessive use and pollution makes the reuse of wastewater an alternative solution for water uses such as irrigation and other urban uses besides drinking.

In 1958, the United Nations Economic and Social Council provided a management policy by stating that "no higher quality water, unless there is a surplus of it, should be used for a purpose that can tolerate a lower grade" (United Nations, 1958).

This work addresses the following issues:

- 1 The experience in wastewater reuse internationally (USA-California, Singapore, Israel, Spain, Australia, Cyprus, Central and South America) and in Greece
- 2 The review of international and Greek legislation for the proposed effluent criteria and guidelines on wastewater treatment for wastewater reuse in order to protect public health.
- 3 The overview of the most important decentralized wastewater treatment systems. (activated sludge, SBR, biofiltration, rotating biological contractors, constructed wetlands, MBR)
- 4 The identification of the current water demands for irrigation of urban green areas in Athens, as well as the anticipation of those needs that will arise from the development plans (Ellinikon Metropolitan Park, Elaionas development, Falirio Bay, development, Stavros Niarchos Foundation Cultural Center).
- 5 The examination of the qualitative characteristics of the underground in Athens and the potentials of the groundwater aquifer as an irrigation water resource.
- 6 The examination of alternative scenarios for wastewater reuse (wastewater treatment plan in Agios Kosmas, water recovery system in Elaionas, Masterplan for the reuse of wastewater treatment plants effluent in Attica).
- 7 Examining alternative source of irrigation water (decentralized system MBR) for the irrigation needs of Stavros Niarchos Foundation Cultural Center instead of the proposed system (five water boreholes and reverse osmosis system)
8. The total cost of the MBR system and comparison between the existing irrigation system and the MBR system.
- 9 The problems resulting from the seasonal operation of the unit and how these problems should be addressed.

Experience in wastewater reuse

Worldwide the wastewater is being reused, in developed countries where, is a sustainable management of water resources and environmental protection, and in the underdeveloped and developing countries of the third world, which is usually a solution to the acute problems of water scarcity that these countries suffer.

In our country the wastewater reuse has not started essentially, only in individual cases, as in Kos (with direct irrigation of some tree crops), Heraklion (pilot project to enhance degraded aquifer of Finike), Thessaloniki (wastewater reuse of the Thessaloniki WWTP for irrigation at experimental fields of sugarcane, cotton, maize, rice and floriculture). A special case is the direct reuse is WWTP at Psittalia, where about 45.000 m³ of treated wastewater daily reused for irrigation at green areas, washing / cleaning plant and water cooling (ventilation blowers, Sludge Drying Thermal Unit).

Recommended criteria for wastewater reuse

Through epidemiological studies there is an attempt to determine any impacts of wastewater reuse to public health. Such research shows that the risk of disease transmission because of wastewater reuse is only in cases of untreated sewage or effluents of very poor quality.

Up to the present , there are no international regulations governing water reclamation and reuse and countries follow either the stricter regulations imposed by the State of California and can be applied in developed countries, or the less strict set by the World Health Organization which can easily be implemented in developing countries that have not developed technology for wastewater treatment while having deficiency in water resources.

In the European Union there is currently neither legislation nor guidelines regarding reuse (Council Directive), with only reference to Directive 91/271 "... The treated wastewater shall be reused whenever appropriate. " European countries tend to adopt strict criteria according to the regulations imposed by the State of California.

In Greece the C.M.D. 145116/2011, is the first attempt to regulate institutional conditions and processes for the reuse of treated wastewater.

According to the above CMD regarding reuse for irrigation there are two types of irrigation depending on the crop type, the irrigation system and the accessibility of public at irrigated areas.

Crops for restricted irrigation include forests and areas where access to public is not expected, fodder, industrial crops, pastures, trees (including fruit bearing trees, on the condition that during collection the fruits do not come into contact with the ground), seed crops, crops that produce products which are processed before consumption. With respect to irrigation methods spray irrigation is not allowed. The minimum treatment required for restricted irrigation is secondary biological treatment and disinfection producing an effluent with E. Coli ≤ 200 EC / 100ml and BOD <25 mg / l, SS <35 mg / l,

Unrestricted irrigation includes all other crops such as vegetables, vineyards, crops, with products that are consumed raw, greenhouses. Unrestricted irrigation allows different irrigation methods including spray irrigation. The minimum treatment for unrestricted irrigation is secondary biological treatment, followed by tertiary treatment (normally coagulation, flocculation, sedimentation, filtration) and disinfection producing an effluent with E. Coli ≤ 5 EC / 100ml for 80% of samples, BOD ≤ 10 mg / l for 80% of samples, SS ≤ 10 mg / l for 80% of samples and turbidities below 2 NTU as an average value.

Decentralized wastewater treatment systems

The conventional activated sludge system is widely used because of its flexibility and adaptability to a wide range of applications. It consists of the biological treatment unit, the secondary clarifier, the return activated sludge device and the waste activated sludge device.

The major differences between SBR and conventional activated sludge system is that the SBR tank carries out the functions of equalization aeration and sedimentation in a time sequence rather than in the conventional space sequence of continuous-flow systems. The operating principles of SBR system, are characterized in four discrete periods: filling, mixing, aeration/mixing and decant

In biofiltration systems biomass is not in suspended growth as in activated sludge systems, but is attached to the medium (attached growth) Biofilter systems distinguished in fixed bed bioreactors (FBBR) and in moving bed bioreactors (MBBR).

Rotating biological contactors systems combine activated sludge method and fixed bed bioreactors system. Biological growth is attached to the surface of the disc and partially in the air space above the reactor.

Constructed wetlands treatment systems generally fall into one of two general categories: Subsurface Flow Systems and Free Water Surface Systems. Subsurface Flow Systems are designed to create subsurface flow through a permeable medium, keeping the water being treated below the surface, thereby helping to avoid the development of odors and

other nuisance problems. Free Water Surface Systems, on the other hand, are designed to simulate natural wetlands, with the water flowing over the soil surface at shallow depths.

The membrane bioreactors (MBR) constitute a progress of the conventional method of activated sludge wastewater treatment, in which microfiltration membranes (MF) or ultrafiltration (UF) used for the separation and retention of suspended sludge replacing large secondary clarifiers and /or sand filters of a conventional biological treatment.

Irrigation water demand

The demand for irrigation of urban green spaces including irrigation of parks, islands, squares etc., is estimated at $13.532.643\text{m}^3$ / year for an area estimated at 1503,6 ha

The Metropolitan Park in Ellinikon is contemplated to cover 200 ha (111,8 ha irrigated area), with annual water demand estimated at $189.702.400\text{m}^3$

Elaionas redevelopment plan provides a total area of green area which is 342ha, with an annual water demand estimated at 57.200m^3

The masterplan for the regeneration of Faliro Bay Metropolitan Park provides 53ha area. The construction of the Metropolitan Park will require significantly increased amounts of irrigation water (1000m^3 / day) and in seasonal periods, amounts of fresh water mixing with seawater to create appropriate conditions for development and maintenance of the proposing wetland.

The Cultural Center of the Stavros Niarchos Foundation includes, besides the facilities of Opera and the National Library of Greece , the Stavros Niarchos Park, 17ha of land with irrigation water demand estimated at 37.217 m^3 / year

Underground water quality

According to the "Research Project investigating potential development and redevelopment Olympic venues in Greek Airport, 2001 'performance any water boreholes projects should not exceed 20 m^3 / h for the eastern regions and the western, because of its proximity to the sea, pumping should not exceed $5\text{-}10\text{ m}^3$ / 24h. Largest amount of pumping can have the negative impact because of the seawater intrusion.

According to the "Survey Hydrogeological Conditions and Groundwater Exploitation Status Athens Area, 1997" groundwater quality varies from good quality to completely unsuitable.

According to "Hydrogeological - drilling research in areas Olympic Project 2004, November 2003" IGME has proposed a management program of 16 water boreholes which should be implemented strictly, to avoid problems that commonly occur in the aquifers and relate both poor quality and in sequence the reduce of the amount of irrigation water.

Alternative options for covering the irrigation demand from wastewater reuse

Under the "Research Project investigating potential development and redevelopment Olympic Venues Airport Greek (ORSA-NTUA., February 2001) for the development of the airport area and St. Cosmas, the construction of a wastewater treatment plant was proposed at a suitable position between Trachones stream, the proposed flood protection ditch and the new Ellinikon Avenue. The plan installation will process wastewater from the wastewater network and the effluent will be used for irrigation purposes in conjunction with groundwater.

Under the "Integrated Study Design and Development and other necessary studies and surveys for the construction of Olympic venues Beach Volley and Regeneration of the Faliro Bay" elaborated the "Preliminary sources of water for irrigation," the proposed Reclamation Water Center in Elaionas, will provided wastewater from the main wastewater sewer and will process only the liquid phase and the solid one (sludge) will be rejected again in the main wastewater sewer and will continue to process at the Psittallia wastewater treatment plan. The capacity of the unit will be $1.200 \text{ m}^3 / \text{day}$ and the construction cost is estimated at 1.5 million. Euros. including wastewater abstraction works.

According to the "Strategic Plan (Masterplan) for the reuse of effluent of WWTP in Athens' is proposed the use of the effluents from the reclamation water centers that will be created in WWTP Psittallia, Thriasion, Metamorphosis, and Megara. Production costs for 1 m^3 water (not counting the cost of basic sanitation and sewerage) ranging from 0.25 to 0,35€/ m^3 approximately.

Decentralized MBR system covering the irrigation demand of SNFCC

The system is designed for the discharge of $330 \text{ m}^3 / \text{d}$. The wastewater will be supplied from the pump located at the Metamorphoseos Sotiros Square in Moschato (discharge of the pump $10.000 \text{ m}^3 / \text{d}$). The footprint of the unit is 370 m^2 inside an industrial building. The unit includes inlet pumping system, pretreatment compact system capacity $36 \text{ m}^3 / \text{h}$, fine sieving system capacity $25 \text{ m}^3 / \text{h}$, deodorizing system, biological treatment unit that

includes denitrification tank volume 30m³ and aeration tank volume 105m³ including membrane bioreactors volume 39m³, sludge recirculation and excess sludge pumping system, air blower units, infiltrated water pumps and chemical storage vessel for membrane cleaning.

The construction cost of the plant was estimated at 848.458,00 € and the annual operating cost 21.052,29 €. The average production cost of reclamation water estimated at 0,23 € / m³, while the overhead of the cost of construction of the plant was estimated at 0,71 € / m³ therefore reclamation water total cost was estimated at 0.94 € / m³

The unit will operate for nine months (March-November). At the beginning of the operation the system operates at low load. The time required for the full development of the biomass is usually 3-5 weeks. It is proposed to accelerate the biomass growth with the insertion of microorganisms.

Excess sludge will return to the network and be processed at the wastewater treatment plant in Psittalia.

Περιεχόμενα

1	Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων- Ιστορική Αναδρομή	1
1.1	Γενικά	1
1.2	Διεθνής Εμπειρία.....	3
1.2.1	ΗΠΑ – Καλιφόρνια	5
1.2.2	Σιγκαπούρη	7
1.2.3	Ισραήλ	8
1.2.4	Ισπανία	10
1.2.5	Αυστραλία	11
1.2.6	Κύπρος.....	12
1.2.7	Κεντρική και Νότια Αμερική	12
1.3	Εμπειρία στην Ελλάδα.....	14
2	Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων- Κανονισμοί και Οδηγίες.....	15
2.1	Κατηγορίες Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων	15
2.1.1	Αγροτική χρήση.....	15
2.1.2	Βιομηχανική χρήση	16
2.1.3	Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα.....	16
2.1.4	Αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής...	16
2.1.5	Αστική χρήση	17
2.1.6	Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση	18
2.2	Ανασκόπηση διεθνούς θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων	19
2.2.1	Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ)	21
2.2.2	Κανονισμός της Πολιτείας της Καλιφόρνια	25
2.2.3	Οδηγία Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO).....	27
2.2.4	Οδηγία της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (US EPA).....	28

2.2.5	Ευρωπαϊκές Οδηγίες.....	30
2.2.6	Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο	31
3	Αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων	37
3.1	Μικρό σύστημα ενεργού ιλύος συνεχούς αερισμού.....	38
3.2	Μικρό σύστημα ενεργού ιλύος διακοπτόμενου αερισμού – SBR.....	40
3.3	Μικρό σύστημα Βιολογικών Φίλτρων	43
3.3.1	Μικρό σύστημα βιολογικού φίλτρου σταθερής κλίνης	44
3.3.2	Μικρό σύστημα βιολογικού φίλτρου κινούμενης κλίνης.....	44
3.4	Μικρό σύστημα Περιστρεφόμενων Βιολογικών Δίσκων.....	44
3.5	Μικρό σύστημα Τεχνητών Υγροβιότοπων.....	47
3.6	Μικρό σύστημα MBR.....	51
4	Εκτίμηση Αναγκών σε νερό άρδευσης Αστικού Πρασίνου στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας	55
4.1	Υφιστάμενες εκτάσεις αστικού πρασίνου.....	55
4.2	Ανάπλαση Αστικών Περιοχών.....	56
4.2.1	Μητροπολιτικό Πάρκο Ελληνικού	56
4.2.2	Ανάπλαση Ελαιώνα.....	63
4.2.3	Ανάπλαση Φαληρικού Όρμου	69
4.2.4	Κέντρο Πολιτισμού – Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος	74
5	Υφιστάμενη Κατάσταση Υπόγειων Νερών	81
5.1	«Ερευνητικό Πρόγραμμα διερεύνησης δυνατοτήτων ανάπτυξης Ολυμπιακών Εγκαταστάσεων στο Αεροδρομίου Ελληνικού», (ΟΡΣΑ – ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2001)	81
5.2	«Έρευνα Υδρογεωλογικών Συνθηκών και Καθεστώτος Εκμετάλλευσης Υπογείων Νερών Λεκανοπεδίου Αθηνών» (Δεκέμβριος 1997)	82
5.3	«Υδρογεωλογική – Γεωτρητική έρευνα σε περιοχές Ολυμπιακών Έργων 2004» (Νοέμβριος 2003).....	84
6	Εναλλακτικές Δυνατότητες Κάλυψης των Αναγκών Άρδευσης από Επεξεργασμένα Λύματα	86

6.1	Κέντρο Επεξεργασίας στον Άγιο Κοσμά.....	86
6.2	Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα	87
6.3	Στρατηγικό Σχέδιο (Masterplan) για την επαναχρησιμοποίηση των εκροών των ΕΕΛ στην Αττική.....	90
7	CASE STUDY: Αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με MBR	92
7.1	Δεδομένα σχεδιασμού	92
7.1.1	Παροχή σχεδιασμού –Ρυπαντικά φορτία	92
7.1.2	Ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένων λυμάτων	94
7.2	Τεχνική Περιγραφή.....	95
7.2.1	Σημείο λήψης λυμάτων	95
7.2.2	Αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης.....	95
7.2.3	Μονάδα Προεπεξεργασίας.....	96
7.2.4	Αντλιοστάσιο εξισορρόπησης.....	97
7.2.5	Μονάδα λεπτοεσχάρωσης	98
7.2.6	Σύστημα απόσμησης	99
7.2.7	Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας.....	99
7.2.8	Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος	102
7.3	Υγειονολογικοί υπολογισμοί	103
7.3.1	Καθορισμός πραγματικού (διαλυτού) BODεξόδου	104
7.3.2	Υπολογισμός αναγκαίας ηλικίας ιλύος θ_c	104
7.3.3	Υπολογισμός Όγκου δεξαμενής Αερισμού	106
7.3.4	Υπολογισμός Ανοξικής Δεξαμενής.....	110
7.3.5	Διαστασιολόγηση μονάδας μεμβρανών	111
7.3.6	Επιλεγόμενοι όγκοι – Παράμετροι λειτουργίας.....	113
7.3.7	Σύστημα αερισμού έκπλυσης (airscouring) μεμβρανών.....	114
7.3.8	Σύστημα αερισμού βιοαντιδραστήρα.....	115
7.4	Σχεδιασμός – Χωροθέτηση μονάδας MBR.....	117
8	Κόστος μονάδας MBR.....	119
8.1	Στοιχεία λειτουργίας Μονάδας MBR.....	119

8.2	Λειτουργικό κόστος ΕΕΛ	121
8.3	Κατασκευαστικό Κόστος Μονάδας MBR	122
8.4	Κόστος Ανακτούμενου Νερού από Επεξεργασμένα Λύματα	135
9	Υφιστάμενο συστήμα άρδευσης στο ΚΠΙΣΝ	136
9.1	Εκτίμηση κατασκευαστικού και λειτουργικού κόστους υφιστάμενου συστήματος άρδευσης	136
9.2	Κόστος Ανακτούμενου Νερού από μονάδα αντίστροφης όσμωσης.....	138
10	Προβλήματα λειτουργίας της μονάδας MBR και αντιμετώπισή τους.	140
10.1	Εποχιακή λειτουργία	140
10.2	Διάθεση περίσσειας λάσπης.....	141
10.3	Ασφάλεια και υγιεινή	142
11	Συμπεράσματα	143

Περιεχόμενα Πινάκων και Σχημάτων

Σχήμα 1.2: Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση σε διάφορες χώρες (αρδευόμενη επιφάνεια σε εκτάρια)	4
Σχήμα 1.2.1: Ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιήθηκαν στην Καλιφόρνια (1970 – 2009)	6
Σχήμα 1.2.2: Επεξεργασία NEWater στην Σιγκαπούρη.....	8
Σχήμα 1.2.4: Ανάκτηση και επεξεργασία νερού στην BMA (Barcelona Metropolitan Area).	10
Σχήμα 1.2.5: Αναμενόμενη επαναχρησιμοποίηση λυμάτων ανά περιοχή (2015) (ML/year).	11
Πίνακας 2.2.1 Κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων σε σχέση με ενδεχόμενους περιορισμούς.	20
Πίνακας 2.2.2.1 Κριτήρια της Πολιτείας της Καλιφόρνια (1978).....	26
Πίνακας 2.2.6.1 Απαιτήσεις ποιότητας σύμφωνα με την Κ.Υ.Α.145116/2011	35
Πίνακας 2.2.6.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων, στοιχείων, ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας (Κ.Υ.Α.145116/2011)	36
Σχήμα 3.2.1 Κύκλος λειτουργίας SBR	40
Σχήμα 3.4.1 Τυπική διάταξη συστήματος επεξεργασίας με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους	46
Σχήμα 3.5.1 Τεχνητός υδροβιότοπος οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής	49
Σχήμα 3.5.2 Τεχνητός υδροβιότοπος κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής	50
Σχήμα 3.6.1 Τυπική διάταξη συστήματος MBR	51
Πίνακας 4.1.1.Εκτίμηση καταναλώσεων άρδευσης αστικού πρασίνου ανά Δήμο	55
Σχήμα 4.2.1.1: Χρήσεις γης στο Ελληνικό	57
Πίνακας 4.2.1.2: Χρήσεις γης στο Ελληνικό (στρέμματα)	58
Πίνακας 4.2.1.3 Εκτίμηση μηνιαίας κατανάλωσης αρδευτικού νερού για το Μητροπολιτικό Πάρκο Ελληνικού στην τελική φάση ανάπτυξης	59
Σχήμα 4.2.1.4: Οριζοντιογραφία εγκαταστάσεων	60
Σχήμα 4.2.1.5: Μεικτές χρήσεις γης.....	61
Σχήμα 4.2.1.6: Γενική άποψη του Μητροπολιτικού Πάρκου	62

Σχήμα 4.2.2.1: Η χάραξη του ρυμοτομικού σχεδίου και οι χρήσεις που προβλέπει για τον Ελαιώνα το Π.Δ. 1049Δ/1995, (πηγή: ΟΡΣΑ, 1998).....	65
Πίνακας 4.2.2.2 Εκτίμηση μηνιαίας κατανάλωσης αρδευτικού νερού για το Πάρκο Ελαιώνα στην τελική φάση ανάπτυξης	67
Σχήμα 4.2.3.1: Η Πρόταση Renzo Piano για την ανάπτυξη του Φαληρικού Όρμου	72
Σχήμα 4.2.3.2: Η Πρόταση Renzo Piano για την ανάπτυξη του Φαληρικού Όρμου	73
Σχήμα 4.2.4.1: Γενική Οριζοντιογραφία της πρότασης Renzo Piano για το ΚΠΙΣΝ.....	75
Σχήμα 4.2.4.2: Η Πρόταση Renzo Piano για το ΚΠΙΣΝ	76
Σχήμα 4.2.4.3: ΚΠΙΣΝ φάση κατασκευής (Salini Impregilo Terna JV, ph. Nikos Daniilidis)	77
Πίνακας 4.2.4.4: Ετήσια ζήτηση σε νερό άρδευσης ανά κατηγορία φύτευσης.....	79
Πίνακας 4.2.4.5: Μηνιαία κατανομή των αναγκών άρδευσης	79
Σχήμα 5.2.1: Υδρογεωλογικός χάρτης Λεκανοπεδίου Αθηνών , εκτός κλίμακας (πηγή: ΟΡΣΑ).....	83
Σχήμα 6.2.1: Γενική διάταξη αρδευτικών έργων από το προτεινόμενο Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα, εκτός κλίμακας (πηγή: ΟΡΣΑ)	89
Πίνακας 7.1.1.1: Μηνιαία κατανομή των αναγκών άρδευσης	92
Σχήμα 7.1.1.2: Μηνιαία διακύμανση των εισερχόμενων στο ΚΕΛΨ μέσω ημερήσιων παροχών.....	93
Σχήμα 7.1.1.3: Σύγκριση φορτίων σχεδιασμού με φορτία λειτουργίας στην είσοδο του ΚΕΛΨ.....	93
Πίνακας 7.1.2.1: Ανώτατα όρια εκροής επεξεργασμένων λυμάτων	94
Πίνακας 9.2.1: Πίνακας ορίων ορίων εκπομπών των βιομηχανικών απορροών στους υπονόμους (πηγή :ΕΥΔΑΠ).....	142

1 Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων- Ιστορική Αναδρομή

1.1 Γενικά

Λόγω των διαρκώς αυξανόμενων πιέσεων στους υδάτινους πόρους και της υποβάθμισης της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών, η ιδέα της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων αποκτά ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

Η κατάσταση επιδεινώνεται λόγω της συνεχιζόμενης συγκέντρωσης του πληθυσμού στα αστικά κέντρα. Ενώ οι μικρές κοινότητες της υπαίθρου μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες τους σε νερό σχετικά εύκολα από τοπικές πηγές, για την κάλυψη των αναγκών των πόλεων απαιτείται συνήθως η μεταφορά νερού από όλο και περισσότερο απομακρυσμένες περιοχές. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της ΕΕ (ECReport EUR 14728 EN), η κατανάλωση νερού στις χώρες της Ευρωζώνης για άρδευση και αστικές χρήσεις θα αυξάνεται κατά 10% και 15% ανά δεκαετία αντίστοιχα.

Από το 1958 τα Ηνωμένα Έθνη είχαν υιοθετήσει την πολιτική ότι "Σε καμία περίπτωση, εκτός εάν υπάρχει περίσσεια, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται νερό καλύτερης ποιότητας για ανάγκες που θα μπορούσαν να ικανοποιηθούν με νερό χειρότερης ποιότητας"(Ηνωμ. Έθνη, 1958).

Η ύπαρξη μιας σημαντικής ποσότητας νερού διαθέσιμης πολύ κοντά στην περιοχή ζήτησης και με ποιότητα που είναι ικανοποιητική για πολλές εφαρμογές και χρήσεις, είναι ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Δεδομένου ότι για πολλές αστικές, βιομηχανικές και αγροτικές χρήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό ποιότητας υποδεέστερης αυτής του πόσιμου, είναι προφανές ότι τα λύματα μετά από κατάλληλη επεξεργασία μπορούν, υπό προϋποθέσεις, να αντικαταστήσουν πολύτιμους υδατικούς πόρους

Ο συνήθης τρόπος διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων στον παρακείμενο υδάτινο αποδέκτη, ίσως να μη δημιουργεί ιδιαίτερα δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα των νερών του αποδέκτη, παρουσιάζει όμως μειονεκτήματα, όπως:

- Μη αξιοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων και κατ' ακολουθία μη εξοικονόμηση υδατικών πόρων, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου αυτοί δεν βρίσκονται σε αφθονία.
- Μη αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών των λυμάτων (άζωτο και φώσφορος) και ως εκ τούτου αυξημένη πιθανότητα δημιουργίας του φαινομένου του ευτροφισμού στον αποδέκτη.

- Απαίτηση αρκετά έντονης χλωρίωσης των λυμάτων για την τήρηση των επιτρεπόμενων μικροβιολογικών κριτηρίων των ακτών κολύμβησης (κατά την κολυμβητική περίοδο, Απρίλιος – Οκτώβριος), με επακόλουθο τη δημιουργία χλωριωμένων οργανικών ενώσεων, οι οποίες πιθανόν να προκαλούν σημαντικές δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων μπορούν να αντιμετωπισθούν τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα. Με τον όρο «επαναχρησιμοποίηση νερού» (water reuse) εννοούμε τη χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για ωφέλιμους σκοπούς, όπως άρδευση γεωργικών εκτάσεων και αστικού πρασίνου, παροχή βιομηχανικού νερού, εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων, ενίσχυση υγροβιότοπων.

Παράλληλα, χρησιμοποιείται και ο όρος «ανάκτηση των αποβλήτων» (wastewater reclamation) με τον οποίο εννοούμε την επεξεργασία ή τη διαδικασία εκείνη που καθιστά τα υγρά απόβλητα δυνατά για επαναχρησιμοποίηση.

Η αποτελεσματική αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων ως εργαλείο ορθολογικής διαχείρισης του υδάτινου περιβάλλοντος, δημιουργεί σημαντικά οφέλη με την εξοικονόμηση υδατικών πόρων και την αντιμετώπιση της ρύπανσης από τα αστικά λύματα.

Τα οφέλη που μπορεί να προκύψουν περιλαμβάνουν μεταξύ των άλλων και τα εξής (Angelakis & Bontoux, 2001):

- Προστασία των υδατικών πόρων
- Περιορισμό της θαλάσσιας ρύπανσης
- Ανάκτηση από τα λύματα των αναγκαίων για τις καλλιέργειες θρεπτικών συστατικών, όπως άζωτο και φώσφορο
- Αναβίωση υδατορευμάτων
- Εξοικονόμηση πόρων στον τομέα της επεξεργασίας – διάθεσης λυμάτων
- Ενίσχυση του υπόγειου υδατικού δυναμικού

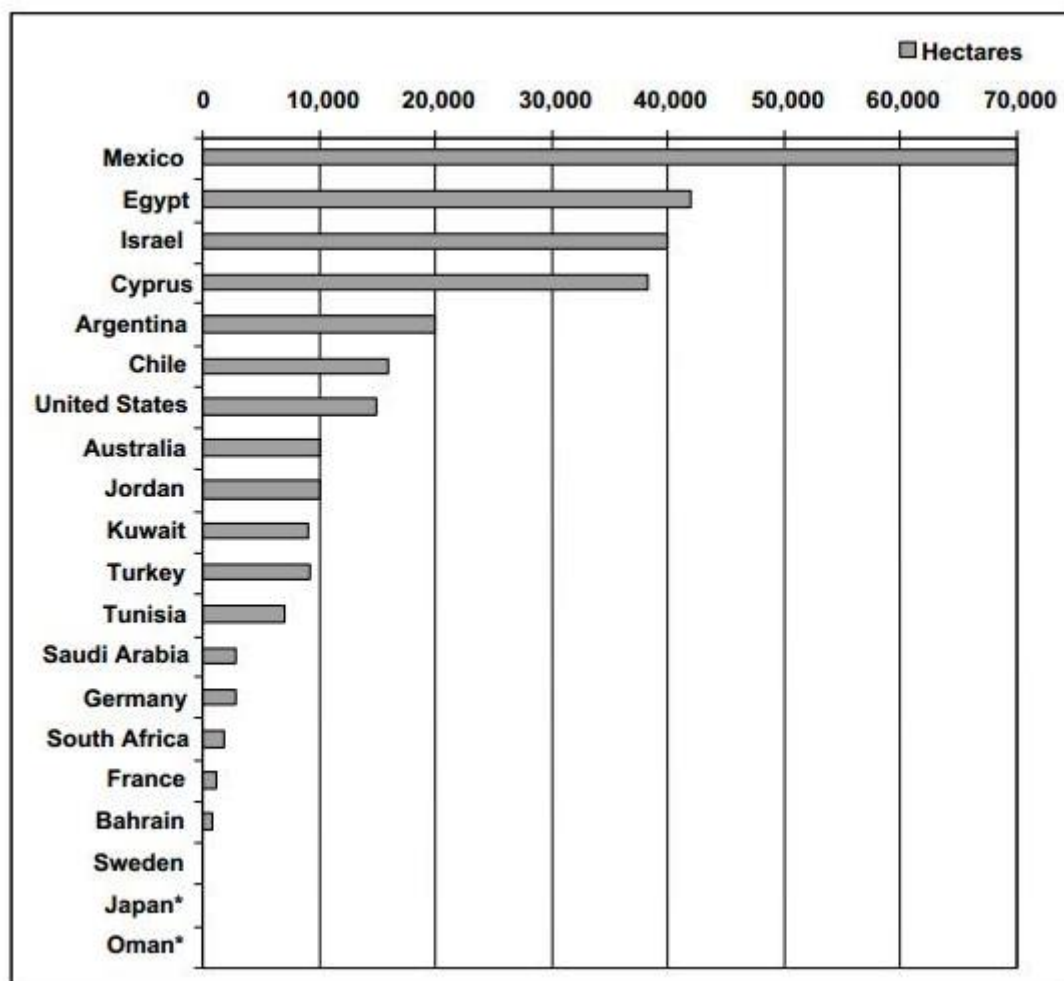
1.2 Διεθνής Εμπειρία

Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων εφαρμόζεται διεθνώς, τόσο στις αναπτυγμένες χώρες στις οποίες προβάλλεται κυρίως ως μέτρο για την βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος, όσο και στις υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες του τρίτου κόσμου, στις οποίες αποτελεί συνήθως λύση για τα οξυμένα προβλήματα λειψυδρίας που κυριολεκτικά μαστίζουν τις περιοχές αυτές.

Είναι πλέον διαπιστωμένο και έχει αποδειχθεί στην πράξη ότι με την διαθέσιμη σήμερα τεχνολογία είναι εφικτή η παραγωγή νερού καλής ποιότητας από τα λύματα, που να είναι ασφαλές για την υγεία των ανθρώπων και κατάλληλο για μεγάλο αριθμό χρήσεων και εφαρμογών. Η μέχρι σήμερα πολύ περιορισμένη εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα, δεν οφείλεται τόσο στην έλλειψη τεχνογνωσίας ή οικονομικών πόρων, αλλά κατά κύριο λόγο στη πολυδιάσπαση των αρμοδιοτήτων και στην έλλειψη ολοκληρωμένου σχεδίου αλλά και πολιτικής βούλησης για την ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση των υδάτων, στις σοβαρές αδυναμίες και ελλείψεις του θεσμικού πλαισίου, στην έλλειψη ολοκληρωμένης πολιτικής κοστολόγησης του νερού, κλπ.

Ιδιαίτερα μεγάλη εμπειρία στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων έχουν να επιδείξουν χώρες όπως οι ΗΠΑ, το Ισραήλ, η Αυστραλία, κλπ.. Στις ΗΠΑ έχει αναπτυχθεί και εφαρμόζεται ένα ολοκληρωμένο θεσμικό - κανονιστικό πλαίσιο, που προσδιορίζει την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων ανάλογα με τη χρήση και τις διάφορες εφαρμογές, τα στάδια της επεξεργασίας, τους απαιτούμενους ελέγχους, κλπ.. Πρωτοπόρα θεωρείται η Πολιτεία της Καλιφόρνια, της οποίας οι κανονισμοί τυγχάνουν διεθνούς αναγνώρισης και αποτελούν τη βάση για την κατάρτιση του αντίστοιχου θεσμικού πλαισίου πολλών χωρών σε όλο τον κόσμο. Οι χρήσεις που επιτυχώς έχουν δοκιμαστεί στις ΗΠΑ είναι η άρδευση καλλιεργειών και χώρων αναψυχής, η επαναφόρτιση υδροφόρου ορίζοντα, η βιομηχανική χρήση, η περιβαλλοντική αναβάθμιση, η παραγωγή πόσιμου νερού και η αστική χρήση.

Ενδεικτικά, στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση σε διάφορες χώρες του κόσμου.



Σχήμα 1.2: Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση σε διάφορες χώρες (αρδευόμενη επιφάνεια σε εκτάρια)

Μερικά από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων παρουσιάζονται στην συνέχεια

1.2.1 ΗΠΑ – Καλιφόρνια

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για γεωργικές χρήσεις εφαρμόζεται στην Καλιφόρνια ήδη από το 1890 και σύμφωνα με τις προβλέψεις αναμένεται ότι θα καλύπτει το 30-50% των οικιακών αναγκών σε νερό.

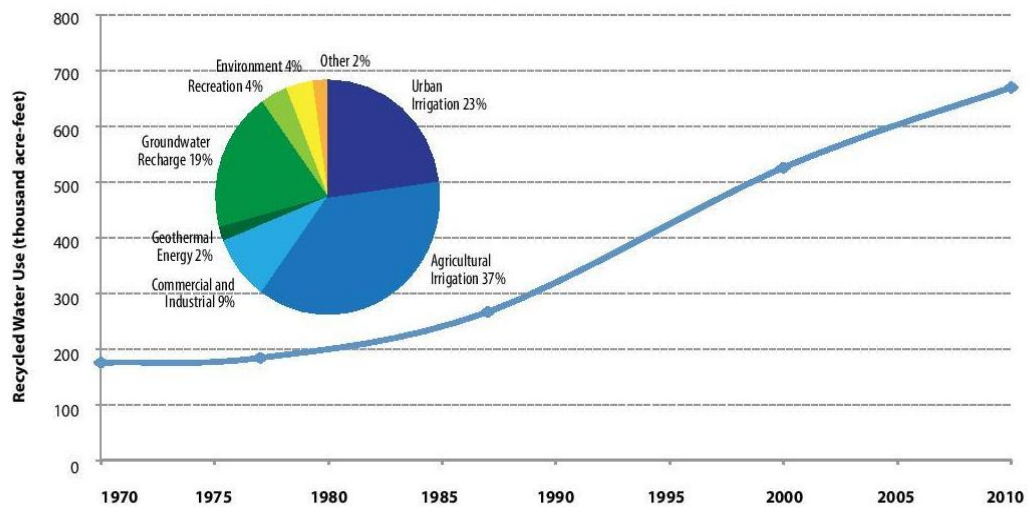
Η πρώτη αναλυτική εκτίμηση της ποσότητας των επαναχρησιμοποιούμενων αστικών λυμάτων ανά πολιτεία έγινε το 1970, όπου εκτιμήθηκε ότι χρησιμοποιήθηκαν 216 εκατ. m³ επεξεργασμένων λυμάτων (SWRCB 1990). Η πιο πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι επαναχρησιμοποιούνται 826 εκατ. m³ επεξεργασμένων λυμάτων που αντιπροσωπεύουν περίπου το 13 % των αστικών λυμάτων που παράγονται κάθε χρόνο στην Καλιφόρνια (SWRCB and DWR, 2012).

Στην Καλιφόρνια οι συνθήκες ευνοούν την επαναφόρτιση των υπόγειων υδροφορέων, καθώς σε πολλές περιοχές ο ρυθμός άντλησης υπερβαίνει το ρυθμό φυσικής αναπλήρωσης των υπόγειων νερών. Για το λόγο αυτό σε ορισμένες περιοχές εφαρμόζεται τεχνητή επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων με τριτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα.

Στις παράκτιες περιοχές, όπου λαμβάνει χώρα υπέρμετρη άντληση των υπόγειων υδάτων, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα έχει υποβιβαστεί σε επίπεδα που έχουν προκαλέσει τη διείσδυση θαλασσινού νερού στον υδροφορέα. Για το λόγο αυτό επεξεργασμένα λύματα εισάγονται στους υδροφορείς κατά μήκος της ακτής, προκειμένου να λειτουργήσουν σαν «φράγμα» στη διείσδυση του θαλασσινού νερού, προστατεύοντας με τον τρόπο αυτό τα γλυκά υπόγεια νερά. Η πιο χαρακτηριστική περίπτωση είναι η επαναφόρτιση στο «Montebello Forebay» στην περιοχή του Whittier με επεξεργασμένα λύματα, η οποία εφαρμόζεται από το 1962.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιήθηκαν στην Καλιφόρνια κατά την περίοδο 1970 έως 2009, σε διάφορες εφαρμογές όπως, άρδευση γεωργικών εκτάσεων (βρώσιμες και μη βρώσιμες καλλιέργειες), άρδευση χώρων πρασίνου (πότισμα γκαζόν, γηπέδων γκολφ, πάρκων κλπ.) βιομηχανικές χρήσεις καθώς και εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα.

Figure 1. Recycled water trends in California, 1970–2009, and (inset) recycled water use by end use in 2009



Source: SWRCB and DWR (2012)

Note: Urban irrigation includes the use of recycled water for irrigating large landscapes and golf courses. Groundwater recharge includes the use of recycled water for that purpose and as a seawater intrusion barrier.

Σχήμα 1.2.1: Ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιήθηκαν στην Καλιφόρνια (1970 – 2009)

Άλλο παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα είναι η περιοχή Orange Country της Καλιφόρνια. Ένα μεγάλο ποσοστό του νερού τροφοδοσίας της περιοχής προέρχεται από μία μεγάλη λεκάνη υπογείων υδάτων. Το 1956 μετά από μια περίοδο υπεράντλησης η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα έπεσε κάτω από το επίπεδο της θάλασσας προκαλώντας έντονη υφαλμύριση. Γύρω στο 1965 ξεκίνησε στην περιοχή ένα πιλοτικό πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα.

Οι πρώτες ποσότητες ανακτημένου νερού για τον εμπλουτισμό του υδροφορέα της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τον Οκτώβριο του 1976, αφού πρώτα είχαν εξεταστεί διάφορες εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση της υφαλμύρισης, όπως η άντληση νερού από μεγάλο βάθος, η μεταφορά νερού από τις ορεινές περιοχές, καθώς και η αφαλάτωση. Η λύση που τελικά υιοθετήθηκε ήταν ο συνδυασμός φόρτισης με νερό αντλούμενο από μεγάλο βάθος και εκροών από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της περιοχής.

Το Σύστημα Αναπλήρωσης Υπόγειων Υδάτων (GWRS) από τον Ιανουάριο του 2008 μπορεί να παράγει μέχρι και 70 εκατομμύρια γαλόνια (265.000 κυβικά μέτρα) από υψηλής ποιότητας νερό κάθε μέρα. Αυτό είναι αρκετό νερό για να καλύψει τις ανάγκες των σχεδόν 600.000 κατοίκων στο βόρειο και κεντρικό Orange County, Καλιφόρνια.

Τα επεξεργασμένα λύματα αντί να απορριφθούν στο Ειρηνικό Ωκεανό επεξεργάζονται μέσω μιας προηγμένης διαδικασίας που περιλαμβάνει μικροδιήθηση, αντίστροφη όσμωση

και απολύμανση υπεριώδη ακτινοβολία σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου. Η διαδικασία παράγει υψηλής ποιότητας νερό που υπερβαίνει όλα τα κρατικά και ομοσπονδιακά πρότυπα για το πόσιμο νερό.

Στη συνέχεια, διηθούνται στον υπόγειο υδροφορέα, με τον ίδιο φυσικό τρόπο που διηθούνται και τα όμβρια. Επεξεργασμένα λύματα εισάγονται επίσης κατά μήκος της ακτής προκειμένου να δημιουργηθεί ένα φράγμα στη διείσδυση του θαλασσινού νερού από τον Ειρηνικό Ωκεανό

1.2.2 Σιγκαπούρη

Με πληθυσμό περίπου 5 εκατομμύρια σε 710 τετραγωνικά χιλιόμετρα, και περιορισμένους υδάτινους πόρους, η Σιγκαπούρη έπρεπε να αναπτύξει καινοτόμες λύσεις για την κάλυψη των αναγκών της.

Σήμερα, χάρη σε μια δυναμική και διαφοροποιημένη στρατηγική για την εξασφάλιση εναλλακτικών πηγών νερού - γνωστό ως Four National Tabs , οι κάτοικοι της Σιγκαπούρης έχουν καθαρό πόσιμο νερό.

Οι Four National Tabs είναι:

- Εκμετάλλευση των επιφανειακών υδάτων
- Εκμετάλλευση του εισαγόμενου νερού από τη Μαλαισία
- Ανάκτηση χρησιμοποιημένου νερού (NEWater)
- Αφαλάτωση θαλασσινού νερού

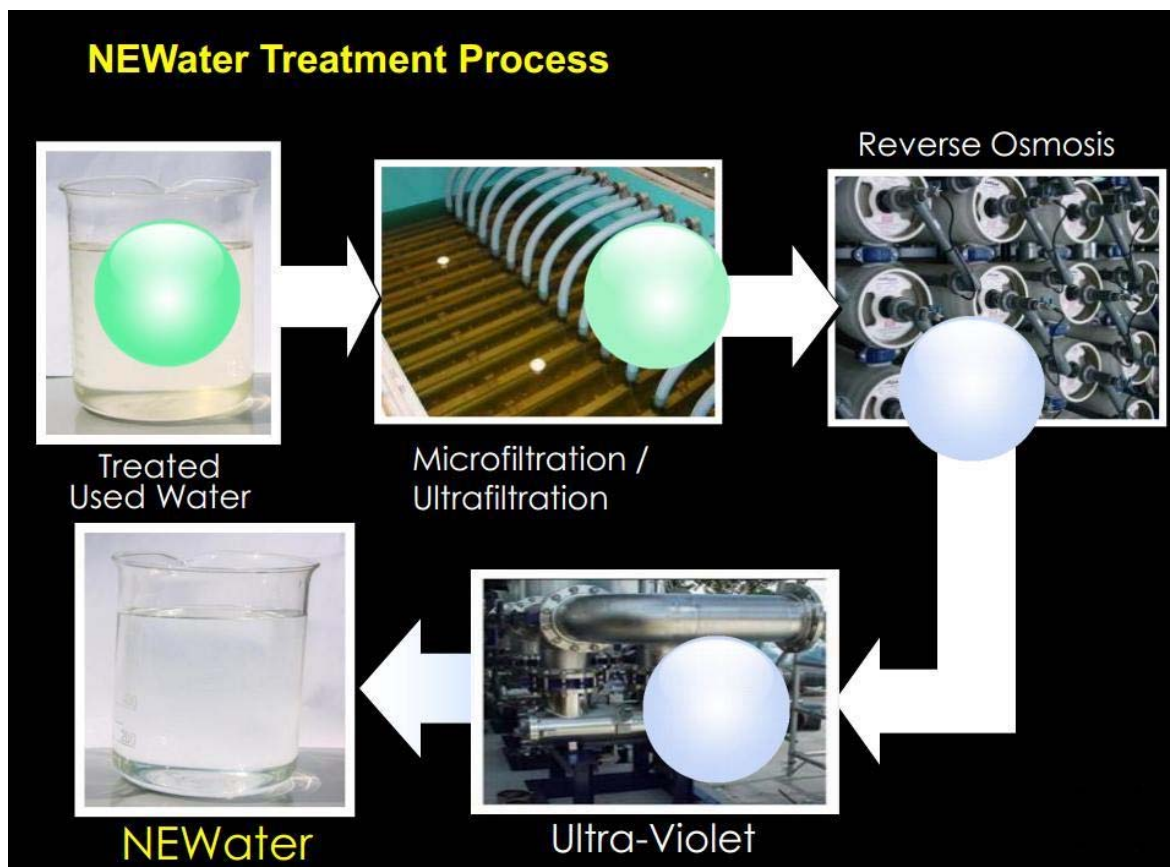
Η χώρα εισάγει περίπου το ήμισυ του νερού από τη Μαλαισία και θέλει να μειώσει οποιαδήποτε εξάρτηση

Το πρώτο masterplan για το νερό της Σιγκαπούρης καταρτίστηκε το 1972. Αυτό ήταν ο πρόδρομος των εργοστασίων NEWater σήμερα. Αλλά οι δαπάνες ήταν αστρονομικές και οι μεμβράνες αναξιόπιστες, έτσι η ιδέα έμεινε στα χαρτιά.

Το 1998, η απαραίτητη τεχνολογία είχε ωριμάσει και το κόστος της παραγωγής είχε μειωθεί. Τον Μάιο του 2000, το πρώτο εργοστάσιο NEWater ολοκληρώθηκε.

Το τρέχον σύστημα αποχέτευσης έχει σχεδιαστεί με βάση ένα «ξεχωριστό σύστημα» στο οποίο το χρησιμοποιημένο νερό συλλέγεται χωριστά σε ένα δίκτυο υπόγειων αποχετευτικών αγωγών που οδηγούν σε ένα εργοστάσιο επεξεργασίας, ενώ τα όμβρια ύδατα και επιφανειακή απορροή συλλέγονται σε αποχετεύσεις και διοχετεύονται σε ποτάμια και ταμιευτήρες.

Το NEWater είναι υψηλής ποιότητας ανακυκλωμένο νερό. Παράγεται από επεξεργασία με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών που περιλαμβάνουν μικρο/υπερ διήθηση, αντίστροφη ώσμωση και απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία, καθιστώντας το εξαιρετικά καθαρό και ασφαλές για κατανάλωση. Έχει περάσει πάνω από 100.000 επιστημονικές δοκιμές και ξεπερνά τις απαιτήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Διατίθεται σε επιφανειακούς αποδέκτες (έμμεση πόσιμη χρήση) ή άμεσα σε βιομηχανικές και εμπορικές εφαρμογές (άμεση μη πόσιμη χρήση).



Σχήμα 1.2.2: Επεξεργασία NEWater στην Σιγκαπούρη

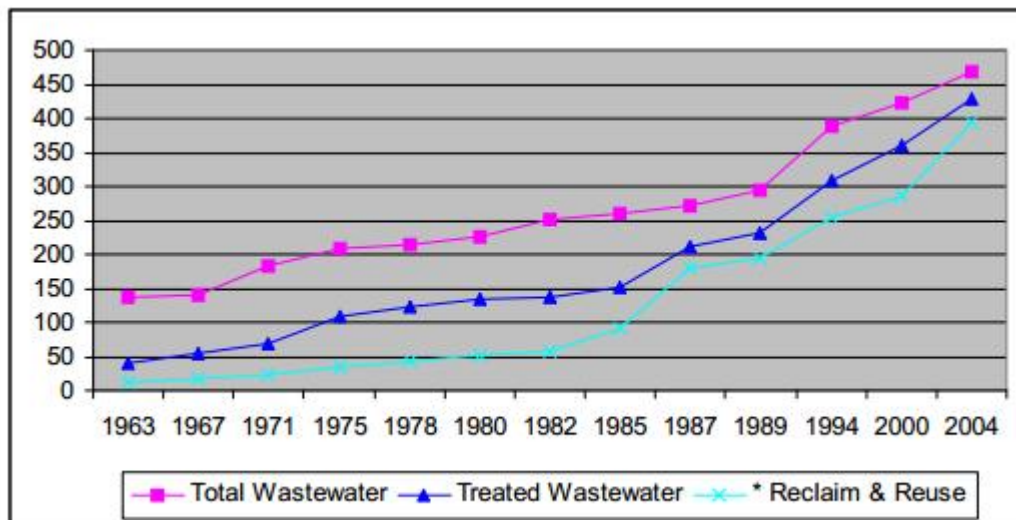
1.2.3 Ισραήλ

Το Ισραήλ έχει να επιδείξει αξιόλογη εμπειρία στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Το 1987, περίπου 230 έργα επαναχρησιμοποίησης παρήγαγαν 259.000 m³/d ανακτημένου νερού. Σήμερα στο Ισραήλ κάθε χρόνο, 630 εκατομμύρια κυβικά μέτρα λυμάτων επαναχρησιμοποιούνται για τη γεωργία, που αποτελούν το 75 τοις εκατό του συνολικού όγκου των λυμάτων. Το 42% χρησιμοποιείται για άρδευση και το 30% για εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων.

Ο πίνακας και το διάγραμμα που ακολουθούν παρουσιάζει τις ποσότητες των υγρών αποβλήτων, και την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων κατά τη διάρκεια των ετών 1963-2004.

Table 1: Quantities of water

Year	Million cubic meter a year			% of Total	Irrigated area (dunams)
	Total Wastewater	Treated Wastewater	Reclaim & Reuse		
1963	137.3	41.1	10.2	7%	15,000
1967	139.4	53.5	16.4	12%	20,700
1971	183.2	68.7	22.2	12%	30,400
1975	209.3	108.3	34.2	16%	51,000
1978	213.9	121.8	43.4	20%	68,600
1980	225.8	133.4	52.3	23%	88,200
1982	251.2	137.3	57.1	23%	100,000
1985	259.7	151.7	91.8	35%	163,000
1987	270.1	212.3	180.4	67%	257,700
1989	293.1	232.4	194.9	66%	278,400
1994	389.0	309.4	254.2	65%	363,100
2000	422.4	360.0	285.2	68%	440,900
2004	469.3	427.7	395.0	84%	705,252



Σχήμα 1.2.3: Ποσότητες επεξεργασμένων λυμάτων που επαναχρησιμοποιήθηκαν στο Ισραήλ (1963-2004)

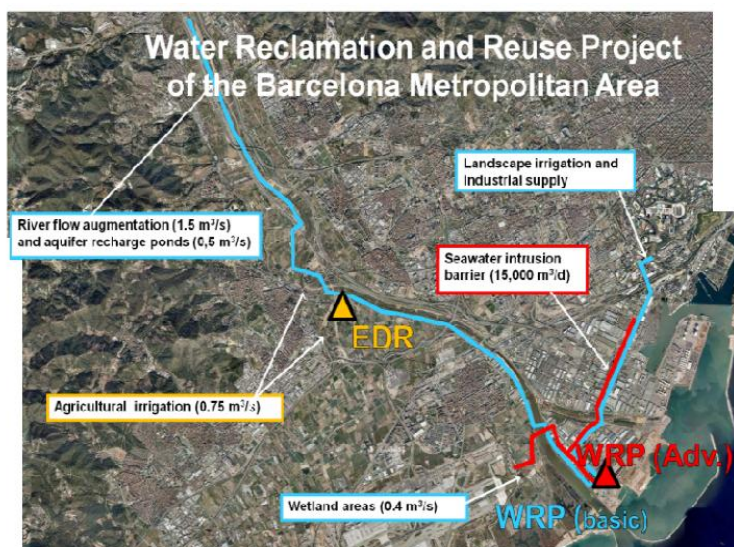
Η ποσότητα των επαναχρησιμοποιούμενων λυμάτων ικανοποιεί περίπου το 10% των υδατικών αναγκών στο Ισραήλ, ενώ για το 2010 το ποσοστό αυτό εκτιμάται ότι θα ανέλθει στο 20%, με το 1/3 αυτού να καταναλώνεται στην άρδευση των γεωργικών καλλιεργειών. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, ο ανταγωνισμός για τους υδάτινους πόρους μεταξύ αυξανόμενων χρήσεων καθώς και των αναγκών άρδευσης, σε συνδυασμό με μια

επιδημία χολέρας που προκλήθηκε από την κατανάλωση των λαχανικών που αρδεύονται με πρωτοβάθμια επεξεργασμένα λυμάτα οδήγησε το Ισραήλ σε ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια ποιότητας των λυμάτων για απεριόριστη χρήση στην άρδευση. Στα μεγαλύτερα έργα επαναχρησιμοποίησης εφαρμόζεται προχωρημένη επεξεργασία των λυμάτων, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη από τις προδιαγραφές ποιότητα.

1.2.4 Ισπανία

Το πλέον γνωστό και φιλόδοξο παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης στην Ισπανία, είναι αυτό της Βαρκελώνης.

Το έργο αποκατάστασης και επαναχρησιμοποίησης του νερού της El Prat de Llobregat είναι σαφώς μια προσπάθεια ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδάτινων πόρων της BMA (Barcelona Metropolitan Area). Προσφέρει μια ισορροπημένη λύση για όλους τους χρήστες, ώστε να μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μια εναλλακτική πηγή νερού για αστική, βιομηχανική και γεωργική χρήση. Το έργο ξεκίνησε το 2002 με στόχο την επαναχρησιμοποίηση 50 hm³/έτος τριτοβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων με επίπεδα ποιότητας, κατάλληλα για διαφορετικές χρήσεις: 1) την αποκατάσταση ροής του ποταμού, 2) την αποκατάσταση υγροτόπων, 3) γεωργική άρδευση και 4) παροχή νερού υψηλής ποιότητας για την τροφοδοσία του φράγματος υφαλμύρισης. Το έργο είχε αρχικό προϋπολογισμό ύψους 102 M €, το 85% αυτού του προϋπολογισμού καλύπτονταν από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Συνοχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω του Υπουργείου Περιβάλλοντος, ενώ το υπόλοιπο 15% καλύφθηκε από την υπηρεσία υδάτων της Καταλονίας. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία της ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης του νερού του έργου του BMA.



Σχήμα 1.2.4: Ανάκτηση και επεξεργασία νερού στην BMA (Barcelona Metropolitan Area).

Παρά το γεγονός ότι η Ισπανία δεν είχε επίσημα όρια για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων το 2003, όταν το έργο είχε αρχικώς εγκριθεί, και το 2006, όταν άρχισε το Water Reuse Project, η καταλανική Υπηρεσία Υδάτων είχε αναπτύξει κριτήρια ποιότητας για το ανακυκλωμένο νερό κατάλληλο για διάφορες χρήσεις, σύμφωνα με τους κανονισμούς της Πολιτείας της Καλιφόρνια και τις κατευθυντήριες γραμμές για την υγεία που συνιστά ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.

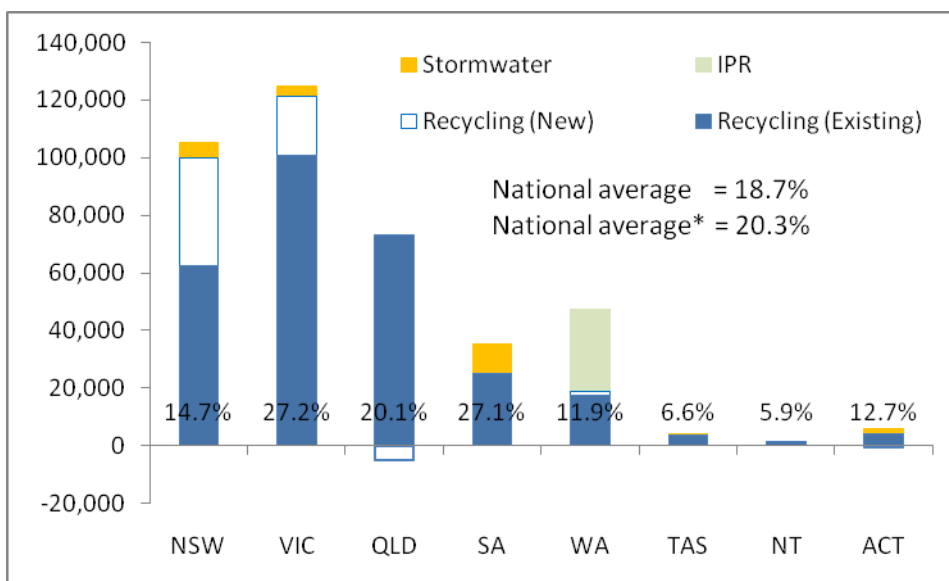
Από το 2007, η ισπανική ρύθμιση RD 1620/2007 καθορίζει τις απαιτήσεις ποιότητας για αναγεννημένο νερό κατάλληλο για μια ποικιλία χρήσεων.

1.2.5 Αυστραλία

Στην Αυστραλία το 2009/10 επαναχρησιμοποιήθηκε το 16,8% των λυμάτων και αναμένεται να φτάσει στο 18,7% μέχρι το 2015. Η επαναχρησιμοποίηση εφαρμόστηκε κυρίως λόγω της λειψυδρίας.

Για δέκα χρόνια 2000-2010 στο μεγαλύτερο μέρος της Αυστραλίας ήταν κάτω από τη μέση βροχόπτωση και προέκυψε μια επείγουσα ανάγκη για την εξασφάλιση πόσιμου νερού που είχε ως αποτέλεσμα την ενθάρρυνση σημαντικών επενδύσεων στην επαναχρησιμοποίηση νερού. Αυτές οι συνθήκες άλλαξαν δραματικά από το 2010 (πλημμύρες στο Queensland, Νέα Νότια Ουαλία και τη Βικτώρια), όταν επέστρεψαν οι βροχοπτώσεις σε όλη την ανατολική Αυστραλία και οι αποθήκες νερού αυξήθηκαν απότομα.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται το ποσοστό των επαναχρησιμοποιούμενων λυμάτων ανά περιοχή (2009/2010) καθώς και η αναμενόμενη αύξηση (2015)



Σχήμα 1.2.5: Αναμενόμενη επαναχρησιμοποίηση λυμάτων ανά περιοχή (2015) (ML/year).

1.2.6 Κύπρος

Τα τελευταία 20 χρόνια έχουν κατασκευαστεί αποχετευτικά συστήματα σε όλες τις μεγάλες πόλεις της Κύπρου και τώρα επεκτείνονται για να καλύψουν ολόκληρη την πόλη και τις γειτνιάζουσες κοινότητες. Έτσι ενώ τώρα παράγονται 17εκ ΚΜ επεξεργασμένου νερού στις πόλεις αυτό αναμένεται να τριπλασιαστεί στα επόμενα 15 χρόνια.

Με βάση στοιχεία του 2008, η κατανομή χρήσης των επεξεργασμένων λυμάτων ήταν:

- 19% για καλλιέργειες κτηνοτροφικών φυτών
- 15% για τους χώρους πρασίνου και πάρκων των πόλεων
- 20% χρησιμοποιήθηκε για εμπλουτισμό του υδροφορέα επιλεγμένων περιοχών
- 28% διοχετεύθηκε σε υφιστάμενα αρδευτικά δίκτυα
- 5% διατέθηκε για χρήση εκτός δικτύων, και
- 13% απορρίφθηκε στη θάλασσα.

Σε σχέση με τις πραγματικές ανάγκες άρδευσης των γεωργικών περιοχών, τα επεξεργασμένα λύματα μόλις και ξεπερνούν το 7% του συνόλου των αναγκών. Ο υφιστάμενος προγραμματισμός στοχεύει αυτό να ανέλθει στο 40% των αρδευτικών αναγκών τα επόμενα 15 χρόνια.

1.2.7 Κεντρική και Νότια Αμερική

Η μεγαλύτερη προσπάθεια για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων στην Κεντρική και Νότια Αμερική συμβαίνει πιθανότατα στο Μεξικό με μεγάλης κλίμακας χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση των πάρκων και τη δημιουργία των λιμνών αναψυχής. Το 80% του ακάθαρτου νερού που επαναχρησιμοποιείται στην γεωργία δεν επεξεργάζεται και η χρήση του είναι ιδιαίτερα ανεξέλεγκτη.

Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων (CONAGUA) εκτιμά ότι το 2009, 350.000 εκτάρια αρδεύτηκαν με τη χρήση 160 m³ / sec. των μη επεξεργασμένων αστικών και σε μικρότερη έκταση βιομηχανικών αποβλήτων.

Ενώ οι νότιες πολιτείες του Μεξικού έχουν πάνω από 15.000 m³ νερού ανά κάτοικο, στις βόρειες και κεντρικές πολιτείες είναι μόλις 500 και 1700 m³ νερού ανά κάτοικο αντίστοιχα, γεγονός που καταδεικνύει τη σοβαρότητα του νερού σε αυτές τις περιοχές, όπου ζει το 75% του πληθυσμού και βρίσκεται το 87% της μεξικανικής οικονομίας.

Υπάρχουν περισσότερες από 30 μεγάλες πόλεις στο Μεξικό, όπου η τοπική γεωργική άρδευση εξαρτάται από τα λύματα που παράγει. Όλες αυτές οι πόλεις βρίσκονται στα βόρεια ή στα κεντρικά τμήματα της χώρας.

Στην Αργεντινή, λύματα χαμηλής ποιότητας (μετά από πρωτοβάθμια επεξεργασία ή δεξαμενές σταθεροποίησης) χρησιμοποιούνται για την απεριόριστη άρδευση λαχανικών, με αποτέλεσμα την έκθεση της υγείας των καταναλωτών και των γεωργών σε σοβαρό κίνδυνο, εφόσον δεν υπάρχουν περιορισμοί για το είδος των καλλιεργειών που αρδεύονται με τα χαμηλής ποιότητας λύματα.

Στο Σαο Πάολο της Βραζιλίας έχουν γίνει επιτυχημένες πιλοτικές εγκαταστάσεις για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία (κροκίδωση, φίλτρανση, χλωρίωση). Τα λύματα χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, στο πότισμα αστικών πάρκων και κήπων, στην έκπλυση τουαλετών, στο πλύσιμο δρόμων και πεζοδρομίων, στη δημιουργία λιμνών αναψυχής και στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Στο Σαντιάγκο της Χιλής 70-80% των ανεπεξέργαστων λυμάτων της πόλης διατίθενται για άρδευση φρούτων και λαχανικών, τα οποία καταναλώνονται στη συνέχεια από τους κατοίκους της πόλης. Το υψηλότερο ποσοστό τυφοειδούς πυρετού στο Σαντιάγκο σε σχέση με την υπόλοιπη Χιλή, αποτελεί σαφή ένδειξη της σχέσης μεταξύ των αυξημένων κρουσμάτων και της χαμηλής ποιότητας των λυμάτων που χρησιμοποιούνται για την άρδευση των λαχανικών.

1.3 Εμπειρία στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η ζήτηση νερού έχει αυξηθεί πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια, λόγω των χρονικών και περιφερειακών αλλαγών των βροχοπτώσεων, αλλά και της αυξανόμενης απαίτησης νερού κατά τους θερινούς μήνες (τουρισμός, άρδευση).

Παρ' όλα αυτά στη χώρα μας δεν έχει ξεκινήσει ουσιαστικά η αξιοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, πλην μεμονωμένων περιπτώσεων, όπως στην Κω (με την απευθείας άρδευση κάποιων δενδροκαλλιέργειών), στο Ηράκλειο (πιλοτικό έργο για την ενίσχυση του υποβαθμισμένου υπόγειου υδροφορέα της περιοχής Φοινικιάς) και στη Θεσσαλονίκη (άρδευση με επεξεργασμένα λύματα από την ΕΕΛ Θεσσαλονίκης πειραματικών αγρών με καλλιέργειες ζαχαρότευτλων, βαμβακιού, καλαμποκιού, ρυζιού και ανθοκομικών).

Η περίπτωση της Θεσσαλονίκης είναι αυτή στην οποία έχει δοθεί η πρώτη ολοκληρωμένη αδειοδότηση για επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση στη χώρα μας. Στη μελλοντική χρήση προβλέπεται η ανάμιξη των εκρών της ΕΕΛΘ με το αρδευτικό νερό σε αναλογία 1:5 και στη συνέχεια διάθεση του μίγματος στο αρδευτικό δίκτυο της περιοχής Καλοχωρίου – Χαλάστρας.

Ιδιαίτερη περίπτωση άμεσης επαναχρησιμοποίησης αποτελεί το ΚΕΛ Ψυττάλειας, όπου περίπου 45.000 m³ επεξεργασμένων εκρών την ημέρα επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση πρασίνου, πλύσεις/καθαρισμό των εγκαταστάσεων και ως νερό ψύξης (φυσητήρες αερισμού, Μονάδα Θερμικής Ξήρανσης Ιλύος).

2 Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων- Κανονισμοί και Οδηγίες

2.1 Κατηγορίες Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων

Η αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών σε συνδυασμό με την αλόγιστη χρήση έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση και μείωση των εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων. Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων αποτελεί καθιερωμένη τακτική πολλών ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών.

Οι τύποι επαναχρησιμοποίησης μπορούν να διακριθούν σε δύο κύριες κατηγορίες:

- *Μη πόσιμη επαναχρησιμοποίηση*
 - Αγροτική
 - Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων οριζόντων
 - Βιομηχανική
 - Δημιουργία χώρων αναψυχής
 - Αστική
- *Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση*
 - Άμεση
 - Έμμεση.

Στην συνέχεια γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των παραπάνω εφαρμογών.

2.1.1 Αγροτική χρήση

Η άρδευση γεωργικών εκτάσεων αποτελεί την κύρια πηγή κατανάλωσης νερού, ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές. Στην Ελλάδα η άρδευση αντιπροσωπεύει το 80% της χρήσης νερού ενώ παγκοσμίως ανέρχεται σε 70%.

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών εντοπίζεται από τον 16ο αιώνα στη Γερμανία, ενώ από τα μέσα του 19ου αιώνα εφαρμόζεται ήδη σε πολλά μέρη της Ευρώπης και της Αμερικής.

Σήμερα η έμμεση επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για άρδευση παρουσιάζει αυξητική τάση τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Σήμερα λειτουργούν αρκετά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Στις ΗΠΑ μόνο υπάρχουν περισσότερες από 3.000 εφαρμογές. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος

αποτελούσε πάντα και συνεχίζει να αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών.

2.1.2 Βιομηχανική χρήση

Τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των αστικών λυμάτων είναι: 1) το νερό ψύξης, 2) το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και 3) το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό. Η κυρίαρχη όμως χρήση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη ζήτηση είναι το νερό ψύξης.

2.1.3 Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα

Ο τεχνητός εμπλουτισμός υπογείων υδροφορέων με επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα, χρησιμοποιείται συνήθως για τους εξής σκοπούς:

- Δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα παρεμποδίζει την διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων.
- Αποθήκευση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης π.χ. για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή.
- Την ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσής του.
- Τον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους.
- Την περαιτέρω επεξεργασία των αστικών αποβλήτων ώστε να είναι δυνατή η μελλοντική χρησιμοποίησή τους.

2.1.4 Αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής

Η χρήση ανακτημένων λυμάτων για αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής περιλαμβάνει:

- την δημιουργία τεχνητών υγροβιότοπων ή την διατήρηση φυσικών,
- την δημιουργία χώρων αναψυχής,
- την αύξηση της παροχής επιφανειακών ρεμάτων
- διάφορες άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις.

2.1.5 Αστική χρήση

Όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα λύματα, τις περισσότερες φορές σε συνδυασμό με όμβρια ύδατα για αστική χρήση.

Η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για τις διάφορες μη πόσιμες χρήσεις σε μια αστική περιοχή περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:

- Πλύσιμο δρόμων και πεζοδρομίων.
- Εμπορικές εφαρμογές, όπως πλυντήρια αυτοκινήτων
- Άρδευση πρασιών, γηπέδων και κήπων καθώς και χρήσεις σε διακοσμητικά σιντριβάνια, πισίνες, κλπ.
- Πλύσιμο χώρων νεκροταφείων.
- Πυρόσβεση
- Νερό για τις τουαλέτες σε εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια.

Αν και η ποσότητα ανακτημένων λυμάτων που χρησιμοποιείται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι ακόμα σχετικά περιορισμένη, το ενδιαφέρον και ο αριθμός εφαρμογών αυξάνεται διαρκώς.

Παραδείγματα, όπου ANEL (ανακτώμενο νερό από αστικά λύματα) χρησιμοποιείται για αστικές χρήσεις έχουμε:

- Στην πόλη St. Petersburg της Florida, Η.Π.Α., διανέμονται περίπου 80.000m³/d ανακυκλωμένου νερού σε περισσότερους από 10.000 καταναλωτές για πότισμα των κήπων, αλλά και για βιομηχανική χρήση (RWCC 1993).
- Στο Irvine Ranch, στην Καλιφόρνια, Η.Π.Α., ένα προάστιο ουσιαστικά του Los Angeles, το οποίο μέχρι πριν από λίγα χρόνια αποτελούσε μια υποβαθμισμένη ελώδη περιοχή, είναι σήμερα μια σύγχρονη πόλη της οποίας τα 2.000 ha κήπων στις αυλές των σπιτιών και τα 700 ha αγροτικών καλλιεργειών αρδεύονται από ανακυκλωμένα λύματα. Τα ανακυκλωμένα λύματα χρησιμοποιούνται επίσης στην λειτουργία πλυντηρίων αυτοκινήτων, στην έκπλυση των τουαλετών στις οικίες, και στην πλήρωση λιμνών αναψυχής. Συνολικά διατίθενται περίπου 15 Mm³/yr σε 1750 καταναλωτές.
- Στο χώρο όπου φιλοξενήθηκαν οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 2000, στο Sydney της Αυστραλίας, περίπου 7.000 m³/d ανακυκλωμένων λυμάτων χρησιμοποιούνται στις αθλητικές εγκαταστάσεις για την έκπλυση των τουαλετών και για άρδευση του πρασίνου. Η πλεονάζουσα ποσότητα των ανακυκλωμένων λυμάτων

παροχετεύεται σε περίπου 2.000 παρακείμενες οικίες και χρησιμοποιείται για τους ίδιους σκοπούς (Cooney 2001).

- Στο Tokyo με νομοθετική ρύθμιση από το 1984, κατέστη υποχρεωτική η επιτόπου επεξεργασία των υγρών αστικών αποβλήτων σε μεγάλα αστικά και εμπορικά κτίρια (με επιφάνεια μεγαλύτερη των 3000m²), με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του στα καζανάκια των τουαλετών και για άρδευση παρακείμενων χώρων πρασίνου. Ένα από τα κτίρια του Tokyo όπου χρησιμοποιείται τοπικά ανακτημένο νερό για έκπλυση των τουαλετών είναι το επιβλητικό Tokyo Metropolitan Government Building, στο οποίο χρησιμοποιούνται συνολικά 8.000 m³/d ανακτημένου νερού.

Η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για αστική-δημοτική χρήση, όπως οι προαναφερθείσες, προϋποθέτει λύματα πρακτικά απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς.

2.1.6 Πόσιμη επαναχρησιμοποίηση

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για πόσιμη χρήση μπορεί να γίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω εμπλουτισμού υδροφορέων.

Παρά το γεγονός ότι η διαθέσιμη τεχνολογία μπορεί να επιτύχει καθαρισμό λυμάτων σε ποιότητα πόσιμου ύδατος, το θέμα επαναχρησιμοποίησής τους για πόση αντιμετωπίζεται με σοβαρό προβληματισμό.

Ο κύριος προβληματισμός στα έργα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για υδρευτικούς σκοπούς, αφορά πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και ανάμειξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή, ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας.

Είναι ευρύτατα παραδεκτό ότι τα συνήθη ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού έχουν θεσπιστεί αποκλειστικά για την περίπτωση που η υδροληψία γίνεται από πηγές που δεν έχουν ακόμα υποστεί ρύπανση και όχι από ανακτημένα λύματα. Στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων για πόσιμη χρήση οι απαιτήσεις πρέπει είναι αυστηρότερες αλλά δεν έχουν προσδιοριστεί σαφώς ακόμα.

Έχει εκτιμηθεί ότι μόνο το 10% κατά βάρος των οργανικών ενώσεων του πόσιμου νερού έχουν αναγνωρισθεί, ενώ για λίγες από αυτές έχουν εξακριβωθεί οι επιδράσεις τους στην υγεία (National Research Council, 1980).

Επίσης σημαντική ασάφεια παρατηρείται στον προσδιορισμό της επίδρασης στη δημόσια υγεία της συνεργιστικής δράσης διαφόρων συνθετικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα.

Τα συμπεράσματα από τις έρευνες τις σχετικές με τις επιδράσεις στην υγεία κατά την επαναχρησιμοποίηση για πόση είναι εφαρμόσιμες μόνο για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς το μείγμα των ρύπων διαφέρει από πόλη σε πόλη. Ακόμα και για την ίδια πόλη είναι πιθανό τα επικίνδυνα συστατικά των λυμάτων να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Αυτός ο περιορισμός επιδρά αρνητικά στην προσπάθεια ανάπτυξης ολοκληρωμένων ποιοτικών κριτηρίων για επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων.

2.2 Ανασκόπηση διεθνούς θεσμικού πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων

Η θέσπιση και η ανάπτυξη κανονισμών και/ή οδηγιών που να διέπουν την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, κρίνεται απαραίτητη για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας καθώς και για την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας του ίδιου του προγράμματος επαναχρησιμοποίησης.

Μέσα από τη διεξαγωγή επιδημιολογικών μελετών γίνεται η προσπάθεια καθορισμού των τυχόν επιπτώσεων επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων στη δημόσια υγεία. Κύριος στόχος όλων αυτών των ερευνών είναι ο καθορισμός της καλύτερης τεχνικής καθώς και των κατάλληλων ποιοτικών χαρακτηριστικών για μια οικονομικά συμφέρουσα επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Τέτοιες έρευνες δείχνουν ότι ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών λόγω επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων είναι μικρός και αφορά μόνον τις περιπτώσεις ανεπεξέργαστων λυμάτων ή λυμάτων πολύ κακής ποιότητας. Με βάση επομένως τις επιδημιολογικές έρευνες είναι δυνατό να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η επαναχρησιμοποίηση επαρκώς επεξεργασμένων (π.χ. με βιολογική επεξεργασία και απολύμανση) λυμάτων για άρδευση δεν εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία, δεδομένου ότι με την επεξεργασία των λυμάτων επιτυγχάνεται σημαντική μείωση παθογόνων μικροοργανισμών.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται διάφορες κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων σε σχέση με ενδεχόμενους περιορισμούς.

Πίνακας 2.2.1 Κατηγορίες χρήσης επεξεργασμένων λυμάτων σε σχέση με ενδεχόμενους περιορισμούς.

Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης λυμάτων	Ενδεχόμενοι περιορισμοί
1. Άρδευση αγροτικών καλλιεργειών - άρδευση συγκομιδής - εμπορικά φυτώρια 2. Άρδευση περιαστικού πρασίνου - πάρκα - αυλές σχολείων - διαχωριστική νησίδα αυτοκινητοδρόμων - γήπεδα γκολφ - νεκροταφεία - ζώνες πρασίνου κατοικιών	- Επίδραση της ποιότητας του νερού, ιδιαίτερα, των αλάτων στο έδαφος και στη συγκομιδή - Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σε σχέση με τους μικροοργανισμούς (βακτηρίδια, ιούς και παράσιτα) - Ρύπανση των επιφανειακών και υπογείων νερών αν δεν γίνει κατάλληλη διαχείριση - Εμπορικότητα της σοδιάς και δημόσια αποδοχή
3. Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία - ψύξη - τροφοδοσία λέβητα - νερό επεξεργασίας	- Τα συστατικά των επεξεργασμένων λυμάτων σχετίζονται με το σχηματισμό πουρί, τη διάβρωση, τη βιολογική ανάπτυξη και τη δυσσομία. - Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία, ιδιαίτερα μεταφορά μικροσταγονιδίων (aerosols) με οργανικά και παθογόνους μικροοργανισμούς στο νερό ψύξης και παθογόνους μικροοργανισμούς στα νερά διαφόρων επεξεργασιών.
4. Ενίσχυση και εξευγενισμός υπόγειων υδροφορέων - ανανέωση υπόγειων υδροφορέων	- Ίχνη οργανικών στα επεξεργασμένα λύματα και η τοξολογική επίδρασή τους - Ολικά διαλυμένα νιτρικά ιόντα και παθογόνοι μικροοργανισμοί στα επεξεργασμένα λύματα
5. Περιβαλλοντικές χρήσεις/ αναψυχή - λίμνες - ιχθυοκαλλιέργειες - αύξηση παροχής ρεμάτων	- Ανησυχίες για την υγεία λόγω των βακτηριδίων και των ιών. - Ευτροφισμός εξ αιτίας του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P) - Αισθητική (οσμές)
6. Αστικές χρήσεις πλην ύδρευσης - πυροπροστασία - κλιματισμός - πλύσιμο τουαλέτας	- Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σχετικά με τη μεταφορά μικροοργανισμών από μικροσταγονίδια (aerosols) - Επίδραση της ποιότητας νερού στο σχηματισμό πουρί, στη διάβρωση, στη βιολογική ανάπτυξη και τη δυσσομία. - Πιθανές διασταυρώσεις - συνδέσεις με το δίκτυο ύδρευσης
7. Επαναχρησιμοποίηση για ύδρευση - σύμμιξη στην παροχή νερού	- Ίχνη οργανικών στα επεξεργασμένα λύματα και οι τοξικολογικές επιδράσεις τους. - Ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών. - Αισθητική και δημόσια αποδοχή. - Ανησυχίες για τη δημόσια υγεία σχετικά με τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και των ιών.

Η κοινή βάση όλων των κανονισμών που υφίστανται στις διάφορες χώρες, αποτελείται κυρίως από τις παρακάτω οδηγίες:

- Οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO).
- Κανονισμός της Πολιτείας της Καλιφόρνια
- Οδηγίες του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) για την ποιότητα του νερού άρδευσης.
- Κανονισμοί της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (USEPA)
- Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271

2.2.1 Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ)

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 σε ορισμένες περιοχές της Νότιας Αμερικής παρατηρήθηκε αυξημένος αριθμός ασθενειών μεταδιδόμενων με το νερό. Στις περιοχές αυτές η χρήση αστικών αποβλήτων στην παρασκευή τροφίμων ήταν ευρέως διαδεδομένη. Το 1989 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) εξέδωσε τέσσερις βασικές κατηγορίες μέτρων για τη μείωση ή την εξάλειψη των κινδύνων μετάδοσης ασθενειών κατά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων:

- Επεξεργασία των λυμάτων
- Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών
- Επιλογή μεθόδου άρδευσης
- Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους οργανισμούς των λυμάτων, του εδάφους ή των αγροτικών προϊόντων.

Για την ικανοποίηση των πιο πάνω μέτρων ο Π.Ο.Υ. κατέληξε στα εξής:

- α) Η άρδευση με ακατέργαστα λύματα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών.
- β) Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για την αποφυγή ανθρώπινης επαφής με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μειώνει τον κίνδυνο ο οποίος όμως, αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υφίσταται.
- γ) Αποτελεσματικό μέτρο, τουλάχιστον για τους καταναλωτές, αποτελεί η εφαρμογή της άρδευσης σε περιορισμένους τύπους καλλιεργειών και κυρίως σε καλλιέργειες που δεν παράγουν προϊόντα που τρώγονται ωμά (περιορισμένη άρδευση).

δ) Αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των λυμάτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος.

ε) Η πλήρης επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτήν να είναι αναγκαίος ο περιορισμός των καλλιεργειών (απεριόριστη άρδευση).

Στην περίπτωση περιορισμένης άρδευσης, η οποία αφορά καλλιέργειες προϊόντων που δεν καταναλώνονται ωμά, δεν τίθενται μικροβιολογικά κριτήρια. Συνιστάται όμως η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας η οποία μπορεί να αποτελείται από πρωτοβάθμια επεξεργασία ή από επεξεργασία σε λίμνες σταθεροποίησης με χρόνο παραμονής 8-10 ημέρες. Επισημαίνεται επίσης η αποφυγή άμεσης επαφής των καρπών με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μέσω επιλογής κατάλληλης μεθόδου άρδευσης (επιφανειακή και όχι με καταιονισμό) καθώς και η αποφυγή συλλογής των καρπών από το έδαφος. Ακόμα ως πρόσθετο μέτρο ασφαλείας συνιστάται η διακοπή της άρδευσης 14 ημέρες πριν από τη συλλογή των καρπών.

Στην περίπτωση απεριόριστης άρδευσης, η οποία αφορά όλα τα είδη καλλιέργειας καθώς και το πότισμα γηπέδων και πάρκων, συνιστάται η τήρηση μικροβιολογικών κριτηρίων τόσο ως προς τους εντερικούς νηματώδεις οργανισμούς (< 1 αυγό /λίτρο) όσο και ως προς τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια FC ($< 1000\text{FC}/100\text{ ml}$). Σε περιπτώσεις περιοχών άμεσης πρόσβασης (όπως το πότισμα γκαζόν) τα κριτήρια είναι αυστηρότερα ($< 200\text{FC}/100\text{ ml}$).

Ο Π.Ο.Υ. το Σεπτέμβριο του 2006 δημοσίευσε την τρίτη έκδοση της Οδηγίας του για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων στη γεωργία (W.H.O., 2006). Το βασικό κριτήριο που εφαρμόζεται για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι ότι η ενασχόληση με αγρούς αρδευόμενους με επαναχρησιμοποιούμενα επεξεργασμένα λύματα και/ή η κατανάλωση προϊόντων αρδευομένων με επαναχρησιμοποιούμενα επεξεργασμένα λύματα (συμπεριλαμβανομένων αυτών που τρώγονται ωμά) δεν θα πρέπει να οδηγεί σε επιπρόσθετη επιβάρυνση ασθένειας μεγαλύτερη από 10-6 DALY (disability – adjusted life year) βλάβη ανά άτομο ετησίως (PPPY – per person per year). Στην Οδηγία 2006 του W.H.O., όπως και στην Οδηγία 1989 (W.H.O., 1989), γίνεται διαχωρισμός σε «περιορισμένη άρδευση» (αποκλείονται οι συγκομιδές σαλάτας και τα λαχανικά που καταναλώνονται ωμά) και σε «απεριόριστη άρδευση» (περιλαμβάνονται τα προαναφερθέντα προϊόντα).

Στην Οδηγία 2006, για την «περιορισμένη άρδευση» προτείνονται επιπλέον μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας από την αντίστοιχη του 1989, η οποία συνιστούσε μόνο για τους (λογαριθμικές) μονάδες μπορεί να επιτευχθεί με επεξεργασία που οδηγεί σε εντερικούς νηματώδεις (γεωμετρικός μέσος αυγών ανά λίτρο) ≤ 1 και δεν υπήρχε καμία

σύσταση για μείωση άλλων παθογόνων ή E.Coli. Πιο αναλυτικά, προτείνεται η ποιότητα εκροής των επεξεργασμένων λυμάτων να έχει συγκέντρωση E.Coli ανά 100 ml $\leq 10^4$ για γεωργία εντατικής εργασίας (όπως είναι η τυπική κατάσταση στις αναπτυσσόμενες χώρες) και $\leq 10^5$ για υψηλά μηχανοποιημένη γεωργία (βιομηχανοποιημένες χώρες). Στην «απεριόριστη άρδευση» τα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας είναι πιο ελαστικά από τα αντίστοιχα της Οδηγίας 1989, η οποία συνιστούσε περιττωματικά κολοβακτηρίδια (F.C. fecal coliforms) < 1000 ανά 100 ml. Στην Οδηγία 2006 η συνιστώμενη μείωση των παθογόνων κατά 6 – 7 log χαμηλότερη ποιότητα (π.χ. $\leq 10^4$ E.Coli ανά 100 ml, όπως για περιορισμένη άρδευση), επιπλέον όμως συνεπικουρούμενη από μετρήσεις ελέγχου προστασίας της υγείας μετά την επεξεργασία (post – treatment health protection control measures)

Πίνακας 2.2.1.1 Προτεινόμενα μικροβιολογικά κριτήρια ποιότητας για χρησιμοποίηση λυμάτων στη γεωργία ΠΟΥ (1989)

Κατηγορία	Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη σε παθογόνους ομάδα πληθυσμού	Εντερικοί νηματώδεις (α) (γεωμετρικός μέσος αυγών ανά λίτρο) (β)	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια (FC) (γεωμετρικός μέσος ανά 100 ml) (β)	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα
A.	Άρδευση καλλιεργειών με προϊόντα που τρώγονται ωμά άρδευση γηπέδων αθλοπαιδειών δημοσίων πάρκων κ.λπ. (γ)	Εργάτες Καταναλωτές Κοινό	<1	<1000	Σειρά λιμνών οξειδώσεως που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα, ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
B.	Άρδευση δημοτικών βιομηχανικών καλλιεργειών, ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δένδρων (δ)	Εργάτες	<1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε λίμνες σταθεροποίησης για 8-10 ημέρες ή ισοδύναμη απομάκρυνση περιττωματικών κολοβακτηριδίων
Γ.	Όπως η κατηγορία Β με εξασφάλιση μη έκθεσης εργαζομένων και κοινού	Καμία	Δεν έχουν εφαρμογή	Δεν έχουν εφαρμογή	Επεξεργασία που απαιτείται από τη τεχνολογία του συστήματος άρδευσης πάντως όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια επεξεργασία

(α) Τα είδη *Ascaris* και *Trichuris*

(β) Κατά την περίοδο της άρδευσης

(γ) Το αυστηρότερο κριτήριο των 200 FC/100 ml πρέπει να εφαρμόζεται σε γκαζόν όπου υπάρχει πρόσβαση κοινού, π.χ. ξενοδοχεία κλπ.

(δ) Στην περίπτωση οπωροφόρων δένδρων, η άρδευση θα πρέπει να σταματά δύο εβδομάδες πριν από την συλλογή των φρούτων, και τα φρούτα δεν θα πρέπει να συλλέγονται από το έδαφος. Δεν θα πρέπει επίσης να εφαρμόζεται άρδευση με καταιονισμό.

2.2.2 Κανονισμός της Πολιτείας της Καλιφόρνια

Η πολιτεία της Καλιφόρνια έχει μακρά ιστορία επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και θεσμοθέτησε τον πρώτο σχετικό κανονισμό το 1918. Ο Κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας, που αντιπροσωπεύει τις αυστηρότερες και βασισμένες στην τεχνολογία προδιαγραφές (όπως διαμορφώθηκε το 1978) αποτελεί τη βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης όχι μόνο στην Καλιφόρνια, αλλά και σε άλλες πολιτείες των Η.Π.Α. και χώρες του κόσμου.

Τα μικροβιολογικά κριτήρια και τα απαιτούμενα συστήματα επεξεργασίας δεν βασίζονται τόσο σε επιδημιολογικές έρευνες, όσο σε μια προσπάθεια ελαχιστοποίησης των θεωρητικών κινδύνων από την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Βασική παράμετρος θεωρείται η πιθανότητα ανθρώπινης έκθεσης στα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα, η οποία καθορίζει και το μέγεθος του κινδύνου. Τα κριτήρια που τίθενται με το σκεπτικό αυτό είναι αυστηρά και η τήρησή τους πολύ συχνά προϋποθέτει την εφαρμογή δαπανηρής τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων.

Συγκεκριμένα, στον Κανονισμό της πολιτείας της Καλιφόρνιας κατά την περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση για άρδευση φυτών που προορίζονται για ζωοτροφές, μη βρώσιμων καλλιεργειών και υπό όρους οπωροκήπων και αμπελώνων οι απαιτήσεις είναι ανάλογες με αυτές της Οδηγίας του Π.Ο.Υ.,1989. Ωστόσο, γίνονται περαιτέρω διαφοροποιήσεις, οι οποίες αφορούν στην άρδευση βοσκοτόπων, γηπέδων γκολφ, νεκροταφείων, κλπ., στην επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, καθώς και ορισμένες κατηγορίες τεχνητών λιμνών, όπου αναγνωρίζεται μια έστω και σχετικά περιορισμένη πιθανότητα επαφής με παθογόνους μικροοργανισμούς.

Πίνακας 2.2.2.1 Κριτήρια της Πολιτείας της Καλιφόρνια (1978)

Είδος χρήσης	Μέγιστη διάμεση τιμή ολικών κολοβακτηριδίων (5)	Απαιτούμενη επεξεργασία
Ζωοτροφές, μη βρώσιμες καλλιέργειες, οπωροφόρα δένδρα και αμπελώνες (1)	---	Δευτεροβάθμια
Βοσκότοποι για ζώα που παράγουν γάλα, τεχνητές λίμνες αναψυχής (2), πότισμα γηπέδων γκολφ, νεκροταφείων κλπ.	23/100 ml	Οξείδωση και απολύμανση
Επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών (3), τεχνητές λίμνες αναψυχής (2α)	2.2/100 ml	Οξείδωση και απολύμανση
Άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών με καταιονισμό, πότισμα πάρκων, παιδικών χαρών κλπ. Τεχνητές λίμνες αναψυχής(2β)	2.2/100 ml και μέγιστη 23/100 ml (6)	Οξείδωση και Κροκίδωση καθίζηση (4) διύλιση απολύμανση

1) Για τους οπωροκήπους και τους αμπελώνες προϋποτίθεται ότι οι καρποί δεν έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης ή το χώμα.

2) Λίμνες για αισθητική απόλαυση, χωρίς το κοινό να έρχεται σε επαφή με το νερό.

2α) Λίμνες για αλιεία, ιστιοπλοΐα και άλλες ψυχαγωγικές χρήσεις που δεν προϋποθέτουν επαφή του νερού με το ανθρώπινο σώμα.

2β) Λίμνες για χρήσεις χωρίς περιορισμό επαφής του νερού με το ανθρώπινο σώμα.

3) Εξαιρέσεις μπορούν να γίνουν σε βρώσιμες καλλιέργειες που υφίστανται επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους.

4) Η θολότητα του διυλισμένου νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει μια μέση τιμή 2 μονάδων θολότητας κατά τη διάρκεια του 24ωρου.

5) Η διάμεση τιμή υπολογίζεται από τα αποτελέσματα των πιο πρόσφατων 7 ημερών κατά τις οποίες έχουν γίνει αναλύσεις.

6) Η μέγιστη τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνεται σε περισσότερα από ένα δείγμα σε οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών.

Στις περιπτώσεις αυτές τίθενται μικροβιολογικά κριτήρια με μέγιστη διάμεση τιμή ολικών κολοβακτηριδίων (total coliforms, TC) 2.2 TC/100ml έως 23 TC/100ml, και απαιτείται βιολογική επεξεργασία (κατά την οποία αναγνωρίζεται μεγάλη πιθανότητα άμεσης επαφής με το νερό είτε μέσω κολύμβησης (τεχνητές λίμνες αναψυχής) είτε μέσω κατανάλωσης

προϊόντων που έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης (καταιονισμός), ο Κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας απαιτεί εκροές λυμάτων απαλλαγμένες από παθογόνους μικροοργανισμούς με μέγιστη διάμεση τιμή 2.2 TC/100ml (και ανώτατη τιμή 23 TC/100ml σε όχι περισσότερα από ένα δείγμα σε οποιαδήποτε περίοδο 30 ημερών) και εφαρμογή, επιπλέον της βιολογικής επεξεργασίας, πλήρους τριτοβάθμιας επεξεργασίας (κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση) με στόχο την απομάκρυνση και όλων σχεδόν των ιών.

Γενικά, ο Κανονισμός της Καλιφόρνιας θέτει αυστηρότερα κριτήρια σε σύγκριση με την Οδηγία του W.H.O., αλλά δεν είναι ο αυστηρότερος που υπάρχει. Σύμφωνα με κανονισμούς άλλων πολιτειών (π.χ. της Φλώριδας) ή χωρών (π.χ. της Ν. Αφρικής) δεν επιτρέπεται, ανεξαρτήτως επεξεργασίας, η άρδευση με λύματα ορισμένων καλλιεργειών που οι καρποί τους καταναλώνονται ωμοί (π.χ. κηπευτικά).

Οι Κανονισμοί των περισσότερων χωρών ακολουθούν συνήθως έναν από τους δύο προαναφερθέντες κανονισμούς, ενδεχομένως με κάποιες τροποποιήσεις προσαρμοσμένες σε τοπικούς περιοριστικούς παράγοντες. Στις Η.Π.Α., άλλες δεκατρείς πολιτείες έχουν τις δικές τους προδιαγραφές. Έτσι, στην πολιτεία της Αριζόνας έχουν υιοθετηθεί κριτήρια που βασίζονται στους εντερικούς ιούς της Αριζόνας και πρέπει οι εκροές που χρησιμοποιούνται για άρδευση με καταιονισμό φυτών, που τα προϊόντα τους καταναλώνονται ωμά, να περιέχουν συγκεντρώσεις εντερικών ιών μικρότερες από 1 PFU / 40L.

Στην πολιτεία της Φλώριδα βασικό κριτήριο αποτελεί η μη ανίχνευση ολικών κολοβακτηριδοειδών ανά 100cm³ χρησιμοποιούμενης εκροής.

2.2.3 Οδηγία Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO)

Οι οδηγίες για την ποιότητα του νερού άρδευσης της FAO ξεκίνησαν με στόχο να προτείνουν λύσεις και περιορισμούς στη χρήση των υδατικών πόρων για αρδευτικούς σκοπούς, σε συνδυασμό με την προστασία των εδαφών και των καλλιεργειών. Επίσης στοχεύουν στον περιορισμό των επιπτώσεων από την αλατότητα και την περιεκτικότητα σε νάτριο των υδάτων.

Παρά την διαπίστωση ότι τα επιδημιολογικά στοιχεία δεν είναι απολύτως επαρκή, επισημαίνει ότι σε πολλές περιπτώσεις χωρών, ιδίως των αναπτυσσόμενων χωρών (πχ Χιλή) τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων για άρδευση λυμάτων είναι σαφώς χειρότερα. Κατά συνέπεια και σε επιβεβαίωση της θέσης που ο FAO διατύπωσε το 1992, θεωρεί ότι τα κριτήρια του ΠΟΥ αποτελούν κατάλληλα προσωρινά κριτήρια, η υιοθέτηση των οποίων δίνει τη δυνατότητα για μια σαφή βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης, χωρίς την αναγκαιότητα προσφυγής σε μεθόδους επεξεργασίας

που αν και διαθέσιμες, δεν είναι εφικτές από τεχνικοοικονομικής άποψης για ένα μεγάλο αριθμό χωρών.

Εκτός από την αντιμετώπιση των κινδύνων δημόσιας υγείας που πηγάζουν από τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση, ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας έχει προτείνει μια σειρά αγρονομικών συστάσεων προκειμένου να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή παραγωγή. Γενικά το νερό άρδευσης κατατάσσεται σε διάφορες κατηγορίες ποιότητας έτσι ώστε ο χρήστης να καθοδηγείται για τα πιθανά πλεονεκτήματα όσο και προβλήματα που αφορούν τη χρήση του.

Σύμφωνα με τον FAO το νερό για άρδευση κατατάσσεται σε κατηγορίες προκειμένου οι ενδιαφερόμενοι να μπορούν να αναγνωρίσουν τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση του. Εξετάζονται :

1. Η διαπερατότητα: Υψηλά επίπεδα νατρίου ή χαμηλά επίπεδα ασβεστίου στο έδαφος ή στο νερό μειώνουν το ρυθμό διήθησης με αποτέλεσμα μη επαρκή τροφοδότηση των καλλιεργειών με νερό μεταξύ των αρδεύσεων.
2. Η αλατότητα: Τα άλατα στο έδαφος ή στο νερό μπορούν να μειώσουν τη διαθέσιμη για τις καλλιέργειες ποσότητα νερού με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απόδοσή τους.
3. Η τοξικότητα: Συγκεντρώσεις ιόντων (νατρίου, χλωρίου, βορίου) που βρίσκονται στο έδαφος ή στο νερό μπορούν να καταστρέψουν ή να μειώσουν την παραγωγή.
4. Άλλοι κίνδυνοι: Υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών όπως π.χ. νιτρικών, μειώνουν την ποιότητα των καλλιεργειών. Υψηλές περιεκτικότητες του νερού σε σίδηρο ή γύψο συνδέονται με ασυνήθιστες τιμές του pH. Αιωρούμενα οργανικά ή ανόργανα στερεά προκαλούν διάβρωση του εξοπλισμού γεγονός το οποίο αυξάνει τις ανάγκες συντήρησης και επιδιόρθωσης.

2.2.4 Οδηγία της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (US EPA)

Οι οδηγίες της USEPA όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων για άρδευση, περιοχές πρασίνου και αναψυχής προβλέπουν οκτώ κατηγορίες πιθανής χρήσης σε κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχούν καθορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ανακτημένων λυμάτων. Οι κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης είναι οι παρακάτω:

1. Αστική χρήση
2. Αστική χρήση σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση
3. Αγροτική χρήση- βρώσιμες καλλιέργειες

4. Αγροτική χρήση- βρώσιμες καλλιέργειες οπωροφόρα δέντρα, αμπελώνες
5. Αγροτική χρήση-μη βρώσιμες καλλιέργειες
6. Τεχνητές λίμνες αναψυχής
7. Τεχνητές λίμνες διακοσμητικού χαρακτήρα
8. Περιβαλλοντική χρήση

Συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των οδηγιών αυτών είναι τα εξής:

- Καθορίζεται το απαιτούμενο ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας με τον ορισμό ελάχιστων επιπέδων αποτελεσματικότητας.
- Προβλέπονται έλεγχοι παρακολούθησης και η συχνότητά τους.
- Καθορίζονται αποστάσεις ασφαλείας από περιοχές διέλευσης και ελεύθερης εισόδου σε συνάρτηση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των εκροών.
- Οι μικροβιολογικές παράμετροι (περιττωματικά κολοβακτηρίδια) έχουν καθορισθεί σε πολύ αυστηρό επίπεδο, (από 0 έως ≤ 200).
- Η τιμή του BOD_5 κυμαίνεται από ≥ 10 έως ≤ 30 παράλληλα με το επιτρεπόμενο μικροβιολογικό φορτίο.
- Το pH έχει τιμές μεγαλύτερες κατά 0,5 logH τόσο στις ελάχιστες όσο και στις μέγιστες τιμές, σε σύγκριση με τα προτεινόμενα όρια από τη FAO.
- Οι τιμές για τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), όπου καθορίζονται, είναι καθορισμένοι για να μην προκαλέσουν προβλήματα στις αρδευτικές εγκαταστάσεις καθώς και στις διηθητικές ικανότητες των εδαφών.
- Για ορισμένες χρήσεις τα ανακτημένα λύματα πρέπει να παρουσιάζονται διαυγή (θολότητα $< 2,0$ NTU).
- Τα όρια των χημικών παραμέτρων είναι τα προτεινόμενα από την FAO.

Αναλυτικότερα ο κανονισμός της USEPA συστήνει ένα ελάχιστο επίπεδο απολύμανσης ανεξάρτητα από τη χρήση των ανακτημένων λυμάτων. Για εφαρμογές όπου δεν αναμένεται άμεση ανθρώπινη επαφή με το νερό το επίπεδο της απολύμανσης θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε η συγκέντρωση των περιττωματικών κολοβακτηριδίων να μην υπερβαίνει τα 200/100ml. Για εφαρμογές όπου αναμένεται άμεση ή έμμεση ανθρώπινη επαφή συνίσταται επίπεδο απολύμανσης τέτοιο ώστε τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια να είναι μη ανιχνεύσιμα στα 100ml. Όσον αφορά τη θολότητα καθορίζεται μικρότερη των 2 NTU, γεγονός που σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ενάντια στους ιούς και τα βακτήρια.

2.2.5 Ευρωπαϊκές Οδηγίες

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία στερείται νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με την απαιτούμενη ποιότητα των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλουν να ακολουθούν την οδηγία 91/271/EC η οποία αναφέρει ότι: « τα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται όποτε είναι σκόπιμο ».

Ειδικότερα, για τον χώρο της Ευρώπης και της Μεσογείου σημαντική παράμετρος για την έλλειψη ενιαίας θεώρησης είναι η ανισοκατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Στο πλαίσιο αυτό η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων εμφανίζεται ως ελκυστική λύση στη Νότια Ευρώπη κυρίως, αλλά και στη Γαλλία και τη Μεγάλη Βρετανία. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση εφαρμόζεται σε αρκετά εκτεταμένη κλίμακα στην Ισπανία, την Γαλλία και την Κύπρο, ενώ αυξανόμενο ενδιαφέρον παρατηρείται στην Ελλάδα, την Ιταλία και την Πορτογαλία.

Χώρες που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα όπως η Γαλλία η Ιταλία, η Κύπρος, η Ισπανία και η Ελλάδα, προωθούν τη θέσπιση κριτηρίων, συνήθως με τη μορφή οδηγιών στηριζόμενες κυρίως στις Οδηγίες του Π.Ο.Υ. και της Πολιτείας της Καλιφόρνια,.

Στη Γαλλία, όπου η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων για άρδευση έχει εφαρμοσθεί σχεδόν ένα αιώνα πριν, το 1991 δημοσιεύθηκαν οι «Οδηγίες Υγείας» για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών. Οι Οδηγίες αυτές ακολουθούν ουσιαστικά την Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (W.H.O.), προσθέτουν όμως επιπλέον περιορισμούς (π.χ. για τις τεχνικές άρδευσης, τις καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ των περιοχών άρδευσης και των κατοικημένων περιοχών).

Στην Ισπανία, όπου εφαρμόζονται περισσότερα από ογδόντα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων κυρίως για άρδευση (89%), υπάρχει εθνικό υδρολογικό σχέδιο που είναι ευνοϊκό για τα προγράμματα αυτά. Ωστόσο, γίνονται προσπάθειες από το υπουργείο περιβάλλοντος για σύνταξη Εθνικού Σχεδίου Επαναχρησιμοποίησης Νερού. Στο μελλοντικό αυτό Εθνικό Σχέδιο υπάρχει πρόταση για μελέτη Μηδενικής Διάθεσης (Zero Discharge) στις παραθαλάσσιες περιοχές. Δηλαδή, τα επεξεργασμένα λύματα δεν θα πρέπει να διατίθενται στη θάλασσα, αλλά για την κάλυψη άλλης ανάγκης.

Στην Ιταλία η νομοθεσία που υπάρχει σε εθνικό επίπεδο καλύπτει την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση και παρέχει ένα αυστηρό, από μικροβιολογικής άποψης, νομοθετικό πλαίσιο. Για άρδευση καλλιεργειών που μπορούν να καταναλωθούν ωμές (απεριόριστη άρδευση) καθορίζεται δευτεροβάθμια επεξεργασία και

απολύμανση και 2 ολικά κολοβακτηρίδια/100 ml, ενώ για άρδευση βοσκοτόπων (περιορισμένη άρδευση) 20 ολικά κολοβακτηρίδια/100ml.

Η Κύπρος έχει επίσης θεσπίσει αυστηρά όρια, με επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μεταξύ 5-50 περιπτωματικών κολοβακτηριδίων /100 ml για την απεριορίστη άρδευση και τη χρήση αναψυχής.

2.2.6 Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο

Γενικά στην Ελλάδα η διαχείριση των αστικών υγρών αποβλήτων διέπεται από την ευρωπαϊκή οδηγία 91/271/EEC με την οποία η ελληνική νομοθεσία εναρμονίστηκε με την Κ.Υ.Α 5673/400/14.3.97 «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων ». Μέχρι σήμερα όμως υπήρχε έλλειψη ενός ξεκάθολου θεσμικού πλαισίου το οποίο να ρυθμίζει και να καθορίζει την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων.

Με την Κ.Υ.Α 145116/2011 (Φ.Ε.Κ. 354B/8-3-2011) «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις», γίνεται η πρώτη προσπάθεια θεσμικής ρύθμισης των όρων και των διαδικασιών με τις οποίες θα μπορούν να επαναχρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα λύματα.

Σκοπός της συγκεκριμένης απόφασης είναι η προώθηση της αξιοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και η μέσω αυτής εξοικονόμηση υδατικών πόρων καθώς και η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου μέσω της τροφοδότησης των υπόγειων υδροφορέων. Όπως αναφέρεται στην Κ.Υ.Α. απαραίτητη προϋπόθεση για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η διασφάλιση της Δημόσιας Υγείας.

Οι επιτρεπόμενες χρήσεις που καθορίζονται είναι οι εξής:

1. *Επαναχρησιμοποίηση για άρδευση:*

Διακρίνονται δύο τύποι άρδευσης με βάση το είδος των καλλιεργειών, το σύστημα άρδευσης και την προσβασιμότητα του κοινού στις αρδεύμενες περιοχές.

α) περιορισμένη άρδευση η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Ως προς το σύστημα άρδευσης, δεν επιτρέπεται η μέθοδος του καταιονισμού. Η πρόσβαση του κοινού στην αρδεύμενη περιοχή δεν επιτρέπεται και σε περίπτωση που υπάρχει προσβασιμότητα, πλην των χρηστών, θα πρέπει να λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα. Τα όρια που προτείνονται είναι :E. Coli \leq 200 EC/100ml και BOD < 25mg/l, SS<35mg/l ενώ απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση

β) απεριόριστη άρδευση η οποία αφορά σε όλα τα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά. Κατά την απεριόριστη άρδευση επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι χρήσης του ανακτημένου νερού, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού και δεν απαιτούνται περιορισμοί στην πρόσβαση. Τα όρια που προτείνονται είναι: $E. Coli \leq 5 \text{ EC}/100\text{ml}$ για το 80% δειγμάτων, $BOD \leq 10 \text{ mg/l}$ για το 80% δειγμάτων, $SS \leq 10 \text{ mg/l}$ για το 80% δειγμάτων και Θολότητα $\leq 2 \text{ ntu}$ ενώ απαιτείται δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση.

Για την επαναχρησιμοποίηση για άρδευση (περιορισμένη και απεριόριστη) απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και την περιοχή. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

α) το υδατικό ισοζύγιο σε συνάρτηση και με τις αρδευόμενες καλλιέργειες και το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,

β) τον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης εδαφικής έκτασης,

γ) τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των αρδευόμενων καλλιεργειών,

δ) τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περίφραξη της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κλπ), καθώς και

ε) τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται, με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, ο οποίος μπορεί να είναι ο φορέας διαχείρισης ή ο άμεσος χρήστης του ανακτημένου νερού. Μεταξύ των μέτρων αυτών μπορεί να υιοθετούνται αυτόματα ή ημιαυτόματα αρδευτικά συστήματα για ελαχιστοποίηση της επαφής των χειριστών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,

στ) τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις.

2. *Τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων:*

Στις περιπτώσεις άμεσου εμπλουτισμού μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή με βαρύτητα απαιτείται επαρκής βαθμός επεξεργασίας για την απομάκρυνση των οργανικών ουσιών. Η

επεξεργασία αυτή περιλαμβάνει, εκτός από δευτεροβάθμια βιολογική και ενδεχόμενη τριτοβάθμια επεξεργασία, προχωρημένες μεθόδους κατάλληλες για την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού υλικού, όπως μέσω μεμβρανών τουλάχιστον υπερδιήθησης ή ισοδύναμης αποτελεσματικότητας εναλλακτικής μεθόδου προχωρημένης επεξεργασίας.

Στις περιπτώσεις εμπλουτισμού με μέθοδο διήθησης δια μέσου στρώματος εδάφους με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος μπορεί να αποφευχθεί πρόσθετη επεξεργασία εάν τεκμηριώνεται επαρκής κατακράτηση οργανικών από το έδαφος.

Επίσης απαιτείται και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις η εκπόνηση ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης, η οποία θα εξετάζει το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, την ύπαρξη ή μη πολλαπλών γεωλογικών στρωμάτων καθώς και το βάθος που θα πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός. Παράλληλα με την υδρογεωλογική μελέτη απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του εμπλουτισμού, η οποία θα εξετάζει την ποιότητα και την ποσότητα του ανακτημένου ύδατος καθώς και την κατάσταση του υπόγειου υδροφορέα. Θα περιγράφεται το προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και των χαρακτηριστικών των υπογείων υδάτων.

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. ο εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποβλέπει κυρίως:

- α) στη δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα παρεμποδίζει τη διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων,
- β) στην αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης όπως για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή,
- γ) στην ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης και επειδή η φυσική ανανέωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό,
- δ) στον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους.

3. *Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση*

Η επαναχρησιμοποίηση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες αναφέρεται κυρίως στο αστικό και περιαστικό πράσινο, τις δασικές εκτάσεις, την αναψυχή, την αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών, εκτός των χρήσεων για πόση, την κολύμβηση και τις οικιακές δραστηριότητες. Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν κυρίως το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου, όπως δάση, άλση, νεκροταφεία, πρανή

και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής. Επίσης αφορούν νερό για την κατάσβεση πυρκαγιών, για τη συμπύκνωση εδαφών, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων, για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

4. *Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση:*

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει εφαρμογές όπως χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η συγκεκριμένη επαναχρησιμοποίηση δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Στην Κ.Υ.Α. παρατίθενται πίνακες που αναφέρουν τα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και την κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων ανάλογα με το είδος επαναχρησιμοποίησης. Στον πίνακα 2.2.6.1 παρουσιάζονται οι όροι που αφορούν την περιορισμένη και την απεριόριστη άρδευση.

Στον Πίνακα 2.2.6.2 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ορισμένων μετάλλων και στοιχείων. Στην Κ.Υ.Α. συμπεριλαμβάνονται και επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αντιστοιχούν στα πρότυπα για την ποιότητα του νερού άρδευσης του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών.

Πίνακας 2.2.6.1 Απαιτήσεις ποιότητας σύμφωνα με την Κ.Υ.Α.145116/2011

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Escherichia coli (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών
Περιορισμένη άρδευση	≤ 200 διάμεση τιμή	≤ 10	≤ 10	-	Δευτεροβάθμια βιολογική (α), Απολύμανση (β)	EC: μία ανά εβδομάδα Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση BOD: μία ανά εβδομάδα SS: μία ανά τρεις ημέρες
Απεριόριστη άρδευση	≤ 5 για 80% των δειγμάτων	≤ 10 για 80% των δειγμάτων	≤ 10 για 80% των δειγμάτων	≤ 2 διάμεση τιμή	Δευτεροβάθμια βιολογική, ακολουθούμενη ή από Τριτοβάθμια επεξεργασία (γ) και Απολύμανση (δ)	EC: (ε) Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση BOD: μία ανά εβδομάδα SS: μία ανά τρεις ημέρες Θολότητα και διαπερατότητα(ζ)

α) Οι προτεινόμενες μέθοδοι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας περιλαμβάνουν διάφορους τύπους του συστήματος ενεργού ιλύος, βιολογικά φίλτρα και περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους. Οι συγκεντρώσεις αζώτου στην εκροή πρέπει να διατηρούνται χαμηλότερα από 45 mg/l, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλης διάρκειας αποθήκευση των υγρών αποβλήτων σε ταμειυτήρες, γίνεται άρδευση ευπρόσβλητων στη νιτρορρύπανση ζωνών ή γίνεται εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα. Στις περιπτώσεις αυτές οι μέσες συγκεντρώσεις αζώτου πρέπει να μην υπερβαίνουν τα 15 mg/l.

β) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδοι καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη διάμεση συγκέντρωση Escherichia coli. Σε κάθε περίπτωση και στο βαθμό που η επεξεργασία συνίσταται στην ελάχιστη απαιτούμενη κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται γινόμενο υπολειμματικού χλωρίου επί χρόνο επαφής (C•t) μεγαλύτερο ή ίσο από 30 mg•min/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 30 min, ενώ για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 70 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 50%.

γ) Κατάλληλο σύστημα που να επιτυγχάνει τα αναφερόμενα στον Πίνακα όρια για το BOD5, τα SS και τη θολότητα. Ενδεικτικά, κατ' ελάχιστον προσθήκη κατάλληλου κροκιδωτικού (π.χ. θειικού αργιλίου) σε δόση μεγαλύτερη από 10 mg/l και απευθείας διύλιση σε διυλιστήριο άμμου με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: βάθος διυλιστικού μέσου (L) ≥ 1,40 m, ενεργή διάμετρο κόκκων άμμου (De) ≈ 1 mm, συντελεστή ομοιομορφίας κόκκων άμμου (u) 1,45–1,60 και επιφανειακή φόρτιση ≤ 8 m³/m²/hr για κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

δ) Όπως (β) εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση Escherichia coli για το 80% των δειγμάτων, συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg, ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%.

ε) Για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας ισοδύναμου πληθυσμού ≥ 50000 κατοίκων τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις

ζ) Όπως ε)

Πίνακας 2.2.6.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων, στοιχείων, ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας (Κ.Υ.Α.145116/2011)

Παράμετρος	Μέγιστη Συγκέντρωση
Αργίλιο	5 mg/l
Αρσενικό	0,1mg/l
Βηρύλλιο	0,1 mg/l
Κάδμιο	0,01 mg/l
Κοβάλτιο	0,05 mg/l
Ολικό χρώμιο	0,1 mg/l
Χαλκός	0,2 mg/l
Σίδηρος	3mg/l
Μαγγάνιο	0,2 mg/l
Υδράργυρος	0,002 mg/l
Νικέλιο	0,2 mg/l
Μόλυβδος	0,1 mg/l
Ψευδάργυρος	2 mg/l
Βενζόλιο	5 µg/l
Ανθρακένιο	1 µg/l
Isodrin	0,01 µg/l
1,2 Διχλωροαιθάνιο	20 µg/l
Διχλωρομεθάνιο	50 µg/l
Πενταχλωροφαινόλη	1 µg/l
Βενζο(α)πυρένιο	0,1 µg/l

3 Αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων

Ήδη από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα έγινε γνωστός ο αυτοκαθαρισμός των λυμάτων, πράγμα που οδήγησε στην υπόθεση ότι ο καθαρισμός επιτυγχάνεται από οργανισμούς. Το 1853 ο Ferdinand Cohn διαπιστώνει την διαφορετική επίδραση διάφορων ποσοτήτων λυμάτων σε διάφορους οργανισμούς (δείκτες). Το 1867 ο Pasteur αναγνωρίζει την εξάρτηση διαφόρων Οξειδώσεων και μείωσης ρύπων από την παρουσία συγκεκριμένων μικροοργανισμών. Το 1892 αναπτύχθηκε στην Αγγλία η πρώτη βιολογική μέθοδος επεξεργασίας. Το 1895 λειτουργεί το πρώτο χαλικόφιλτρο στην Αγγλία και ο πρώτος βιολογικός στην Γερμανία.

Με την ανάπτυξη του χαλικόφιλτρου ξεπεράστηκε ένα σημαντικό εμπόδιο από τον αυτοκαθαρισμό των λυμάτων έως την βιολογική τους επεξεργασία. Ο δρόμος για την διάδοση των Χαλικόφιλτρων και άλλων καινοτόμων λύσεων, όπως η μέθοδος ενεργού Ιλίου από τους Arden και Lochett το 1913 στην Αγγλία είχε ανοίξει.

Ο καθαρισμός των λυμάτων βασίζεται σήμερα στις ίδιες αρχές όπως και πριν 100 χρόνια. Έτσι, αξιοποιήθηκε στις μικρές εγκαταστάσεις η εμπειρία και οι γνώσεις από τις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Η συγκέντρωση των λυμάτων με την βοήθεια αποχετευτικού δικτύου σε κεντρική εγκατάσταση επεξεργασίας ήταν μεγάλο επίτευγμα. Οι μέθοδοι επεξεργασίας που εφαρμόζονται στις περισσότερες μικρές εγκαταστάσεις αντιστοιχούν σε αυτές των συμβατικών βιολογικών.

Τα αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων κλίμακας διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την ανάγκη εγκατάστασης δικτύου αποχέτευσης εντός του οικισμού ή όχι. Στην πρώτη ανήκουν τα σχήματα επεξεργασίας, για τα οποία απαιτείται η κατασκευή δικτύου αποχέτευσης και τα οποία είναι υποχρεωτικά για τις περιπτώσεις οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων (βάσει της Οδηγίας 91/271), αλλά πιθανόν και για μικρότερους οικισμούς ή πυρήνες οικισμών με υψηλούς συντελεστές δόμησης. Η δεύτερη κατηγορία αφορά σε ιδιωτικά συστήματα επεξεργασίας για τα οποία δεν απαιτείται η παρουσία δικτύου αποχέτευσης και τα οποία μπορούν να εφαρμοσθούν ως εναλλακτική λύση σε κοινότητες ή περιοχές κοινοτήτων που χαρακτηρίζονται από χαμηλή πυκνότητα δόμησης.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι εγκαταστάσεις αποκεντρωμένων συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων της πρώτης κατηγορίας

3.1 Μικρό σύστημα ενεργού ιλύος συνεχούς αερισμού.

Το συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο λόγω της ευελιξίας του και της προσαρμοστικότητάς του σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Αποτελείται από τη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, τη μονάδα τελικής καθίζησης, τη διάταξη ανακυκλοφορίας της ιλύος και τη διάταξη απομάκρυνσης της περίσσειας ιλύος.

Ανάλογα με την εφαρμογή, το συμβατικό σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει πρωτοβάθμια καθίζηση. Η εφαρμογή της πρωτοβάθμιας καθίζησης δεν είναι απαραίτητη από λειτουργικής απόψεως. Η χρήση της, όμως, απομακρύνει σημαντικό μέρος των αιωρούμενων στερεών που περιέχονται στα λύματα (40-70%), ενώ ελαττώνει σημαντικά και το οργανικό φορτίο (25-40% BOD₅). Στο πλαίσιο αυτό, η χρήση της οδηγεί στην εφαρμογή μικρότερου όγκου βιολογικής επεξεργασίας (δεξαμενής αερισμού), αφού απομακρύνει μέρος του οργανικού φορτίου. Η χρήση πρωτοβάθμιας καθίζησης έχει το μειονέκτημα της παραγωγής μη σταθεροποιημένης πλεονάζουσας πρωτοβάθμιας λάσπης.

Στο συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος εφαρμόζεται, συνήθως, η πρωτοβάθμια καθίζηση, δεδομένου ότι η δευτεροβάθμια λάσπη δεν είναι επίσης σταθεροποιημένη και ως εκ τούτου απαιτείται, σε κάθε περίπτωση, η περαιτέρω επεξεργασία λάσπης. Συνήθως, σε συστήματα μικρών οικισμών παραλείπεται η πρωτοβάθμια καθίζηση, κάνοντας απλούστερο το σύστημα.

Στη δεξαμενή αερισμού επιτελείται η διεργασία της αερόβιας διάσπασης των οργανικών ενώσεων που περιέχουν τα λύματα. Τα λύματα έρχονται σε επαφή με ένα μείγμα μικροοργανισμών, την βιομάζα, η οποία υπό μορφή βιοκροκίδων, αιωρείται σε μια αεριζόμενη δεξαμενή, σε καθεστώς πλήρους μίξης. Οι σωματιδιακές οργανικές ενώσεις υφίστανται καταρχήν υδρόλυση σε απλούστερες διαλυτές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (μέσω της δράσης εξωκυτταρικών υδρολυτικών ενζύμων). Τα προϊόντα της υδρόλυσης εισέρχονται στα κύτταρα των ετεροτροφικών μικροοργανισμών μαζί με τις διαλυτές οργανικές ενώσεις των λυμάτων, όπου λαμβάνουν μέρος οι βιοχημικές διεργασίες που έχουν ως αποτέλεσμα την απομάκρυνσή τους από τα λύματα. Ο αερισμός, δηλαδή η τροφοδοσία του απαιτούμενου οξυγόνου στο ανάμικτο υγρό, και παράλληλα η διατήρηση της αιώρησης, γίνεται συνήθως με τη χρήση φυσητήρων – διαχυτών (υποβρύχια διάχυση) ή επιφανειακών αεριστήρων. Το ανάμικτο υγρό βιομάζα – λύματα οδηγείται στη συνέχεια στη δεξαμενή τελικής καθίζησης, όπου η βιομάζα λόγω βαρύτητας καθιζάνει ενώ το υπερκείμενο υγρό υπερχειλίζει προς την έξοδο. Από την καθιζάνουσα ενεργό ιλύ ένα μέρος επιστρέφει στον αντιδραστήρα. Η ανακυκλοφορία αυτή αυξάνει το μέσο χρόνο παραμονής των μικροοργανισμών (χρόνος παραμονής) στο σύστημα, η δε πλεονάζουσα ιλύς (περίσσεια) απομακρύνεται από το σύστημα.

Οι εγκαταστάσεις που λειτουργούν με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος υπάρχουν σε διάφορες μορφές. :

- Συστήματα μίας δεξαμενής , στην οποία εσωτερικά χωρίσματα δημιουργούν θάλαμο προεπεξεργασίας βιολογικό αντιδραστήρα και θάλαμο τελικής καθίζησης .
- Συστήματα με δύο ή περισσότερες δεξαμενές με εξωτερική δεξαμενή προεπεξεργασίας και εξωτερική δεξαμενή τελικής καθίζησης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος είναι:

- Σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με αυτό του παρατεταμένου αερισμού.
- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD5 .
- Συχνά επίτευξη πλήρους νιτροποίησης σε θερμά κλίματα (καλοκαίρι και φθινόπωρο στην Ελλάδα).
- Δυνατότητα βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου.
- Απαιτεί μικρές σχετικά εκτάσεις (σε σχέση με την παραλλαγή του παρατεταμένου αερισμού).

Τα κύρια μειονεκτήματα του συμβατικού συστήματος ενεργού ιλύος είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος.
- Σχετικά υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.
- Ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού.
- Σχετικά ευαίσθητο σύστημα σε τοξικές ουσίες.
- Απαιτήση περαιτέρω επεξεργασίας για σταθεροποίηση τόσο της περίσσειας της ενεργού ιλύος, όσο και της ιλύος που προέρχεται από την πρωτοβάθμια καθίζηση (όταν αυτή χρησιμοποιείται).
- Εμφάνιση προβλημάτων νηματοειδούς διόγκωσης της ιλύος.
- Έλλειψη σταθερότητας σε περιπτώσεις μεταβαλλόμενων φορτίων εισόδου..

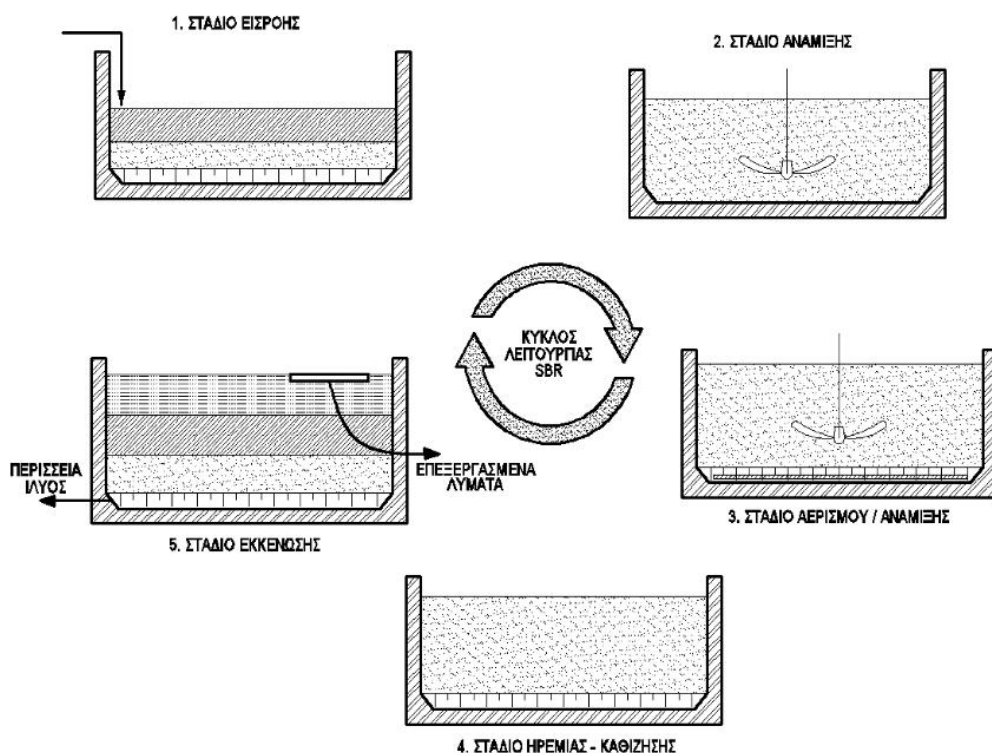
Η χρήση εγκατάστασης που λειτουργεί με το σύστημα ενεργού ιλύος έχει νόημα όταν εξυπηρετεί πληθυσμό περισσότερο των δέκα 10 ισοδύναμων κατοίκων (Ι.Κ.). Έτσι

εξασφαλίζεται συνεχής εισροή λυμάτων, πράγμα απαραίτητο για υψηλό βαθμό απόδοσης καθαρισμού.

3.2 Μικρό σύστημα ενεργού ιλύος διακοπόμενου αερισμού – SBR

Οι εγκαταστάσεις SBR αποτελούν έναν ιδιαίτερο τύπο ενεργού ιλύος με τα ακόλουθα βήματα επεξεργασίας να λαμβάνουν χώρα χρονικά το ένα μετά το άλλο στον βιολογικό αντιδραστήρα :

1. τροφοδοσία αντιδραστήρα
2. ανάμιξη και αερισμός
3. καθίζηση λάσπης
4. άντληση επεξεργασμένου νερού
5. άντληση περίσσειας λάσπης



Σχήμα 3.2.1 Κύκλος λειτουργίας SBR

Η βασική διαφοροποίηση του αντιδραστήρα SBR από ένα συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος έγκειται στο γεγονός ότι στον αντιδραστήρα SBR η διακριτοποίηση των βιοχημικών αντιδράσεων και της φυσικής διεργασίας της καθίζησης δεν είναι χωρική (όπως στο σύστημα ενεργού ιλύος) αλλά χρονική.

Ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας ενός συστήματος SBR αποτελείται από τέσσερις διαδοχικές Φάσεις.

Στη Φάση I (Φάση εισροής) εισέρχονται τα προς επεξεργασία λύματα στη δεξαμενή. Η φάση αυτή μπορεί να συνδυαστεί και με την επιτέλεση βιοχημικών διεργασιών στην περίπτωση κατά την οποία τεθεί σε λειτουργία το σύστημα ανάμιξης (για την αποκατάσταση ανοξικών συνθηκών) ή το σύστημα αερισμού (για την αποκατάσταση αερόβιων συνθηκών) της δεξαμενής.

Στη συνέχεια ακολουθεί η Φάση II (φάση αντιδράσεων) κατά τη διάρκεια της οποίας αποκαθίστανται εναλλακτικές και ανάλογα με τις απαιτήσεις επεξεργασίας, αναερόβιες, ανοξικές και αερόβιες με ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των διατάξεων ανάμιξης και αερισμού. Μετά το πέρας της φάσης των αντιδράσεων, απενεργοποιείται το σύστημα ανάμιξης ή/και αερισμού για την επίτευξη συνθηκών ηρεμίας και την καθίζηση των καθιζήσιμων στερεών στον πυθμένα της δεξαμενής (Φάση III – καθίζηση).

Κατά την Φάση IV (φάση εκκένωσης) η οποία αποτελεί και την τελευταία φάση, απομακρύνονται υπό συνθήκες ηρεμίας τα επεξεργασμένα λύματα με τη βοήθεια τηλεσκοπικής δικλίδας, επιπλέοντος υπερχειλιστή ή άλλου κατάλληλου εξαρτήματος που εξασφαλίζει σταθερή παροχή απομάκρυνσης. Στη ίδια φάση απομακρύνεται και η περίσσεια λάσπης.

Λόγω των συνθηκών ηρεμίας στη φάση καθίζησης, μια περίπου ώρα είναι επαρκής χρόνος για την ικανοποιητική καθίζησης της λάσπης, ενώ η διάρκεια της φάσης εκκένωσης μπορεί να είναι μικρότερη από μία ώρα, γεγονός που τελικώς προσδιορίζεται από τη λειτουργία των κατάντη έργων χειρισμού της εκροής.

Η καθίζηση της ιλύος σε συστήματα SBR είναι κατά κανόνα πολύ ικανοποιητική, με συγκεντρώσεις στερεών της τάξεως των 10.000 mg/l. Για την αποφυγή προβλημάτων νηματοειδούς διόγκωσης, συνίσταται όπως η φάση εισροής των λυμάτων να είναι περιορισμένης διάρκειας.

Το σύστημα χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου, ο οποίος μπορεί να ξεπεράσει και τα 95%. Ο βαθμός απομάκρυνσης αζώτου και φωσφόρου εξαρτάται από τις εναλλαγές των επιμέρους φάσεων αντιδράσεων, εισροής και λοιπών λειτουργιών. Η σχετική εμπειρία είναι περιορισμένη αλλά φαίνεται ότι δεν είναι δύσκολο να επιτυγχάνονται μέσες απομειώσεις της τάξης του 70-80%.

Για τον αερισμό χρησιμοποιούνται διαχυτές αέρα και λιγότερο συχνά επιπλέοντες μηχανικοί αεριστήρες. Για την παρεμπόδιση εισόδου αφρών στο σύστημα εκκένωσης, το στόμιο ή ο υπερχειλιστής εκροής περιβάλλονται από κατάλληλο διάφραγμα.

Κατά τη διάρκεια της απομάκρυνσης των επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να συντελείται και η απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος, σε ποσότητες που εξασφαλίζουν την επιθυμητή τιμή ηλικίας λάσπης και την σταθεροποίησή της ώστε να είναι δυνατή η απλή διαχείρισή της (π.χ. πάχυνση – αφυδάτωση).

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι:

- Υψηλό βαθμό απόδοσης ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD₅.
- Ικανοποιητική απομάκρυνση αζώτου και δυνατότητα απομάκρυνσης φωσφόρου.
- Μικρή απαιτούμενη έκταση.
- Η σχετική απλότητα του συστήματος. Απουσιάζουν δεξαμενές καθίζησης, αγωγοί διακίνησης λυμάτων και ανακυκλοφορίας και το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας.
- Η απαίτηση για ελάχιστη απασχόληση προσωπικού, διότι η κατά φάσεις λειτουργία εύκολα αυτοματοποιείται.
- Το σύστημα ελάχιστα επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της εισρέουσας παροχής και ρυπαντικών φορτίων.
- Λειτουργική ευελιξία του συστήματος.
- Τα προβλήματα διόγκωσης της ιλύος που συχνά ταλαιπωρούν τα τυπικά συστήματα ενεργού ιλύος είναι εδώ σχεδόν ανύπαρκτα και σε κάθε περίπτωση ευκόλως ελεγχόμενα.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου του αντιδραστήρα εναλλασσόμενων λειτουργιών είναι:

- Υψηλό κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος, αλλά εν γένει χαμηλότερο από τα συμβατικά συστήματα ενεργού ιλύος και παρατεταμένου αερισμού.
- Η ενεργειακή κατανάλωση.
- Η απαίτηση αξιόλογου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και συστημάτων αυτοματισμού.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης

3.3 Μικρό σύστημα Βιολογικών Φίλτρων

Το βιολογικό φίλτρο, όπως και το σύστημα ενεργού ιλύος, έχει σαν στόχο την απομάκρυνση των οργανικών ουσιών από τα λύματα μέσω των διαδικασιών της οξειδωσης και της σύνθεσης. Η βασική διαφορά των δύο συστημάτων έγκειται στο ότι ενώ στο σύστημα ενεργού ιλύος η βιομάζα βρίσκεται σε αιώρηση (*suspended growth*), στα βιολογικά φίλτρα οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σε ένα σταθερό φορέα (*attached growth*).

Αναλυτικότερα, τα βιολογικά φίλτρα έχουν τη μορφή συνήθως κυκλικής κλίνης, πληρωμένης με ένα πορώδες υλικό, στους πόρους του οποίου είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι διασπούν το οργανικό φορτίο των λυμάτων που διανέμονται στην επιφάνεια του φίλτρου. Τα επεξεργασμένα λύματα εκρέουν από τον πυθμένα και οδηγούνται στην δεξαμενή τελικής καθίζησης.

Η διατήρηση των αερόβιων συνθηκών στα βιολογικά φίλτρα γίνεται με φυσικό τρόπο και συγκεκριμένα με την κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στα κενά του φίλτρου.

Ανάλογα με το υλικό πλήρωσης τα βιολογικά φίλτρα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τα τυπικά βιολογικά φίλτρα από χαλίκια ή άμμο και
- Τα φίλτρα με σύνθετα μέσα από αδρανή υλικά (πλαστικά φίλτρα, φίλτρα υφάσματος, τύρφης, κεραμικά υλικά κ.λπ.).

Συνήθως τα βιολογικά φίλτρα για μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, γεμίζονται με πλαστικό υλικό, το οποίο αν και ακριβό είναι ελαφρότερο, πιο ανθεκτικό και επιτρέπει μεγαλύτερες φορτίσεις. Σε μικρές εγκαταστάσεις η ανακυκλοφορία των λυμάτων στο φίλτρο δεν είναι συνηθισμένη, λόγω των υψηλών δαπανών των αντλήσεων. Εν τούτοις πολλές φορές η επανακυκλοφορία είναι απαραίτητη σε περιόδους χαμηλών παροχών για να διατηρείται η ελάχιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα διαβροχής των μικροοργανισμών.

Τα φίλτρα είναι σκόπιμο να σκεπάζονται για να προστατεύονται από τις κλιματολογικές μεταβολές. Το κόστος κατασκευής τους είναι σχετικά υψηλό, αλλά είναι σχετικά απλά στη λειτουργία και απαιτούν λιγότερη συντήρηση από τα συστήματα του παρατεταμένου αερισμού. Σε σχέση με τα συστήματα επεξεργασίας αιωρούμενης βιομάζας παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι απαιτείται η πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων με αποτέλεσμα να παράγεται πρωτοβάθμια μη σταθεροποιημένη ιλύς που πρέπει να αποθηκεύεται με κατάλληλο τρόπο ώστε να αποφεύγονται περιβαλλοντικές οχλήσεις. Επίσης σε αρκετές εγκαταστάσεις ανοικτών βιολογικών φίλτρων δεν μπορεί αποκλεισθούν οχλήσεις από παρουσία εντόμων.

3.3.1 Μικρό σύστημα βιολογικού φίλτρου σταθερής κλίνης

Η βασική διαφορά της εγκατάστασης που λειτουργεί με την μέθοδο των βιολογικών φίλτρων, από την εγκατάσταση που λειτουργεί με το σύστημα της ενεργού ιλύος, έγκειται ότι στη δεύτερη η βιομάζα βρίσκεται σε αιώρηση, ενώ στην πρώτη είναι προσκολλημένη σε ένα σταθερό φορέα. Ο σταθερός φορέας είναι πορώδες υλικό, πάνω στο οποίο αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί. Τα λύματα διανέμονται στην επιφάνεια αυτή και κατά την κάθοδό τους μέσα από τους πόρους του φορέα, έρχονται σε επαφή με την βιομάζα, η οποία διασπά μέρος του οργανικού τους φορτίου. Το απαραίτητο για τη βιολογική διεργασία οξυγόνο, τροφοδοτείται από διαχυτή αέρα κάτω από τον φορέα της προσκολλημένης βιομάζας, γεγονός που εξασφαλίζει και την ανάμιξη του υγρού.

Η κυκλοφορία του αέρα μέσα από το φίλτρο αποκολλά περιοδικά από την επιφάνεια του φορέα και συμπαρασύρει μαζί με τα επεξεργασμένα λύματα, βιομάζα η οποία διαχωρίζεται από αυτά, λόγω βαρύτητας, στη δεξαμενή τελικής καθίζησης. Η λάσπη οδηγείται στη συνέχεια στη δεξαμενή προεπεξεργασίας, αποθηκεύεται και σε τακτά χρονικά διαστήματα, απομακρύνεται μαζί με τη σηπτική λάσπη.

3.3.2 Μικρό σύστημα βιολογικού φίλτρου κινούμενης κλίνης

Η διαμόρφωση του συστήματος βιολογικού φίλτρου κινούμενης κλίνης είναι παρόμοια με αυτού της σταθερής κλίνης. Η διαφορά έγκειται στον φορέα της προσκολλημένης βιομάζας.

Στο σύστημα αυτό ο φορέας είναι ελεύθερα κινούμενα πλαστικά τεμάχια μέσα στο βιολογικό αντιδραστήρα. Στην επιφάνεια αυτών των τεμαχίων, ειδικής διατομής-μεγάλης επιφάνειας αλλά μικρού όγκου- οι μικροοργανισμοί συνθέτουν λεπτό και πυκνό στρώμα βιομάζας. Το απαραίτητο για την αποδόμηση του οργανικού φορτίου οξυγόνο, τροφοδοτείται από διαχυτή αέρα στο δάπεδο του αντιδραστήρα. Έτσι επιτυγχάνεται η καλή ανάμιξη κινούμενης κλίνης και υγρού. Ο κινούμενος αέρας πραγματοποιεί ταυτόχρονα μερική αποκόλληση βιομάζας από την κινούμενη κλίνη, η οποία μεταφέρεται στη δεξαμενή τελικής καθίζησης όπου και διαχωρίζεται, λόγω βαρύτητας, από τα επεξεργασμένα λύματα. Η καθιζάνουσα λάσπη οδηγείται στη δεξαμενή προεπεξεργασίας, αποθηκεύεται και απομακρύνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με την σηπτική λάσπη.

3.4 Μικρό σύστημα Περιστρεφόμενων Βιολογικών Δίσκων

Η εγκατάσταση που λειτουργεί με τη μέθοδο των περιστρεφόμενων βιολογικών δίσκων, συνδυάζει τη μέθοδο της ενεργούς ιλύος με τη μέθοδο βιολογικών φίλτρων σταθερής

κλίνης. Η βιολογική αποδόμηση του οργανικού φορτίου, πραγματοποιείται από μικροοργανισμούς, οι οποίοι, εν μέρει κολυμπούν ελεύθεροι στο βιολογικό αντιδραστήρα και σχηματίζουν βιοκροκίδες, εν μέρει επικάθονται επάνω σε περιστρεφόμενους πλαστικούς δίσκους σχηματίζοντας βιομάζα.

Με την περιστροφή των βιολογικών δίσκων πραγματοποιείται αποτελεσματικός αερισμός και ικανοποιητική επαφή λυμάτων και βιομάζας ώστε να επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου και σε ορισμένες περιπτώσεις νιτροποίηση. Σε μια περίοδο που η εξοικονόμηση ενέργειας έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία, το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος που είναι η σχετικά μικρή απαιτούμενη ενέργεια κατά την λειτουργία του, αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα στις οικονομοτεχνικές συγκρίσεις για την επιλογή διάφορων συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων.

Οι περιστρεφόμενοι δίσκοι πακτώνονται σε σταθερό οριζόντιο άξονα, έχοντας μόνιμα το κάτω μισό τους βυθισμένο στη δεξαμενή, που φτάνουν τα προεπεξεργασμένα λύματα και το πάνω μισό τους στον αέρα. Για την αποδόμηση του οργανικού φορτίου οι μικροοργανισμοί εφοδιάζονται λόγω της περιστροφής του άξονα διαδοχικά με οξυγόνο από τον αέρα και τροφή από τα λύματα του αντιδραστήρα. Ο οριζόντιος άξονας πρέπει να βρίσκεται σε μόνιμη κίνηση, διαφορετικά η βιομάζα δεν αναπτύσσεται ομοιόμορφα και επέρχεται ανισορροπία.

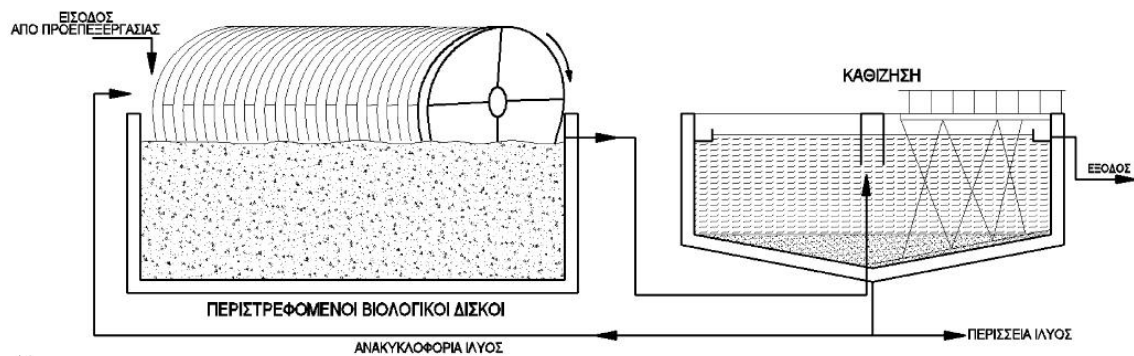
Οι νεκροί μικροοργανισμοί επάνω στους βιολογικούς δίσκους συμπαρασύρονται από το νερό και καταλήγουν υπό μορφή λάσπης στη δεξαμενή τελικής καθίζησης από όπου και διαχωρίζονται λόγω βαρύτητας από τα επεξεργασμένα λύματα. Η καθιζάνουσα λάσπη οδηγείται στη δεξαμενή προεπεξεργασίας, αποθηκεύεται και απομακρύνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με την σηπτική λάσπη.

Οι περιστρεφόμενοι δίσκοι έχουν σημαντικές ομοιότητες με τα βιολογικά φίλτρα καθώς και τα δύο συστήματα βασίζονται στη δημιουργία στρώματος προσκολλημένης βιομάζας για την βιολογική επεξεργασία των λυμάτων.

Σε αντίθεση με τα βιολογικά φίλτρα όμως, οι περιστρεφόμενοι δίσκοι απαιτούν πολύ μικρότερες εκτάσεις καθώς η διαμόρφωση των δίσκων επιτρέπει τη συγκράτηση μεγάλων ποσοτήτων βιομάζας σε σχετικά περιορισμένο όγκο και δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα προσέλευσης εντόμων γιατί η εναλλασσόμενη βύθιση των δίσκων στο υγρό εμποδίζει την ανάπτυξη εντόμων.

Λόγω της παρουσίας των αιωρουμένων μικροοργανισμών στην υγρή φάση, γίνεται αναγκαία η παρεμβολή δεξαμενών τελικής καθίζησης πριν από την τελική διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων, κατ' αναλογία με τα συστήματα ενεργού ιλύος και βιολογικών φίλτρων. Στην περίπτωση όμως των βιολογικών δίσκων η αυξημένη πυκνότητα των

αιωρούμενων μικροβιακών συσσωρευμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας καθίζησής τους με συνέπεια τη δυνατότητα σχεδιασμού της δεξαμενής τελικής καθίζησης με σχετικά υψηλό υδραυλικό φορτίο και φορτίο στερεών ($16 - 32 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-}\eta\mu$, $90 - 140 \text{ kgSS}/\text{m}^2\text{-}\eta\mu$). Επιπρόσθετα στις δεξαμενές τελικής καθίζησης επιτυγχάνεται συνήθως ικανοποιητική συμπύκνωση της ιλύος (4-5%) και έτσι είναι δυνατό σε πολλές περιπτώσεις να αποφευχθεί η εγκατάσταση παχυντών ιλύος.



Σχήμα 3.4.1 Τυπική διάταξη συστήματος επεξεργασίας με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους

Οι βιολογικοί δίσκοι αντιμετωπίζουν λειτουργικά προβλήματα που σχετίζονται κυρίως με καταστροφή του μηχανισμού στήριξης και περιστροφής των δίσκων και παραγωγής δυσσομιών. Καταστροφή του μηχανισμού στήριξης και περιστροφής των φίλτρων προκαλείται συνήθως από υπερβολική ανάπτυξη βιομάζας στους δίσκους, μη ικανοποιητική λίπανση του μηχανισμού περιστροφής, υπερβολική καταπόνηση του άξονα περιστροφής και ατελή στήριξη. Για τον περιορισμό αυτών των προβλημάτων συνηθίζεται τα τελευταία χρόνια η αυξημένη βύθιση των δίσκων ώστε να ελαττώνονται τα φορτία λόγω άνωσης. Προβλήματα δυσσομιών οφείλονται κυρίως σε υπερβολική οργανική φόρτιση του πρώτου σταδίου επεξεργασίας με βιοδίσκους. Για την αποφυγή εμφράξεων των δίσκων και ελάττωσης της οργανικής φόρτισης τα συστήματα αυτά συνοδεύονται από προεπεξεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων.

Οι βιολογικοί δίσκοι παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου.
- Μικρή απαιτούμενη έκταση.
- Απλότητα λειτουργίας.
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος.
- Δυνατότητα νιτροποίησης.

- Εύκολος διαχωρισμός βιομάζας και εκροής.
- Σταθερότητα του συστήματος τόσο σε υδραυλικές διακυμάνσεις όσο και σε διακυμάνσεις του οργανικού φορτίου.
- Ευελιξία συστήματος.
- Δυνατότητα απονιτροποίησης με τη χρήση κατάλληλης διάταξης.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των βιολογικών δίσκων είναι:

- Εμφάνιση λειτουργικών προβλημάτων, κύρια στο μηχανισμό στήριξης και περιστροφής των δίσκων.
- Πρόβλημα οσμών.

3.5 Μικρό σύστημα Τεχνητών Υγροβιότοπων

Οι υγροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους κατακλυζόμενα με νερό συνήθως μικρού βάθους (<0,6m), στα οποία αναπτύσσονται φυτά όπως: διάφορα είδη κύπερης (φυτά της οικογένειας Cyperaceae κυρίως του γένους *Carex* spp.), καλάμια (φυτά του γένους *Phragmites* κυρίως του είδους *P. communis*), είδη βούρλων (φυτά του γένους *Scirpus*) και άλλα όπως είναι είδη ψαθιού και αφράτου (φυτά του γένους *Typha*).

Η φυτική βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηρίων, βοηθά στο φιλτράρισμα και την προσρόφηση συστατικών του αποβλήτου, μεταφέρει οξυγόνο στη μάζα νερού και περιορίζει την ανάπτυξη αλγών με τον έλεγχο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο τεχνητοί όσο και φυσικοί υγροβιότοποι.

Τα συστήματα των τεχνητών υγροβιότοπων διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

- Τεχνητοί υγροβιότοποι επιφανειακής ροής ή ελεύθερης επιφάνειας (Free Water Surface Treatment Wetlands-FWS) και
- Τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής (Subsurface Flow Systems-SFS).

Οι τεχνητοί υγροβιότοποι υποεπιφανειακής ροής διακρίνονται σε δυο υποκατηγορίες:

- Τεχνητοί υγροβιότοποι οριζόντιας ροής (HF) και
- Τεχνητοί υγροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VF).

Οι Τεχνητοί υγροβιότοποι επιφανειακής ροής (FWS) αποτελούνται από λεκάνες μικρού βάθους, στις οποίες τοποθετείται μια εδαφική στρώση ή οποιοδήποτε άλλο υλικό που υποστηρίζει την ανάπτυξη βλάστησης και μια υδάτινη στήλη μικρού βάθους και καλλιεργούνται διάφορα υδροχαρή φυτά, όπως είναι οι κοινές καλάμιες (*Phragmites*

communis), τα διάφορα είδη βούρλων (*Juncus* spp.), οι σύφες (*Scirpus* spp.) και διάφορα είδη ψαθών (*Typha* spp.).

Η στεγανότητά τους επιτυγχάνεται με την κάλυψη του πυθμένα και των πρανών των λεκανών με γεωμεμβράνες ή με άλλα κατάλληλα υλικά με μικρή διαπερατότητα στο νερό (π.χ. αργιλική στρώση), καθώς επίσης και με τη χρήση του ίδιου του φυσικού εδάφους των λεκανών, όταν η μηχανική του σύσταση εξασφαλίζει μικρή διαπερατότητα. Το νερό που εφαρμόζεται ρέει επιφανειακά, πάνω από το εδαφικό στρώμα και τα καθιζάνοντα στερεά. Στους FWS ο εφοδιασμός της υδάτινης στήλης με οξυγόνο είναι περιορισμένος συγκριτικά με τους υδροβιότοπους υποεπιφανειακής ροής, καθώς το ριζικό σύστημα βρίσκεται στο εδαφικό υπόστρωμα και κάτω από την στήλη των υγρών και το μεταφερόμενο σε αυτό οξυγόνο καταναλώνεται στο εκτεταμένο βενθικό περιβάλλον. Επιπλέον, λόγω της πυκνής φυτικής βλάστησης η μεταφορά οξυγόνου διαμέσου της επιφάνειας είναι περιορισμένη.

Οι FWS αναπαριστούν τη δομή και τη λειτουργία των φυσικών υδροβιοτόπων και προσαρμόζονται ικανοποιητικά στο ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται αποτελώντας τόπους ενδημισμού της πανίδας που αναπτύσσεται στην εκάστοτε περιοχή.

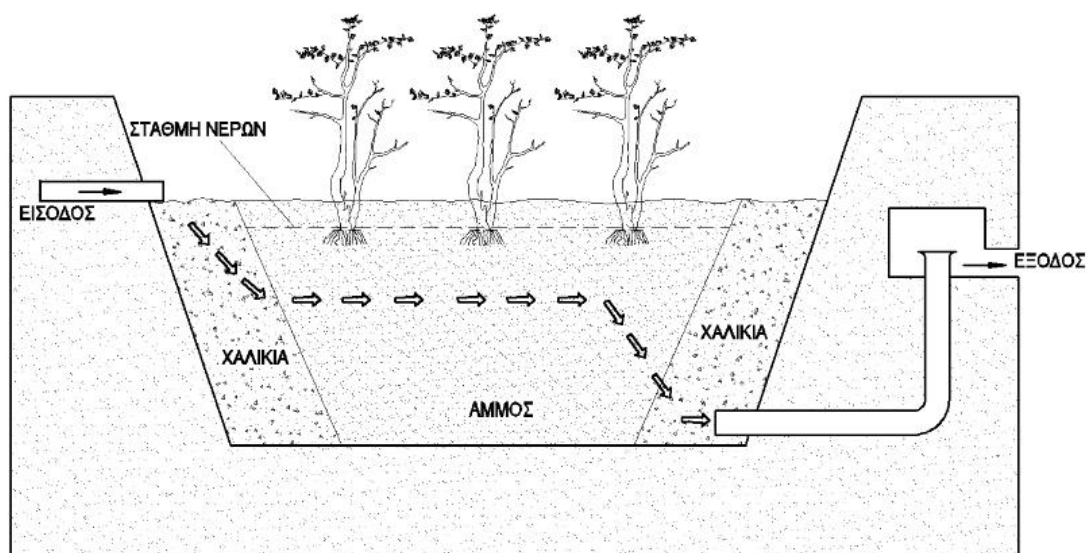
Το επιφανειακό στρώμα των FWS χαρακτηρίζεται από αερόβιες συνθήκες ενώ το πυθμενικό από αναερόβιες συνθήκες. Τυπικά βάθη της υγρής στήλης κυμαίνονται από λίγα cm έως 1m.

Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία των λυμάτων στους τεχνητούς υδροβιότοπους είναι όμοιες με αυτές που συμβαίνουν στα φυσικά οικοσυστήματα. Η αποδόμηση της οργανικής ύλης προκύπτει είτε μέσω αερόβιων είτε μέσω αναερόβιων διεργασιών. Η ισορροπία μεταξύ των διεργασιών αυτών εξαρτάται από το οργανικό φορτίο καθώς και από την παροχή οξυγόνου. Κύρια πηγή του απαραίτητου για τις βιοχημικές διεργασίες οξυγόνου είναι ο επαναερισμός της υγρής στήλης. Το οξυγόνο διοχετεύεται στη στήλη νερού του υδροβιότοπου με διάχυση από τον ατμοσφαιρικό αέρα, μέσω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών, στη στήλη νερού.

Η απομάκρυνση του οργανικού άνθρακα των λυμάτων πραγματοποιείται τόσο από την αιωρούμενη όσο και από την προσκολλημένη βιομάζα. Τα περισσότερα από τα αιωρούμενα στερεά καθιζάνουν και φιλτράρονται στα πρώτα μέτρα πλησίον του σημείου εισόδου στο σύστημα. Η απομάκρυνση του αζώτου πραγματοποιείται λόγω νιτροποίησης στις αεριζόμενες περιοχές και απονιτροποίησης στις ανοξικές. Η απομάκρυνση του φωσφόρου πραγματοποιείται μέσω προσρόφησης και χημικής κατακρήμνισης και είναι κατά κανόνα περιορισμένη (όπως και σε όλα τα φυσικά συστήματα).

Σημαντικό ζήτημα σχετικά με την χωροθέτηση τέτοιων συστημάτων, είναι το ότι οι FWS αποτελούν ιδεώδεις κατοικίες αναπαραγωγής κουνουπιών (που μπορούν να γίνουν φορείς μεταδόσεως νόσων στις γειτονικές περιοχές).

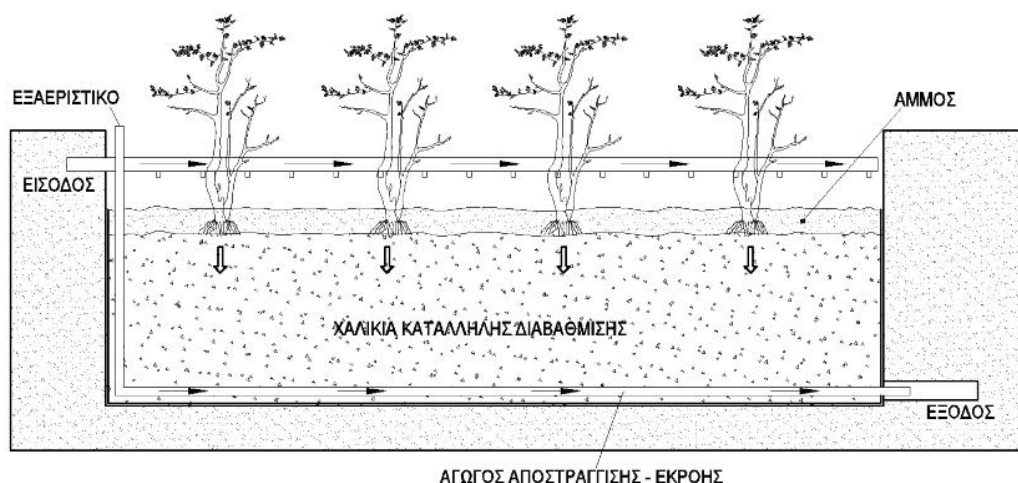
Στους τεχνητούς υδροβιότοπους υποεπιφανειακής οριζόντιας ροής (Subsurface Flow Systems-SFS-HF), τα υγρά απόβλητα τροφοδοτούνται από τη μία άκρη του υδροβιότοπου και οδηγούνται στην έξοδο (αντιδιαμετρικά της εισόδου) καλύπτοντας μία οριζόντια πορεία. Κατά τη διάρκεια αυτής της πορείας έρχονται σε επαφή με ένα σύστημα αερόβιων, ανοξικών και αναερόβιων ζωνών. Οι αερόβιες ζώνες βρίσκονται γύρω από τις ρίζες των αναπτυσσόμενων φυτών του υδροβιότοπου. Το φυτό που συνήθως χρησιμοποιείται είναι το *Phragmites australis*, το κοινώς λεγόμενο καλάμι, το οποίο έχει την ικανότητα να μεταφέρει οξυγόνο από τα φύλλα και μέσω των ριζωμάτων στις ρίζες. Φαίνεται ότι στην περιοχή γύρω από τα ριζώματα, στη λεγόμενη ριζόσφαιρα, αναπτύσσονται οι πληθυσμοί των βακτηρίων. Το οργανικό φορτίο οξειδώνεται από τους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς, ενώ οι νιτροποιητές οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και νιτρικά. Σε περιοχές γύρω και μακριά από τις ρίζες, όπου οι συνθήκες είναι ανοξικές γίνεται η απονιτροποίηση, δηλαδή η μετατροπή των νιτρικών και νιτρωδών ενώσεων σε αέριο άζωτο. Αυτός είναι και ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης αζώτου αφού η πρόσληψή του από τα φυτά θεωρείται αμελητέα. Τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται μέσω καθίζησης και σε μικρές αποστάσεις από το σημείο εισροής του αποβλήτου στο σύστημα, ενώ η απομάκρυνση φωσφόρου σε τέτοια συστήματα είναι εξαιρετικά περιορισμένη, λόγω της περιορισμένης επαφής του αποβλήτου με το έδαφος.



Σχήμα 3.5.1 Τεχνητός υδροβιότοπος οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής

Οι υδροβιότοποι οριζόντιας ροής έχουν περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς οξυγόνου και δεν μπορούν να νιτροποιήσουν σε υψηλούς ρυθμούς, ούτε και να επεξεργαστούν αποτελεσματικά απόβλητα με μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου. Η αδυναμία αυτή οδήγησε τα τελευταία χρόνια στον σχεδιασμό υδροβιότοπων κατακόρυφης ροής.

Οι υδροβιότοποι κατακόρυφης ροής (VF) αποτελούνται συνήθως από στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών (έδαφος, άμμος, χονδρόκοκκα, αδρανή, πλαστικά κ.λπ.), ενώ τα καλάμια φυτεύονται στην άνω στρώση που είναι συνήθως από άμμο. Τα υγρά απόβλητα διερχόμενα κατακόρυφα του υδροβιότοπου συλλέγονται σε ένα δίκτυο αποστράγγισης τοποθετημένο στη βάση του. Οι στρώσεις διαβαθμισμένων υλικών αποστραγγίζουν πλήρως και έτσι επιτρέπεται η είσοδος νέου αέρα ανάμεσα στους πόρους των υλικών. Η επόμενη δόση υγρών αποβλήτων που θα διέλθει του υδροβιότοπου, παγιδεύει τον αέρα στους πόρους, που σε συνδυασμό με τον αερισμό που δημιουργείται από την απότομη εφαρμογή της δόσης δημιουργεί άριστες συνθήκες οξυγόνωσης, διάσπασης του οργανικού φορτίου και νιτροποίησης. Η απομάκρυνση του αζώτου επιτυγχάνεται και στην περίπτωση αυτή μέσω νιτροποίησης – απονιτροποίησης, ενώ η απομάκρυνση φωσφόρου εξαρτάται από τη φύση του εφαρμοζόμενου υποστρώματος. Η απομάκρυνση μετάλλων ποικίλει και επιτυγχάνεται κυρίως με κατακρήμνιση και προσρόφηση, ενώ η απομάκρυνση των παθογόνων οργανισμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δομή του υποστρώματος και την ταχύτητα ροής. Τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται κυρίως με φιλτράρισμά τους στο έδαφος ή το υπέδαφος.



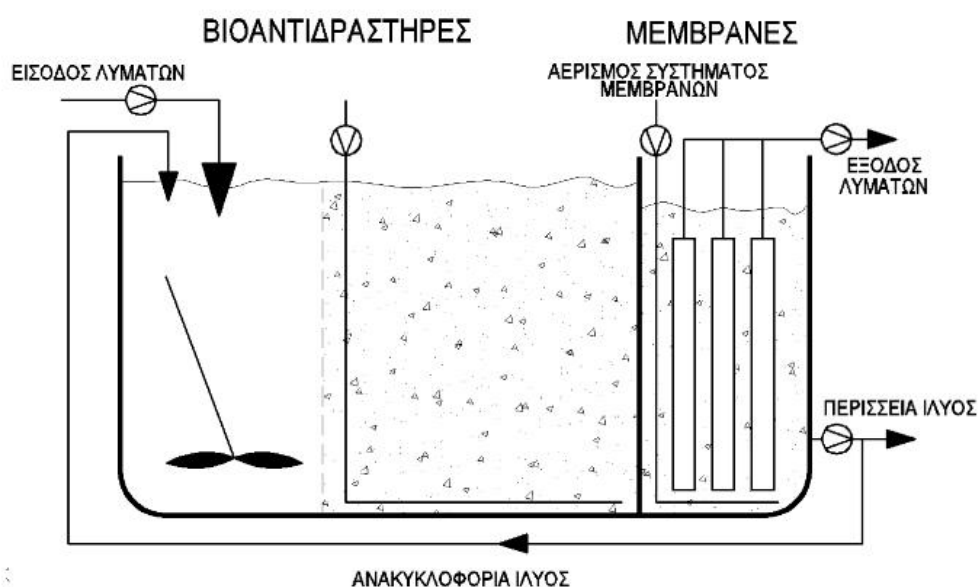
Σχήμα 3.5.2 Τεχνητός υδροβιότοπος κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής

Οι υδροβιότοποι κατακόρυφης ροής πλεονεκτούν ως προς τη μεταφορά οξυγόνου, ωστόσο απαιτείται προσεκτική μελέτη της ποσότητας των υγρών αποβλήτων που θα εφαρμοστεί και της χρονικής περιόδου εφαρμογής της επόμενης δόσης. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι το σύστημα δεν είναι και τόσο αποτελεσματικό, σε ότι αφορά την

απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών, με αποτέλεσμα συχνά να συνδυάζεται με υγροβιότοπο οριζόντιας ροής.

3.6 Μικρό σύστημα MBR

Οι βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (Membrane Bio-Reactors –MBR) αποτελούν εξέλιξη της συμβατικής μεθόδου επεξεργασίας λυμάτων ενεργού ιλύος, στην οποία μεμβράνες μικροδιήθησης (MF) ή υπερδιήθησης (UF) χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό και τη συγκράτηση της αιωρούμενης ιλύος αντικαθιστώντας τις ογκώδεις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης ή /και τα αμμόφιλτρα ενός συμβατικού βιολογικού καθαρισμού.



Σχήμα 3.6.1 Τυπική διάταξη συστήματος MBR

Η ανακυκλοφορία της ενεργού ιλύος γίνεται με ταχείς ρυθμούς της τάξης των $5Q$ (όπου Q η παροχή σχεδιασμού) σε αντίθεση με τα κλασσικά συστήματα ενεργού ιλύος που η ανακυκλοφορία παίρνει τιμές από $0,5-1,5Q$.

Η υψηλή συγκέντρωση της βιομάζας στο βιολογικό αντιδραστήρα, έχει ως συνέπεια την επίτευξη πλήρους διάσπασης της οργανικής ύλης (μικρή ποσότητα πλεονάζουσα ιλύς) και της νιτροποίησης μέσα σε περίπου 3 ώρες.

Το πρόβλημα της έμφραξης των μεμβρανών χρήζει προσοχής καθώς μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία της εγκατάστασης και αντιμετωπίζεται τόσο με την βελτιωμένη ποιότητα μεμβρανών όσο και με την κατάλληλη προεπεξεργασία των λυμάτων. Ως τέτοια νοείται ο αερισμός και η μικροεσχάρωση των εισερχόμενων λυμάτων.

Ο καθαρισμός των μεμβρανών επιτυγχάνεται συνήθως μέσω του αερισμού (μεγάλες φυσαλίδες, MBR) ή με αντίστροφη έκπλυση και κατά τακτά χρονικά διαστήματα με χρήση χημικών διαλυμάτων. Ο αναμενόμενος μέσος χρόνος ζωής μιας τέτοιας μεμβράνης κυμαίνεται από 3-10 χρόνια, γεγονός που εξαρτάται από την ποιότητα των εισερχόμενων λυμάτων, την ποιότητα της μεμβράνης και την μέθοδο προεπεξεργασίας.

Δεδομένου ότι η ιλύς ανακυκλοφορεί συνεχώς στον βιοαντιδραστήρα, που λειτουργεί κάτω από συνθήκες έντονης βιοδιάσπασης της οργανικής ύλης, η πλεονάζουσα ιλύς είναι ποσοτικά πάρα πολύ λίγη σε σχέση με την κλασσική μονάδα ενεργού ιλύος και σημαντικά περιορισμένη σε σχέση με τον παρατεταμένο αερισμό.

Το σύστημα MRB λειτουργεί είτε με εμβαπτιζόμενες μεμβράνες στον βιοαντιδραστήρα (sMBR) είτε με εξωτερικές μεμβράνες (side-stream MBR). Και στις δύο περιπτώσεις, η ωθούσα δύναμη για την απόληψη του επεξεργασμένου υγρού είναι η διαφορά πίεσης διαμέσου της μεμβράνης (trans-membrane pressure) η οποία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μιας αντλίας.

Η μέθοδος MBR διακρίνεται σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους με ειδική χρήση κάθε φορά:

- Αντίστροφης όσμωσης: Με αυτήν τη μέθοδο κατακρατούνται από την μεμβράνη ιόντα, ενώ μικρά μόρια διαλυτικών μέσων όπως το νερό την διαπερνούν.
- Νανοδιήθησης: Ενώ στην αντίστροφη όσμωση κατακρατούνται, σχεδόν πλήρως, οργανικά στοιχεία μοριακής μάζας 150 kg/kmol, στην Νανοδιήθηση είναι εφικτή η συγκράτηση στοιχείων με μοριακή μάζα από 200 mg/kmol.
- Υπερδιήθηση: Η μεμβράνη συγκρατεί μακρομοριακά διασπαρμένα κολλοειδή και γαλακτοποιημένα συστατικά. Χρησιμοποιείται για την κλασματοποίηση χαμηλής μοριακής μάζας διαλυτών ουσιών και μακρομορίων.
- Μικροδιήθηση: Το μέγεθος πόρων αυτής της μεμβράνης είναι μεγαλύτερο από 0,1μm.

Το είδος των μεμβρανών που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως μεμβράνες υπερδιήθησης και λιγότερο συχνά μικροδιήθησης, με μέγεθος πόρων το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 0,04 και 0,4 μm (Judd, 2005). Ως προς το υλικό κατασκευής τους η πλειονότητα των μεμβρανών είναι πολυμερικές (Πολυαιθυλένιο-PE, Πολυπροπυλένιο-PP, Πολυστυρένιο-PS και κυρίως Φθοριούχο Πολυβινυλιδένιο-PVDF) ενώ υπάρχουν στο εμπόριο και ορισμένες κεραμικές μεμβράνες οι οποίες ενώ εμφανίζουν ανώτερη αντοχή σε υδραυλικές, θερμικές και χημικές καταπονήσεις είναι πολύ πιο ακριβές και σχετικά ογκώδεις, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται σε εξειδικευμένες εφαρμογές.

Οι μεμβράνες ως προς την γεωμετρική τους διαμόρφωση χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μεμβράνες κοίλων ινών (Hollow fiber)
- Επίπεδες μεμβράνες (Flat plate)
- Μεμβράνες πολλαπλών σωληνίσκων (Multitube)

Κατά τη δεκαετία το 90 η πτώση της τιμής των μεμβρανών καθώς και τα αυστηρότερα όρια στην περιβαλλοντική νομοθεσία, οδήγησαν σε μια ραγδαία αύξηση του αριθμού των βιοαντιδραστήρων μεμβρανών κυρίως στην Ιαπωνία, στις ΗΠΑ καθώς και στην δυτική Ευρώπη.

Η χρήση μεμβρανών για το διαχωρισμό του υγρού από την αιωρούμενη ιλύ προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με την συμβατική μέθοδο διαχωρισμού. Το βασικό πλεονέκτημα έγκειται στο γεγονός ότι ο διαχωρισμός δεν βασίζεται στην κατακράτηση λόγω βαρύτητας αλλά γίνεται μέσω της διήθησης και του μηχανικού διαχωρισμού της στην επιφάνεια των μεμβρανών.

Η χρησιμοποίηση των μεμβρανών έχει σαν αποτέλεσμα τη σχεδόν ολοκληρωτική κατακράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων, γεγονός το οποίο αντανakλάται στον δείκτη SDI του επεξεργασμένου νερού ο οποίος είναι συνήθως χαμηλότερος από 2-3. Παράλληλα, τα βακτήρια και οι λοιποί μικροοργανισμοί, δεδομένου ότι έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από τους πόρους της μεμβράνης UF, κατακρατώνται στο εσωτερικό του βιοαντιδραστήρα, ενώ και οι ιοί παρόλο που έχουν κατά κανόνα μικρότερο μέγεθος, απορρίπτονται σε σημαντικό βαθμό επειδή είναι κυρίως προσαρτημένοι στη μάζα της αιωρούμενης ιλύος, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα του νερού σε επίπεδο βακτηριδίων και μικροβίων να βρίσκεται πιο κάτω από τα όρια που απαιτεί η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα νερά κολύμβησης.

Αξίζει να σημειωθεί πως η αισθητική της περιοχής που φιλοξενεί μια εγκατάσταση MBR δεν επηρεάζεται αρνητικά, καθώς η εν λόγω μονάδα μπορεί να εγκατασταθεί εντός κτηρίου με οικιστικά χαρακτηριστικά όμοια με εκείνα της περιοχής και να προσαρμοστεί έτσι άριστα με το περιβάλλον (με σχετικά αύξηση του κόστους κατασκευής). Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να ανταπεξέλθει στις μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις που παρουσιάζουν οι τουριστικές περιοχές, με την πρόβλεψη της κατάλληλης δεξαμενής εξισορρόπησης ανάντη του συστήματος των μεμβρανών.

Η μέθοδος MRB παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα :

- Εκροή υψηλής ποιότητας (απόδοση ως προς την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου εκφρασμένου σε BOD5 > 95%).

- Η τελική απορροή εκπληρώνει τα κριτήρια της Οδηγίας 91-271/ΕΟΚ ακόμη και για ισοδύναμους πληθυσμούς >100.000 κατοίκους με εκροή σε ευαίσθητο αποδέκτη. Ομοίως καλύπτονται οι συνήθεις απαιτήσεις για τις μικροβιακές παραμέτρους των υδάτων κολύμβησης χωρίς να απαιτείται περαιτέρω απολύμανση. Τέλος αυξάνει τις επιλογές επαναχρησιμοποίησης του ανακτημένου νερού σύμφωνα με την ισχύουσα σχετική Κ.Υ.Α.
- Δεν παρουσιάζει προβλήματα καθιζησιμότητας της ιλύος .
- Μειωμένες απαιτήσεις του συστήματος σε όγκο.
- Λειτουργεί άριστα και ως αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με μεγάλη ευελιξία ανάλογα με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό.
- Απαιτεί περιορισμένο αλλά ειδικευμένο προσωπικό.
- Εναρμονίζεται απόλυτα με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής καθώς οι απαιτήσεις του σε έκταση είναι οι ελάχιστες δυνατές.
- Προκαλεί την ελάχιστη δυνατή όχληση (δεν παρουσιάζει οσμές κ.λπ. καθώς η λειτουργία γίνεται σε κλειστό κύκλωμα).

Ανάμεσα στα σημαντικότερα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται τα εξής :

- Υψηλό πάγιο κόστος των μεμβρανών.
- Αυξημένο Λειτουργικό κόστος (λόγω της απαίτησης αντικατάστασης των μεμβρανών μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας).
- Περιορισμένη εφαρμογή (σχετικά σύγχρονη τεχνολογία).
- Απαίτηση λεπτοεσχάρωσης ανάντη των μεμβρανών για την αποφυγή προβλημάτων έμφραξης.
- Ανάγκη ύπαρξης δεξαμενής εξισορρόπησης.

4 Εκτίμηση Αναγκών σε νερό άρδευσης Αστικού Πρασίνου στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας

4.1 Υφιστάμενες εκτάσεις αστικού πρασίνου

Η κατανάλωση νερού για άρδευση αστικού πρασίνου περιλαμβάνει την άρδευση πάρκων, νησίδων, πλατειών, πρασιών κτλ, αρμοδιότητας των Δήμων ή του ΥΠΟΜΕΔΙ.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι υφιστάμενοι χώροι αστικού πρασίνου. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τον Οργανισμό Αθήνας και θεωρήθηκε μέση ετήσια στρεμματική κατανάλωση η τιμή των 900 m³/στρέμμα/έτος.

Δήμος	Έκταση (στρ)	Ετήσια Κατανάλωση (m ³)
Χαϊδαρίου	94,74	85.266
Παλαιού Φαλήρου	1005,92	905.328
Πειραιάς	314,17	282.753
Αγ Ιωάννης Ρέντη	160,35	144.315
Καλλιθέα	998,41	898.569
Κερατσίνι	631,87	568.683
Ελληνικό	4890,02	4.401.018
Λυκόβρυση	29,67	26.703
Ν.Ιωνία	68,93	62.037
Ν. Φιλαδέλφεια	545,94	491.346
Πεύκη	107,85	97.065
Άλιμος	1588,65	1.429.785
Δραπετσώνα	293,88	264.492
Πέραμα	53,78	48.402
Γλυφάδα	652,74	587.466
Βούλα	3599,35	3.239.415
Σύνολο	15036,27	13.532.643

Πίνακας 4.1.1.Εκτίμηση καταναλώσεων άρδευσης αστικού πρασίνου ανά Δήμο

(Πηγή :Οργανισμός Αθήνας)

4.2 Ανάπλαση Αστικών Περιοχών

4.2.1 Μητροπολιτικό Πάρκο Ελληνικού

Το Μητροπολιτικό Πάρκο του Ελληνικού είναι ένα υπό δημιουργία πάρκο στο χώρο του πρώην αεροδρομίου στο Ελληνικό.

Η αρχική πρόταση για την υλοποίηση του έργου είχε επιλεγεί το 2003 μετά από διαγωνισμό που προκηρύχθηκε από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση Αρχιτεκτόνων και προέβλεπε 4.010 στρέμματα Μητροπολιτικό Πάρκο, 1.000 στρέμματα για πολεοδομική ανάπτυξη και 290 στρέμματα για νέες υποδομές ή υπάρχουσες εγκαταστάσεις.

Το 2011 ανατέθηκε στον Josep Acebillo & Barcelona Strategic Urban System/BcNSuS η μελέτη για το Ελληνικό, σύμφωνα με αυτήν :



Σχήμα 4.2.1.1: Χρήσεις γης στο Ελληνικό

Η έκταση του πρώην Διεθνούς Αεροδρομίου Ελληνικού είναι 5.300 στρέμματα, από τα οποία 2000 στρέμματα προβλέπεται ότι θα καλύψει το Μητροπολιτικό Πάρκο (1.118.570 αρδευόμενη έκταση), 290 αφορούν νέες υποδομές ή υπάρχουσες εγκαταστάσεις και τα υπόλοιπα στρέμματα θα αξιοποιηθούν για πολεοδομική ανάπτυξη (3.000.000 - 3.200.000 m² δόμηση). Ο καταμερισμός αυτός έχει συναντήσει αντιδράσεις από επιτροπές κατοίκων των γύρω προαστίων, που ζητούν τη διάθεση ολόκληρου του χώρου του πρώην αεροδρομίου για τη δημιουργία πάρκου.

	USES 's AREA M ² IN THE DEVELOPABLE AREA OF THE SITE	USES 's AREA % IN THE DEVELOPABLE AREA OF THE SITE	USE's GROSS FLOOR AREA (GFA) M ²	GFA % IN THE TOTAL GFA OF THE DEVELOPMENT
RESIDENTIAL USES	1.016.321	17%	1.699.612	56%
TOURISM	286.205	5%	276.460	9%
HEALTH & PROVISION	57.232	1%	42.010	1%
BUSINESS	65.746	1%	250.650	8%
MIXED USE	120.465	2%	ACCOUNTED AS 40% RESIDENTIAL, 40% OFFICES & BUSINESS, 10% COMMERCE & 10% LEISURE	ACCOUNTED AS 40% RESIDENTIAL, 40% OFFICES & BUSINESS, 10% COMMERCE & 10% LEISURE
EDUCATION & RESEARCH	365.123	6%	190.712	6%
CULTURE	197.375	3%	139.565	5%
AMENITIES	15.993	0,3%	10.334	0,3 %
COMMERCE	105.027	2%	213.837	7%
LEISURE	69.781	1%	75.790	2%
SPORTS	188.761	3%	32.133	1%
INFRASTRUCTURE	298.967	5%	127.569	4%
METROPOLITAN PARK GREEN AREAS (including streams)	1.185.640	20%		
OPEN SPACES (PARKS, STREAMS, OPEN PUBLIC SPACE, PEDESTRIANS)	654.738	11%	-	-
CIRCULATION ROADS & PEDESTRIAN ROUTES	1.378.238	23%	-	-
TOTAL	6.005.611		3.058.673	

Πίνακας 4.2.1.2: Χρήσεις γης στο Ελληνικό (στρέμματα)

Το Μητροπολιτικό Πάρκο του Ελληνικού, σύμφωνα με τη μελέτη, πρόκειται να ενοποιηθεί με την παράκτια ζώνη του Αγίου Κοσμά, μέσω της μετατόπισης και της υπογειοποίησης της Λεωφόρου Ποσειδώνος. Η παράκτια ζώνη του Αγίου Κοσμά έχει έκταση περίπου 800 στρέμματα, εκ των οποίων 770 είναι ελεύθεροι χώροι. Η ενοποίηση ενός χώρου πρασίνου με ένα τμήμα της παραλιακής ζώνης έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία μιας περιοχής με μοναδικά χαρακτηριστικά κοντά στο κέντρο της πρωτεύουσας.

Ο πρώην κύριος διάδρομος προσγείωσης διατηρείται κατά ένα τμήμα σαν πεζόδρομοι ενώ στο υπόλοιπο προβλέπεται η μετόπιση της Λ Ποσειδώνος, προβλέπεται η διατήρηση του τερματικού σταθμού του Ανατολικού Αεροδρομίου καθώς και του Πύργου Ελέγχου.

Αναλυτικά, το πάρκο θα περιλαμβάνει:

Τους ελεύθερους χώρους του πάρκου. Δηλαδή χώρους πρασίνου, τεχνητές λίμνες και χώρους αναψυχής και περιπάτου.

Εγκαταστάσεις αναψυχής, όπως αθλητικές εγκαταστάσεις μπίτζμπολ, χόκεϊ και σόφτμπολ καθώς και το ολυμπιακό κέντρο κανόε – καγιάκ.

Διάφορες εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης, όπως χώρους στάθμευσης, εγκαταστάσεις ΔΕΗ, κλπ..

Η μέση στρεμματική απαίτηση σε νερό για το πάρκο του Ελληνικού, ανέρχεται περίπου σε $185\text{m}^3/\text{στρέμμα}/\text{έτος}$.

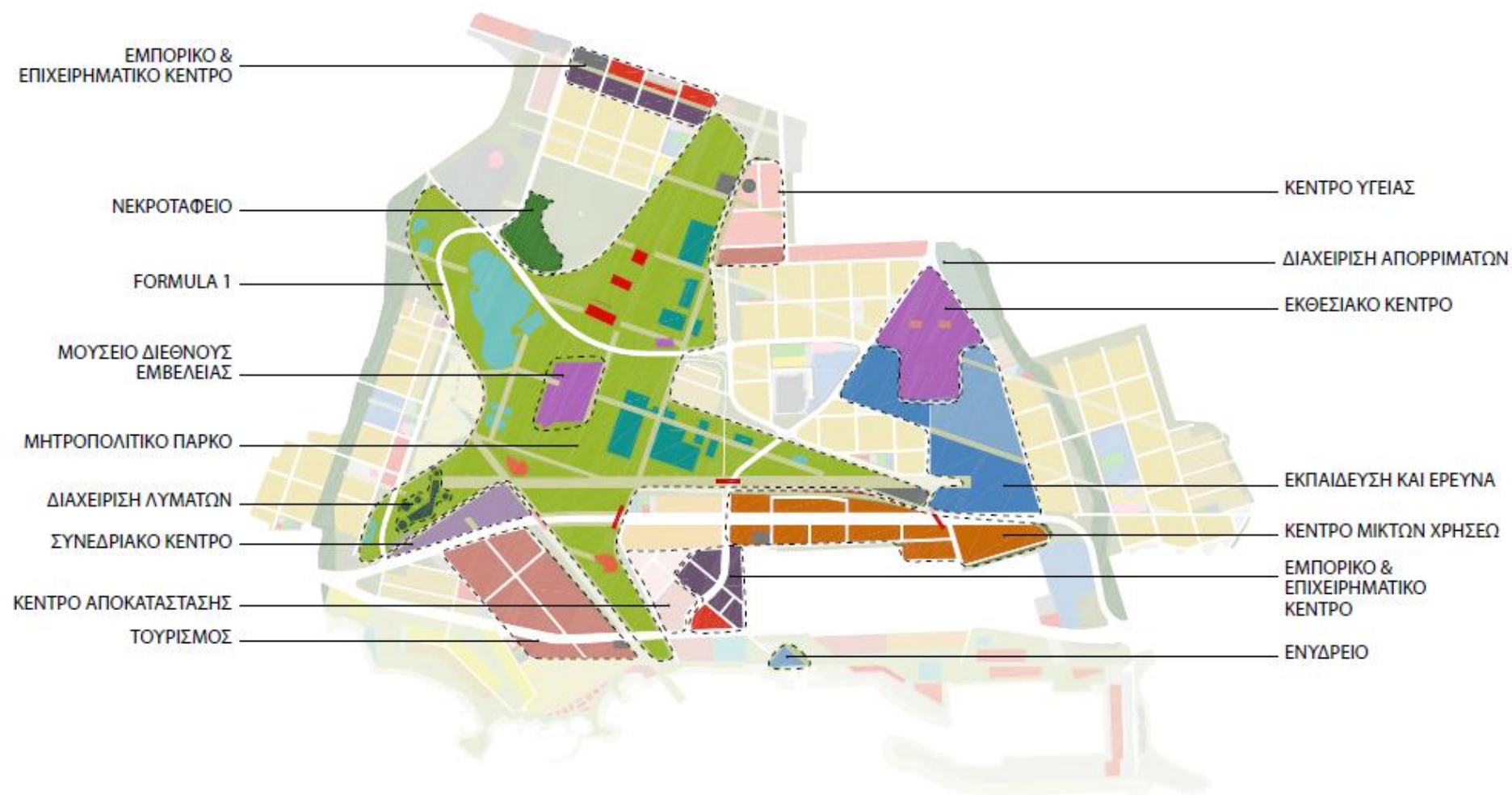
Θεωρώντας ότι στη φάση πλήρους ανάπτυξης οι ανάγκες του πάρκου θα είναι ελαφρώς αυξημένες σε σχέση με το σενάριο που παρουσιάζεται από τη μελέτη του Πάρκου, θεωρείται ετήσια κατανάλωση νερού $200\text{m}^3/\text{στρέμμα}$.

Η μηνιαία κατανομή των καταναλώσεων που προκύπτει για την τελική φάση ανάπτυξης του πάρκου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

	%	Συνολική κατανάλωση (m ³)	Σενάριο κάλυψης 80%
Ιανουάριος	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0
Μάρτιος	5	11.856.400	9.485.120
Απρίλιος	7	16.598.960	13.279.168
Μάιος	13	30.826.640	24.661.312
Ιούνιος	17	40.311.760	32.249.408
Ιούλιος	21	49.796.880	39.837.504
Αύγουστος	19	45.054.320	36.043.456
Σεπτέμβριος	13	30.826.640	24.661.312
Οκτώβριος	5	11.856.400	9.485.120
Νοέμβριος	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0
Σύνολο		237.128.000	189.702.400

Πίνακας 4.2.1.3 Εκτίμηση μηνιαίας κατανάλωσης αρδευτικού νερού για το Μητροπολιτικό Πάρκο Ελληνικού στην τελική φάση ανάπτυξης





Σχήμα 4.2.1.5: Μεικτές χρήσεις γης



Σχήμα 4.2.1.6: Γενική άποψη του Μητροπολιτικού Πάρκου

4.2.2 Ανάπλαση Ελαιώνα

Ιστορικά, η έκταση που καταλαμβάνει σήμερα ο Ελαιώνας ταυτίζεται με τον Ιερό Ελαιώνα των Αθηνών, ο οποίος – βέβαια – ήταν πολύ μεγαλύτερος, καθώς ξεκινούσε από τους πρόποδες της Πάρνηθας και κατέληγε στο Φαληρικό Όρμο. Εκτός από παραγωγική γη, οι κάτοικοι είχαν οικειοποιηθεί τον Ελαιώνα ως χώρο αναψυχής, ηρεμίας και περιπάτου, ενώ κατά τη Βυζαντινή και Μεταβυζαντινή περίοδο χτίστηκαν πολλά εκκλησάκια – σημαντικά μνημεία σήμερα.

Η περιοχή του Ελαιώνα (περίπου 9.000 στρ.), εμπίπτει στα διοικητικά όρια των δήμων Αθηναίων, Αιγάλεω, Περιστερίου, Ταύρου και Αγ. Ιωάννη Ρέντη και καταλαμβάνει κεντρική περιοχή του οικιστικού ιστού της Πρωτεύουσας (απέχει 3 χλμ. από την Ομόνοια). Συνδέει τις αναβαθμισμένες ανατολικές με τις υποβαθμισμένες δυτικές συνοικίες της Αθήνας, επηρεάζει σημαντικά την οικονομική της ζωή και συγχρόνως διαθέτει ελεύθερη γη που θα μπορούσε με κατάλληλες ρυθμίσεις να ανακουφίσει την πνιγμένη με μπετόν, νεφόπληκτη Αθήνα.

Η περιοχή τέμνεται από μεγάλους οδικούς άξονες με διαμπερή κυκλοφορία (Εθνική Οδός, Λ. Αθηνών, Ιερά Οδός, Πέτρου Ράλλη) και από τις γραμμές του ΟΣΕ, ενώ το τοπικό οδικό δίκτυο είναι ανεπαρκές έως ανύπαρκτο.

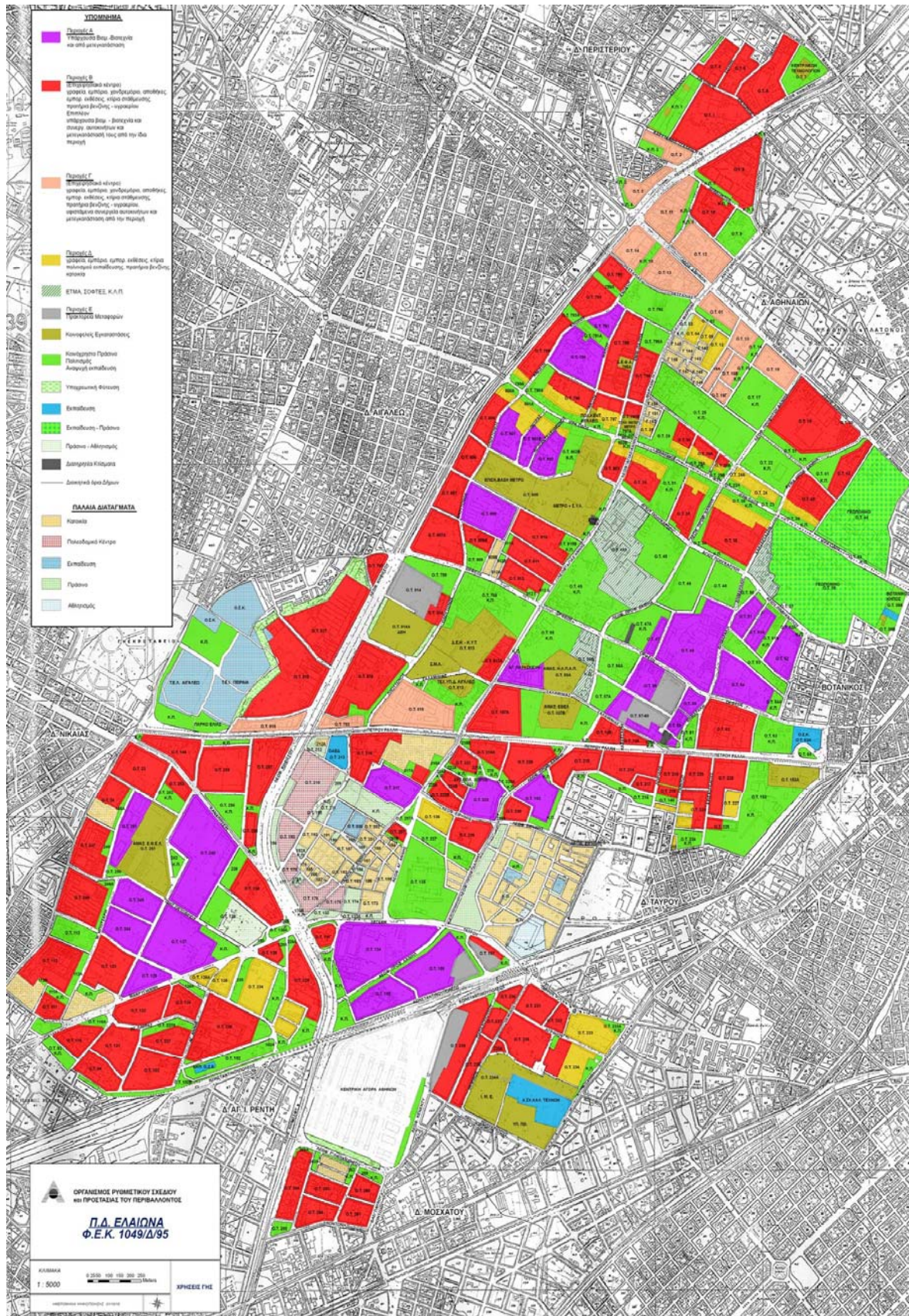
Ο Ελαιώνας ως μεταφορικός κόμβος, αλλά και πόλος βιομηχανικής-βιοτεχνικής δραστηριότητας, αποτελεί σήμερα την πλέον ρυπογόνα περιοχή του λεκανοπεδίου όσον αφορά στα αέρια, στα υγρά, αλλά και στα στερεά απόβλητα. Εκτός όμως από το πρόβλημα της ρύπανσης οι δραστηριότητες στον Ελαιώνα σήμερα προκαλούν τις πρωινές ώρες κυκλοφοριακό «έμφραγμα» στην ευρύτερη περιοχή, λόγω της υπερσυγκέντρωσης φορτηγών αυτοκινήτων, ενώ αντίθετα κατά τη διάρκεια της νύχτας και στις αργίες μετατρέπεται κυριολεκτικά σε «νεκρή ζώνη». Λόγω της απουσίας ρύθμισης και οργάνωσης των δραστηριοτήτων αυτών το συγκεκριμένο κομμάτι του αστικού ιστού καθίσταται πρακτικά απροσπέλαστο και δυσχεραίνει την ανάμειξη με άλλου είδους δραστηριότητες.

Ο Ελαιώνας λειτούργησε ιστορικά ως "αλάνα" απόρριψης των απόβλητων από τον ιστό της πόλης δραστηριοτήτων (μάντρες υλικών, αποθήκες, αμαξοστάσια, πρακτορεία μεταφορών κλπ) και συνεπώς ως καταφύγιο για τις δραστηριότητες αυτές.

Η εκπόνηση του σχεδίου ανάπλασης ξεκίνησε το 1994 μετά από εντολή του Υπουργού ΥΕΧΩΔΕ και εκπονήθηκε από τον Οργανισμό Αθήνας σε συνεργασία με την μελετητική ομάδα του ΕΜΠ. Σύμφωνα με το σχέδιο, προτείνεται αναδιάρθρωση των χρήσεων σ' ολόκληρη την περιοχή και καθορισμός μεγάλων και ενιαίων χώρων πρασίνου.

Πιο συγκεκριμένα:

- Δημιουργεί θύλακες μη οχλούσας βιομηχανίας και βιοτεχνίας, ενώ απομακρύνει τις αντίστοιχες οχλούσες και ιδιαίτερα ρυπογόνες δραστηριότητες.
- Ενισχύει τη δημιουργία μεγάλων και ενιαίων χώρων πρασίνου, εντάσσοντας στο δίκτυο αυτό και τους ιστορικούς χώρους, αναβαθμίζοντας ταυτόχρονα τον άξονα της Ιεράς Οδού και τους παρακείμενους αρχαιολογικούς χώρους του κέντρου της Αθήνας.
- Απελευθερώνει χώρους για πράσινο περιορίζοντας τις κοινωφελείς δημόσιες χρήσεις, όπως ΔΕΗ, ΟΤΕ, ΟΑΣΑ, ΗΛΠΑΠ κτλ, αλλά και θεσμοθετώντας υπόγειους χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων με φύτευση στο επίπεδο του δρόμου.
- Απομακρύνει μεγάλο ποσοστό από τα πρακτορεία μεταφορών και τα υπόλοιπα τα οργανώνει και τα συγκεντρώνει σε θύλακες, έτσι ώστε να μειωθούν οι οχλήσεις που προκαλούν, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση.
- Ενισχύει τις περιοχές κατοικίας, π.χ. Μαρκόνι, με φιλικές ως προς αυτήν χρήσεις, ενώ προβλέπει και ζώνες μεικτών χρήσεων ανάπτυξης επιχειρησιακού κέντρου.



Σχήμα 4.2.2.1: Η χάραξη του ρυμοτομικού σχεδίου και οι χρήσεις που προβλέπει για τον Ελαιώνα το Π.Δ. 1049Δ/1995, (πηγή: ΟΡΣΑ, 1998)

Ο μεγάλος όγκος πρασίνου προτείνεται να αναπτυχθεί στο κέντρο της περιοχής, από Βορρά προς Νότο, ανάμεσα στην οδό Αγ. Άννης και το ρέμα του Προφήτη Δανιήλ.

Προτείνεται επίσης συνεχής ροή χώρων πρασίνου σε ολόκληρη την περιοχή, κατά το δυνατόν ισόρροπα και στους 5 Δήμους. Οι παραπάνω χώροι αναπτύσσονται σε γήπεδα κυρίως ελεύθερα από δόμηση, η συνέχειά τους όμως επιβάλλει σε κάποια σημεία την απομάκρυνση δραστηριοτήτων (μικρών σε αριθμό).

Χώροι πρασίνου προτείνονται επίσης κατά μήκος μεγάλων αξόνων, στα σημεία επαφής της περιοχής με πυρήνες κατοικίας και στις περιπτώσεις ανάδειξης ιστορικών στοιχείων (Ιερά Οδός, Πειραιώς, Αρχαιολογικοί χώροι, Σχολή Καλών Τεχνών κλπ.).

Κατά μήκος της Ιεράς Οδού προτείνονται γραμμικοί χώροι πρασίνου όπου οι ανασκαφές στο απελευθερωμένο πλάτος των 70 περίπου μέτρων θα φέρουν στην επιφάνεια ευρήματα ορατά από τους περαστικούς. Οι γραμμικοί αυτοί χώροι πρασίνου σε 4 σημεία ενισχύονται από κοινόχρηστους χώρους πράσινου ικανού εμβαδού, όπου θα μπορούν να αναπτυχθούν μαζί με το πράσινο πολιτιστικές και άλλες δραστηριότητες, ενώ τα 2 μεγάλα γήπεδα πρασίνου της Γεωπονικής σχολής και ο Βοτανικός Κήπος στην αρχή του δρόμου ολοκληρώνουν την προσπάθεια ανάδειξής της και σύνδεσής της με τους αρχαιολογικούς χώρους του κέντρου της Αθήνας.

Οι παραπάνω χώροι κατ' αρχήν θα φυτευτούν με πυκνό πράσινο, έτσι ώστε αφ' ενός να αποκατασταθεί στην περιοχή η ιστορική της συνέχεια, αφ' ετέρου να αποδοθεί στους κατοίκους των γύρω υποβαθμισμένων περιοχών αλλά και του λεκανοπεδίου γενικότερα, ένα μεγάλο πάρκο πολιτισμού αναψυχής και περιπάτου.

Οι περιοχές πρασίνου καταλαμβάνουν 2.320 στρ., ποσοστό δηλ. 30% του συνόλου της περιοχής, το οποίο θα αυξηθεί ακόμα κατά 1100 στρ. περίπου (14%) από την υποχρεωτική φύτευση ακάλυπτων τμημάτων των ιδιωτικών γηπέδων και την απομάκρυνση σε β' φάση των μονάδων ΕΤΜΑ, ΚΟΠΑΛΙΝ, τμήματος της SOFTEX, κ.α.

Όπως προβλέπεται από το σχέδιο ανάπτυξης η συνολική επιφάνεια πρασίνου που θα περιλαμβάνει το Πάρκο ανέρχεται σε 3.420 στρέμματα. Υιοθετώντας ως μέση στρεμματική κατανάλωση την τιμή των 200m³/στρέμμα/έτος, θεωρώντας ότι λόγω της επιφάνειας του πάρκου δεν θα γίνει εκτεταμένη χρήση φυτών με υψηλές αρδευτικές απαιτήσεις, η μηνιαία κατανομή των καταναλώσεων που προκύπτει για την τελική φάση ανάπτυξης του πάρκου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

	%	Συνολική κατανάλωση (m ³)	Σενάριο κάλυψης 80%
Ιανουάριος	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0
Μάρτιος	5	34.200	27.360
Απρίλιος	7	47.880	38.304
Μάιος	13	88.920	71.136
Ιούνιος	17	116.280	93.024
Ιούλιος	21	143.640	114.912
Αύγουστος	19	129.960	103.968
Σεπτέμβριος	13	88.920	71.136
Οκτώβριος	5	34.200	27.360
Νοέμβριος	0	0	0
Δεκέμβριος	0	0	0
Σύνολο		684.000	547.200

Πίνακας 4.2.2.2 Εκτίμηση μηνιαίας κατανάλωσης αρδευτικού νερού για το Πάρκο Ελαιώνα στην τελική φάση ανάπτυξης

Λόγω της κακής ποιότητας των υπόγειων νερών, που οφείλεται στη ρύπανση από τις βιοτεχνικές και βιομηχανικές δραστηριότητες στην περιοχή, η λύση της άρδευσης από γεωτρήσεις δεν μπορεί να θεωρηθεί επαρκής και αξιόπιστη. Είναι επομένως σκόπιμο να εξεταστεί η κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους των αρδευτικών αναγκών (80%) από επεξεργασμένα λύματα τα οποία θα υπερέχουν ποιοτικά σε σχέση με το νερό των γεωτρήσεων.

Το Προεδρικό Διάταγμα τελικά ακόμα δεν έχει εφαρμοστεί παρά μόνο σε πολύ μικρό ποσοστό, λόγω των δυσκολιών που αντιμετωπίζει σε θέματα απαλλοτριώσεων και απομάκρυνσης χρήσεων, όπως αυτό προβλέπει, π.χ. οχλούσα βιομηχανία-βιοτεχνία. Οι δυσκολίες αυτές προκύπτουν εν μέρει και από την έλλειψη εμπεριστατωμένης μελέτης για το επιχειρησιακό, αλλά και το ανθρώπινο δυναμικό που δραστηριοποιείται σήμερα στον Ελαιώνα, όπως οι πολλές, μικρές επιχειρήσεις, οι οικονομικοί μετανάστες, οι ιδιαίτερα πολυπληθείς τσιγγάνικες κοινότητες και τα χαμηλά οικονομικά στρώματα που κατοικούν ή εργάζονται εκεί. Το αποτέλεσμα είναι η περιοχή του Ελαιώνα να παραμένει σε στάσιμη κατάσταση, ενώ τα προβλήματα να συσσωρεύονται ακόμα περισσότερο.

Τη στάσιμη αυτή κατάσταση ήρθε να ανατρέψει το σχέδιο για τη μετεγκατάσταση του γηπέδου του Παναθηναϊκού από τη λεωφόρο Αλεξάνδρας, το οποίο οδήγησε στον περίφημο Νόμο 3418/2006 για τη διπλή ανάπτυξη. Η κατασκευή του νέου γηπέδου απαιτούσε μεγάλη έκταση, εύκολα προσβάσιμη, σε συνδυασμό με μειωμένο κόστος απαλλοτριώσεων για την εύρεσή της. Επιπλέον, απαραίτητη προϋπόθεση για την ΠΑΕ Παναθηναϊκός ήταν να φτιαχτεί το γήπεδο εντός των ορίων του Δήμου Αθηναίων, λόγω της ιστορικής σύνδεσης της ομάδας με την πόλη. Τις παραπάνω προϋποθέσεις πληρούσε

ικανοποιητικά η περιοχή του Ελαιώνα και συγκεκριμένα το τμήμα που ανήκει στο Δήμο της Αθήνας.

Με γνώμονα, λοιπόν, τα παραπάνω ψηφίζεται ο Ν. 3481/2006, και προτείνεται η «ανταλλαγή» οικοδομήσιμης επιφάνειας και πρασίνου μεταξύ της περιοχής του Ελαιώνα όπου θα κατασκευαστεί το νέο γήπεδο (Βοτανικός) και του οικοδομικού τετραγώνου στη λεωφόρο Αλεξάνδρας όπου θα γκρεμιστεί το παλιό. Πιο συγκεκριμένα προβλέπεται η μεταφορά των τετραγωνικών που επιτρέπεται να οικοδομηθούν στην Λ. Αλεξάνδρας, σύμφωνα με τους ισχύοντες όρους δόμησης, στον Ελαιώνα, ενώ αντίστοιχα η περιοχή μετατρέπεται σε χώρο πρασίνου, ο οποίος κατά μία έννοια αφαιρείται από τον Ελαιώνα ως «αντάλλαγμα».

Το βασικότερο αντεπιχείρημα που προβάλλεται σήμερα κατά της παρέμβασης στον Ελαιώνα και είναι και αυτό για το οποίο κάποιοι από τους κατοίκους της περιοχής προσέφυγαν στο ΣτΕ αφορά στη νομιμότητα των ρυθμίσεων σχετικά με το ποσοστό οικοδόμησης της περιοχής σε αντίθεση με το πράσινο. Η επιτροπή των κατοίκων ζητά την εφαρμογή του Π.Δ., δηλαδή τη μη κατασκευή εμπορικών κέντρων και άλλων χρήσεων, πέραν του γηπέδου ποδοσφαίρου. Όλος ο υπόλοιπος χώρος προτείνεται να γίνει πάρκο.

4.2.3 Ανάπλαση Φαληρικού Όρμου

Η περιοχή του Φαληρικού Όρμου καταλαμβάνει έκταση 800 περίπου στρεμμάτων κατά μήκος ακτογραμμής μήκους περίπου 2 χλμ. και περιλαμβάνει την παραλιακή ζώνη κατάντη των αστικών περιοχών Μοσχάτου, Καλλιθέας και Παλαιού Φαλήρου, από την εκβολή του Κηφισού Ποταμού μέχρι το Δημοτικό Αθλητικό Κέντρο (ΔΑΚ) του δήμου Παλαιού Φαλήρου. Η περιοχή εφάπτεται στον χώρο του παλαιού Ιπποδρόμου στο τέρμα της Λεωφόρου Συγγρού όπου και υλοποιείται το έργο της Λυρικής Σκηνής και της Νέας Εθνικής Βιβλιοθήκης ως Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος (ΚΠΙΣΝ), ενώ προς τα δυτικά εφάπτεται στην περιοχή του Σταδίου Ειρήνης και Φιλίας.

Το masterplan για την ανάπλαση του Φαληρικού Όρμου, που μελετήθηκε από τον αρχιτέκτονα Renzo Piano και αποτελεί χορηγία του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος. Αφορά το μετασχηματισμό σε πάρκο μιας περιοχής έκτασης 530 περίπου στρεμμάτων της παραλιακής ζώνης, από το Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας στην εκβολή του Κηφισού Ποταμού μέχρι και το κλειστό γυμναστήριο Tae Kwon Do.

Η ολοκληρωμένη ανάπλαση του φαληρικού μετώπου επιδιώκει τους εξής στόχους:

- Περιβαλλοντική αναβάθμιση της περιοχής και δημιουργία ενός μητροπολιτικού πάρκου έκτασης περίπου 530 στρεμμάτων με άξονες τη φύση, τον πολιτισμό την άσκηση- άθληση και την ψυχαγωγία.
- Αποκατάσταση της απρόσκοπτης επικοινωνίας του αστικού ιστού με το θαλάσσιο μέτωπο, με τη λειτουργική αναδιάταξη των τεχνικών υποδομών και ειδικώς των συγκοινωνιακών έργων της παράκτιας ζώνης.
- Αποτελεσματική αντιπλημμυρική προστασία της άμεσης και ευρύτερης περιοχής.
- Λειτουργική και αισθητική συνοχή της παραλιακής ζώνης του Παλαιού Φαλήρου με το Πάρκο Πολιτισμού Ιδρύματος «Σταύρος Νιάρχος» και με το πράσινο του Σταδίου Ειρήνης και Φιλίας, αξιοποιώντας και αναβαθμίζοντας τα ήδη υλοποιημένα ολυμπιακά έργα στο φαληρικό μέτωπο, από τον Ιλισό έως το Δέλτα.

Τα κυριότερα επιμέρους έργα που συνθέτουν το ολοκληρωμένο έργο ανάπλασης του φαληρικού μετώπου, συνοψίζονται ως εξής:

- Εγκάρσια μετατόπιση της λεωφόρου Ποσειδώνος: Το τμήμα μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων Κηφισού και Συγγρού, με μήκος περίπου ενός χλμ. μετατοπίζεται μέχρι 90 μ. προς τη θάλασσα, χαμηλώνει και καλύπτεται σε δύο θέσεις, πλάτους 300 μ. περίπου η καθεμιά, οι οποίες μαζί με πρόσθετες εγκάρσιες γεφυρώσεις ενοποιούν απρόσκοπτα τον αστικό χώρο με το παραλιακό μέτωπο.

- Πράσινες «κοιλάδες» ως αντιπλημμυρικά έργα: Στη θέση της υφιστάμενης παραλιακής λεωφόρου που μετατίθεται, υλοποιούνται δυο φυσικές «κοιλάδες» πρασίνου, βατές από πεζούς, μια στο Μοσχάτο και μια Καλλιθέα. Αυτές οι ήπιες εδαφικές πτυχώσεις θα παραλαμβάνουν τις πλημμυρικές παροχές σε περιπτώσεις πολύ έντονης βροχόπτωσης, ενώ όλο τον άλλο καιρό θα αποτελούν πράσινες μεταβατικές ζώνες από την πόλη προς τη θάλασσα.
- Μητροπολιτικό πάρκο: Η ανεκμετάλλευτη σήμερα επιφάνεια της περιοχής αναπλάθεται, ώστε να δημιουργηθεί πάρκο μητροπολιτικής κλίμακας, το οποίο συνδέει φυσικά και ανεμπόδιστα την πόλη με το θαλάσσιο μέτωπό της. Η σύνδεση αναπτύσσεται σε πέντε εγκάρσιους άξονες που αρθρώνουν γραμμικούς περίπατους, με κοινή απόληξη στο στοιχείο του νερού, σε εξέδρες που εισχωρούν στη θάλασσα ως υπόμνηση των εξεδρών που υπήρχαν στο φαληρικό μέτωπο στις αρχές του 20ού αιώνα. Συγχρόνως το υδάτινο στοιχείο διεισδύει στο πάρκο, με τα τρία υγρά κανάλια και με τη διαμόρφωση γραμμικών θαλάσσιων στοιχείων, δημιουργώντας ζωντανούς πόλους αναψυχής και επαναφέροντας την κολύμβηση στον Φαληρικό Όρμο. Στο μητροπολιτικό πάρκο θα εμπεριέχονται, επιπλέον του εκτεταμένου πρασίνου και των χώρων εκτόνωσης στη φύση και στη θάλασσα, λειτουργίες εκπαιδευτικού και ενημερωτικού χαρακτήρα με άξονα τη φύση και την επιστήμη, δραστηριότητες πολιτισμού, αναψυχής, τουρισμού, αθλητισμού και ναυταθλητισμού, άσκησης και αναψυχής, καθώς και μικρής έκτασης και τοπικού ενδιαφέροντος εμπορικές χρήσεις. Επίσης, το μητροπολιτικό πάρκο θα φιλοξενήσει πέντε ειδικές γλυπτικές κατασκευές-τοπόσημα.
- Έργα στη θάλασσα: Περιλαμβάνουν τέσσερις κάθετες στο θαλάσσιο μέτωπο προβλήτες ως επεκτάσεις των θεματικών αξόνων του πάρκου, τη δημιουργία τεχνητής παραλίας στο δυτικό άκρο του μετώπου, κατασκευή δύο τεχνητών νησίδων νότια της τεχνητής παραλίας και την εξέδρα του τοπόσημου στο άκρο της προβλήτας του άξονα πολιτισμού.

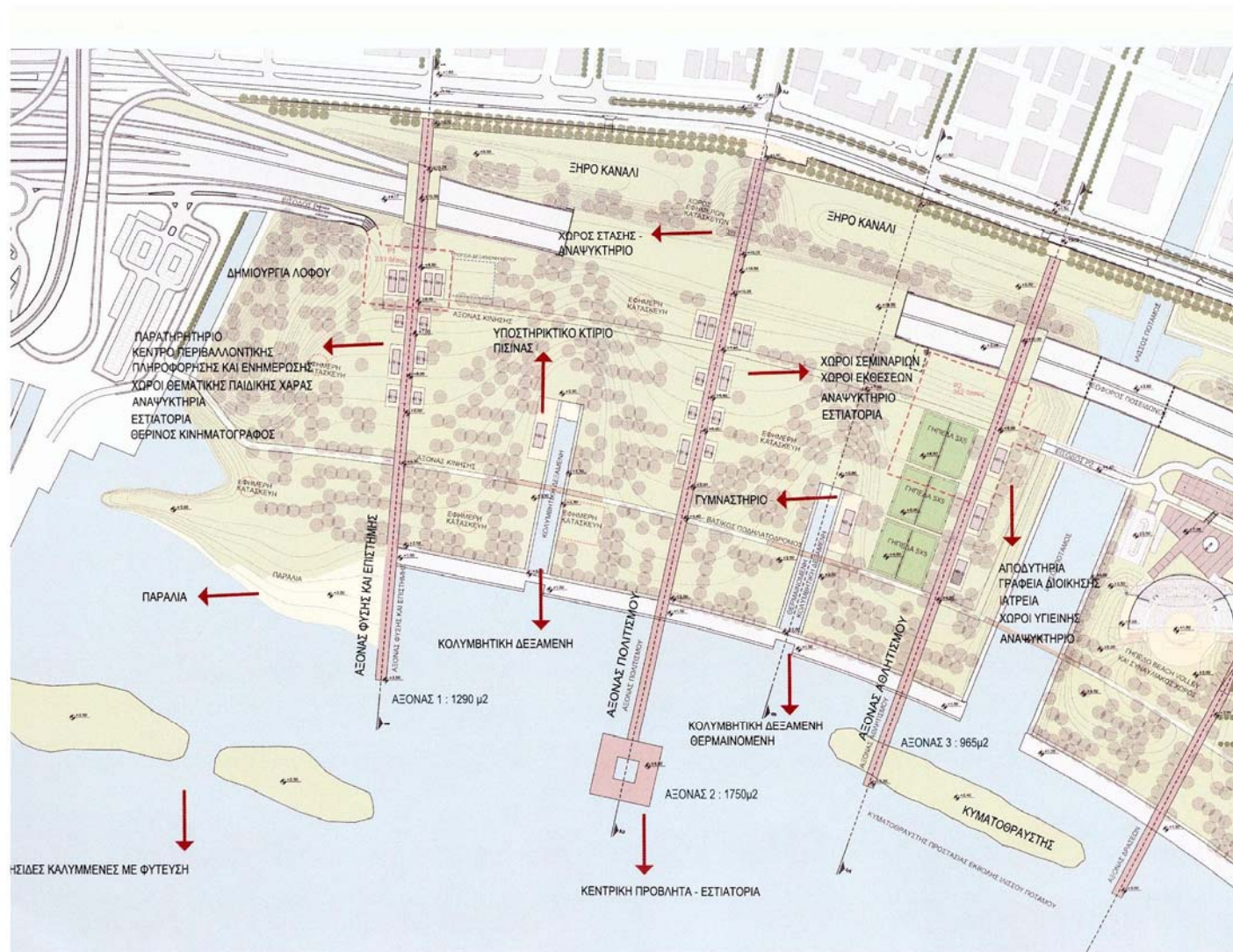
Η κατασκευή του Μητροπολιτικού Πάρκου θα απαιτήσει σημαντικά αυξημένες ποσότητες νερού άρδευσης ($1000\text{m}^3/\text{ημέρα}$) καθώς και, σε εποχιακές περιόδους, ποσότητες γλυκού νερού για την ανάμιξή του με θαλασσινό νερό, με σκοπό τη δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης και συντήρησης του υδροβιοτόπου που πρόκειται να δημιουργηθεί.

Οι αυξημένες ανάγκες σε νερό καθιστούν αντισυμβαλλόμενη την άρδευση με νερό από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ και απαιτούν τη χρήση νερού από άλλες πηγές. Από τη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων από τους μελετητές, επιλέχθηκε η λύση της ανάκτησης νερού με τη χρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων.

Αναλυτικότερα, έχει προταθεί η δημιουργία Κέντρου Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα (ΚΑΝΕ) το οποίο θα επεξεργάζεται μόνο την υγρή φάση των λυμάτων από τον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (ΚΑΑ) Αθηνών, ενώ η συνέχιση της επεξεργασίας της στερεάς φάσης θα γίνεται στο υφιστάμενο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων στην Ψυτάλλεια. Σύμφωνα με την πρόταση, το τελικό προϊόν της επεξεργασίας θα είναι κατάλληλο για άρδευση αστικού πράσινου και για άλλες χρήσεις όπως βιομηχανία, πλύση δρόμων και δημιουργία υγροτόπων και λιμνών αναψυχής. Το ΚΑΝΕ θα έχει δυναμικότητα 1200 m³/ημέρα, που καλύπτουν τις ανάγκες άρδευσης του Οικολογικού Πάρκου και του χώρου μεταξύ Κηφισού και Εσπλανάδας, καθώς και Αγωγού μεταφοράς των επεξεργασμένων λυμάτων από το ΚΑΝΕ μέχρι την υφιστάμενη δεξαμενή, μήκους 3000 μ., από HDPE.



Σχήμα 4.2.3.1: Η Πρόταση Renzo Piano για την ανάπτυξη του Φαληρικού Όρμου



Σχήμα 4.2.3.2: Η Πρόταση Renzo Piano για την ανάπτυξη του Φαληρικού Όρμου

4.2.4 *Κέντρο Πολιτισμού – Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος*

Το Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος αποτελεί δωρεά του Ιδρύματος «Σταύρος Νιάρχος», το οποίο χρηματοδοτεί πλήρως την κατασκευή και τον εξοπλισμό του. Το ΚΠΙΣΝ περιλαμβάνει εκτός από τις εγκαταστάσεις της Λυρικής Σκηνής και τις νέες υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις της Εθνικής Βιβλιοθήκης της Ελλάδος, καθώς και το Πάρκο Σταύρος Νιάρχος, έκτασης 170 στρεμμάτων.

Το Φεβρουάριο του 2008 και έπειτα από έναν κλειστό αρχιτεκτονικό διαγωνισμό, το Διοικητικό Συμβούλιο του Ιδρύματος «Σταύρος Νιάρχος» ανακοίνωσε την επιλογή του για τον αρχιτέκτονα του έργου: το αρχιτεκτονικό γραφείο Renzo Piano Building Workshop

Μέσω περιβαλλοντικά καινοτόμων σχεδίων και πρακτικών, το έργο αποσκοπεί να αποκτήσει την χρυσή τουλάχιστον και ιδανικά την πλατινένια «πράσινη» πιστοποίηση κτιρίων LEED, την πρώτη διάκριση αυτού του είδους στην Ελλάδα, καθώς και την πρώτη για έργο τέτοιας κλίμακας στην Ευρώπη. Η αξιολόγηση LEED είναι σύστημα πιστοποίησης κτιριακών εγκαταστάσεων που αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Συμβούλιο για «Πράσινες» Κτιριακές Εγκαταστάσεις (U.S. Green Building Council – USGBC).

Ο στόχος του έργου, να αποτελέσει υπόδειγμα περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, διαφαίνεται σε όλες τις πτυχές του σχεδιασμού του – από το Πάρκο Σταύρος Νιάρχος, το οποίο λειτουργεί επίσης ως πράσινη σκεπή για την Εθνική Βιβλιοθήκη και την Εθνική Λυρική Σκηνή, ως το Κανάλι, το οποίο παρέχει αντιπλημμυρική προστασία για όλο τον χώρο, και το φωτοβολταϊκό στέγαστρο που παράγει ενέργεια για τις ανάγκες των δύο κτιρίων και συμβάλλει στο στόχο των μηδενικών εκπομπών CO₂.

Το Πάρκο Σταύρος Νιάρχος, το οποίο καταλαμβάνει το 85% της έκτασης του ΚΠΙΣΝ, θα είναι ένας από τους μεγαλύτερους χώρους πρασίνου στην Αθήνα – ανεκτίμητη προσθήκη και ανάσα ζωής σε μια πόλη με τους λιγότερο κατά κεφαλήν χώρους πρασίνου στην Ευρώπη. Το Πάρκο διαθέτει ενδημικά, ανθεκτικά στην ξηρασία φυτά, και οι αλέες από σκιερά δέντρα θα μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου θα καλύπτονται από το φωτοβολταϊκό στέγαστρο, μια μεταλλική κατασκευή 100 μ x 100 μ, η οποία δεσπόζει 14 μέτρα πάνω από το υψηλότερο σημείο του Πάρκου και εκτείνεται πέρα από την περίμετρό του. Το στέγαστρο αποτελεί κατασκευαστικό και μηχανικό επίτευγμα, στηρίζεται από 40 μεταλλικούς στύλους και η παρουσία του εκφράζει την δέσμευση του Ιδρύματος και του Renzo Piano σε περιβαλλοντικά καινοτόμα σχέδια και πρακτικές.

Οι επισκέπτες του Πάρκου μπορούν να ακολουθήσουν μονοπάτια τα οποία οδηγούν σε κορυφή ύψους 32 μέτρων. Κάτω από το έδαφος, βρίσκεται το κτίριο που στεγάζει τη Βιβλιοθήκη και τη Λυρική Σκηνή, προσδίδοντας στο λόφο χαρακτήρα «πράσινης στέγης» του κτίσματος. Μία από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη, η πράσινη στέγη μειώνει σημαντικά τις απαιτήσεις κλιματισμού των κτιρίων και προσδίδει στο έργο, μαζί με το ενεργειακό στέγαστρο, την περιβαλλοντική του καινοτομία και δέσμευση.



Σχήμα 4.2.4.1: Γενική Οριζοντιογραφία της πρότασης Renzo Piano για το ΚΠΙΣΝ



Σχήμα 4.2.4.2: Η Πρόταση Renzo Piano για το ΚΠΙΣΝ



Σχήμα 4.2.4.3: ΚΠΙΣΝ φάση κατασκευής (Salini Impregilo Terna JV, ph. Nikos Daniilidis)

Οι ανάγκες νερού άρδευσης κατά τη λειτουργία του έργου θα είναι ετησίως της τάξης των 37.200 m^3 . Οι απαιτήσεις παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους φτάνοντας τη μεγαλύτερη τιμή τους μήνες Ιούλιο (10.238 m^3), Ιούνιο (9.178 m^3) και Αύγουστο (8.474 m^3).

Δεδομένου των μεγάλων απαιτήσεων νερού άρδευσης εξετάσθηκαν λεπτομερώς στην Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων οι ακόλουθες εναλλακτικές λύσεις κάλυψης των αναγκών:

- Λύση 1: Παροχή νερού από το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ.
- Λύση 2: Συλλογή και χρήση βρόχινου νερού.
- Λύση 3: Παροχή από θάλασσα -Επεξεργασία - Χρήση.
- Λύση 4: Παροχή από γεώτρηση -Επεξεργασία - Χρήση.

Από την συγκριτική αξιολόγηση προέκυψε ότι βέλτιστη λύση κάλυψης των αναγκών άρδευσης του υπό μελέτη έργου αποτελεί η συλλογή του βρόχινου νερού, το οποίο θα καλύπτει τμήμα των αναγκών ($\approx 25\%$), ενώ οι υπόλοιπες ανάγκες θα καλύπτονται από

γεώτρηση (γεωτρήσεις) εντός του οικοπέδου η οποία θα ανορυχθεί για το λόγο αυτό. Το νερό των γεωτρήσεων θα υφίσταται κατάλληλη επεξεργασία σε μονάδα αντίστροφης όσμωσης προτού χρησιμοποιηθεί για την άρδευση των χώρων πρασίνου.

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Οριστικής Μελέτης Περιβάλλοντος χώρου και της Οριστική μελέτη Η/Μ εγκαταστάσεων προέκυψε ότι οι ποσότητες βρόχινου νερού που δύναται να συλλέγονται στη διάρκεια του έτους είναι κατά πολύ μικρότερες από αυτές που εκτιμήθηκαν στην Προμελέτη ενώ και οι απαιτήσεις σε δεξαμενές αποθήκευσης (αριθμός και χωρητικότητα) βρόχινου νερού είναι σημαντικές.

Συνεπώς η βέλτιστη λύση που επιλέγεται (σύμφωνα και με την αξιολόγηση της ΠΠΕ), αφορά στη κάλυψη των αναγκών άρδευσης από γεωτρήσεις εντός του οικοπέδου η οποίες θα ανορυχθούν για το λόγο αυτό. Επισημαίνεται ωστόσο ότι ο σχεδιασμός του Πάρκου (υλικά μονοπατιών κτλ), της διαχείρισης των ομβρίων και της αντιπλημμυρικής προστασίας έγινε με γνώμονα την επίτευξη διήθησης της μέγιστης δυνατής ποσότητας ομβρίων υδάτων με σκοπό τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου από τα όμβρια, από τον οποίο θα αντλούν οι γεωτρήσεις άρδευσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο τα όμβρια ύδατα εξακολουθούν να συμβάλλουν, με διαφορετικό τρόπο, στην εξυπηρέτηση των αναγκών άρδευσης και κατά συνέπεια στην εξοικονόμηση υδατικών πόρων.

Σύμφωνα με την επιλεγείσα λύση για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης του υπό μελέτη έργου, θα εφαρμοστεί άντληση υπόγειων υδάτων από τρεις έως πέντε γεωτρήσεις εντός του οικοπέδου, οι οποίες θα ανορυχθούν για το λόγο αυτό στη βορινή και βορειοανατολική πλευρά του πάρκου.

Λόγω της υψηλής αγωγιμότητας του νερού που προέρχεται από τις συγκεκριμένες γεωτρήσεις θα σχεδιαστεί κατάλληλη μονάδα επεξεργασίας νερού με αντίστροφη όσμωση η οποία θα διοχετεύει τις δεξαμενές αποθήκευσης νερού με νερό χαμηλότερης αγωγιμότητας, κατάλληλο για άρδευση. Παράλληλα θα τοποθετηθούν υπόγειες δεξαμενές νερού άρδευσης συνολικού όγκου περίπου 1.000 m^3 που θα είναι ικανές να καλύψουν τις υδατικές ανάγκες του πάρκου για τρεις (3) ημέρες.

Το προτεινόμενο σύστημα επεξεργασίας νερού θα περιλαμβάνει δύο μονάδες αντίστροφης όσμωσης οι οποίες θα δουλεύουν παράλληλα. Κάθε μονάδα θα έχει δυνατότητα παραγωγής $165 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ επεξεργασμένου νερού (50% της μέγιστης ημερήσιας ζήτησης).

Δεδομένου ότι το προς επεξεργασία νερό είναι υφάλμυρο (όχι θαλασσινό) εκτιμάται ότι το επεξεργασμένο νερό που θα προκύπτει θα αποτελεί 75% της ποσότητας του νερού τροφοδοσίας. Συνεπώς ο απαιτούμενος ρυθμός άντλησης υπογείων υδάτων την περίοδο

αιχμής θα είναι 440 m³/day ώστε να εξασφαλίζονται οι απαιτήσεις σε νερό άρδευσης οι οποίες εκτιμώνται σε 330 m³/ημέρα για την περίοδο αυτή.

Οι ανάγκες σε νερό άρδευσης κατά τη λειτουργία του Κέντρου Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος παρουσιάζονται στους Πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 4.2.4.4: Ετήσια ζήτηση σε νερό άρδευσης ανά κατηγορία φύτευσης

	Φυτεμένα Δώματα	Χλοοτάπητας	Δέντρα	Λοιπές Φυτεύσεις	Σύνολο
Ετήσια Ζήτηση Νερού Άρδευσης (m³/έτος)	5.846	3.110	213	28.048	37.217

Πίνακας 4.2.4.5: Μηνιαία κατανομή των αναγκών άρδευσης

Μήνας	Μηνιαία απαίτηση νερού άρδευσης (m ³ /μήνα)	Ημερήσια απαίτηση νερού άρδευσης (m ³ /ημέρα)
Ιανουάριος	0	0
Φεβρουάριος	0	0
Μάρτιος	372	12
Απρίλιος	1.061	35
Μάιος	4.942	165
Ιούνιος	9.178	296
Ιούλιος	10.238	330
Αύγουστος	8.474	273
Σεπτέμβριος	1.410	47
Οκτώβριος	960	31
Νοέμβριος	581	19
Δεκέμβριος	0	0
Σύνολο	37.216	

Επισημαίνεται ότι όλα τα φυτά που θα χρησιμοποιηθούν στο Πάρκο, είναι ξηρανθεκτικά και κατάλληλα για τις κλιματολογικές συνθήκες.

Για τους καταιονιστήρες και τους νιπτήρες των κτηρίων, θα υπάρχει παράλληλο δίκτυο αποχέτευσης και τα ακάθαρτα θα καταλήγουν σε 3 δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 12 m³ (3 x 4 m³) στο 1ο υπόγειο της Λυρικής Σκηνής, και σε μια δεξαμενή χωρητικότητας 4 m³ στην Εθνική Βιβλιοθήκη και θα επαναχρησιμοποιούνται μετά από επεξεργασία. Το σύστημα επεξεργασίας των ακαθάρτων περιλαμβάνει αρχικά διέλευση των ακαθάρτων από δεξαμενές καθίζησης (προεπεξεργασία). Μετά τη δεξαμενή καθίζησης τα ακάθαρτα θα διέρχονται από φίλτρα και στη συνέχεια θα οδηγούνται στις δεξαμενές αποθήκευσης.

Πριν την επαναχρησιμοποίηση τους τα επεξεργασμένα λύματα θα διέρχονται από μονάδα UV για απολύμανση.

5 Υφιστάμενη Κατάσταση Υπόγειων Νερών

Σχετικά με τα υπόγεια νερά έχουν εκτελεστεί κατά καιρούς τα παρακάτω προγράμματα από τα οποία παρατίθενται συνοπτικά στοιχεία.

5.1 «Ερευνητικό Πρόγραμμα διερεύνησης δυνατοτήτων ανάπτυξης και ανάπτυξης Ολυμπιακών Εγκαταστάσεων στο Αεροδρομίο Ελληνικού», (ΟΡΣΑ – ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2001)

«Η απόδοση οποιονδήποτε υδροληπτικών έργων αναμένεται να μην ξεπερνάει τα 20 m³/h για τις ανατολικές περιοχές ενώ για τις δυτικές, λόγω της γειννίας με τη θάλασσα, η άντληση δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 5-10 m³/24h. Η μεγαλύτερη ποσότητα άντλησης μπορεί να έχει αρνητικότερες συνέπειες με την εισχώρηση θαλάσσιου ύδατος προς την ενδοχώρα.

Η ποιοτική κατάσταση της υδροφορίας της περιοχής, όπως προκύπτει από έρευνες που έχουν πραγματοποιήσει διάφορες υπηρεσίες για τους γειτονικούς δήμους, κρίνεται κακή για υδρευτικούς σκοπούς, αλλά για αρδευτική χρήση ικανοποιητική. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα σε χλωρίοντα που στην παραθαλάσσια περιοχή μπορεί να αποδοθεί στην θαλάσσια προσβολή, αλλά εσωτερικότερα αποδίδεται σε λιθολογικούς παράγοντες και κυρίως σε ανθρωπογενείς αιτίες όπως τα οικιστικά λύματα. Επίσης, λόγω του τελευταίου παράγοντα παρουσιάζονται αυξημένες τιμές σε νιτρικά, πάνω από τα επιτρεπτά όρια.

Συμπερασματικά, με βάση τα προηγούμενα υδρογεωλογικά στοιχεία αλλά και της γεωλογικής δομής, εκτιμάται ότι οι δυνατότητες των υδροφόρων οριζόντων είναι γενικά περιορισμένες για ευρεία μελλοντική εκμετάλλευση, η οποία πρέπει να αντιστοιχεί σε αρδευτικούς σκοπούς και όχι σε υδρευτικούς. Για οποιαδήποτε πιθανή εκμετάλλευση των υπόγειων νερών, θα πρέπει να γίνουν προσπάθειες ώστε να μην επιβαρυνθεί τόσο η ποσοτική όσο και η ποιοτική κατάσταση αυτών και για το σκοπό αυτό, προτείνεται να γίνουν ειδικότερες έρευνες με την αξιοποίηση όλων των στοιχείων που μπορούν να συλλεχθούν από φρεάτια και γεωτρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στους γύρω Δήμους αλλά και μέσα στο χώρο του αεροδρομίου.»

5.2 «Έρευνα Υδρογεωλογικών Συνθηκών και Καθεστώτος Εκμετάλλευσης Υπογείων Νερών Λεκανοπεδίου Αθηνών» (Δεκέμβριος 1997)

Η υπόψη έρευνα πραγματοποιήθηκε το 1997 από τον τομέα Γεωλογικών Επιστημών του ΕΜΠ, για λογαριασμό ΟΡΣΑ.

Για την περιοχή του Αεροδρομίου και των πέριξ περιοχών Αλίμου, Αργυρουπόλεως, Ελληνικού και Γλυφάδας προκύπτουν τα παρακάτω:

- Νοτιοανατολικό Τμήμα – Δήμοι Αγ. Δημητρίου, Αργυρούπολης και Ηλιούπολης

«Πρόκειται για νερά τα οποία είναι γενικά ακατάλληλα για άρδευση.»

- Νότιο Τμήμα – Δήμοι Αλίμου κα Π. Φαλήρου

«Πρόκειται για νερά περιορισμένης καταλληλότητας για άρδευση και θεωρούνται εντελώς ακατάλληλα στις περιπτώσεις εδαφών με περιορισμένη στράγγιση ή καλλιεργειών ευαίσθητων φυτών.»

- Νότιο Τμήμα – Δήμοι Γλυφάδας και Ελληνικού

«Πρόκειται για νερά τα οποία είναι πολύ περιορισμένης καταλληλότητας για άρδευση και θεωρούνται εντελώς ακατάλληλα στις περιπτώσεις εδαφών με περιορισμένη στράγγιση ή καλλιεργειών ευαίσθητων φυτών.

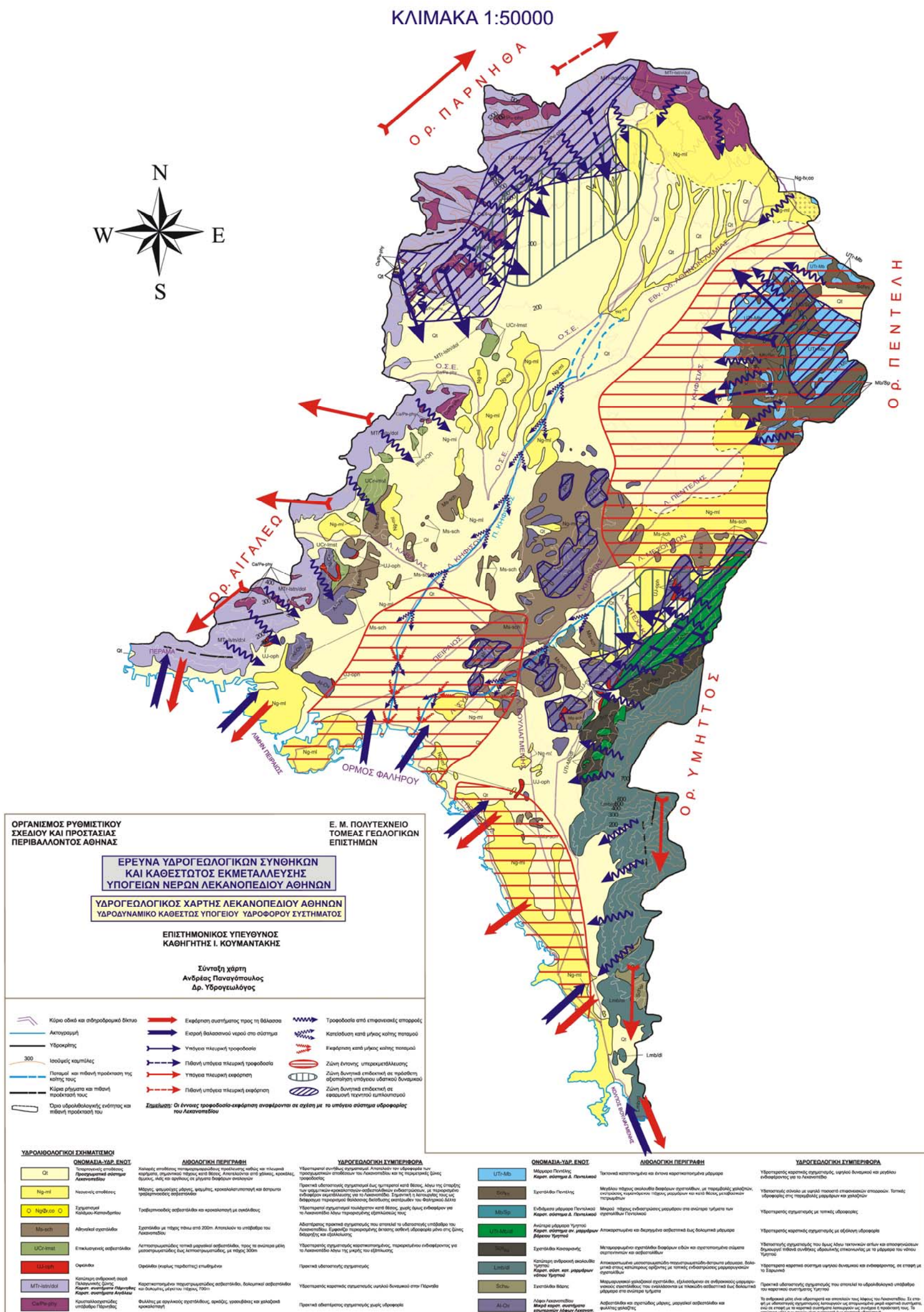
- Νότιο – Ανατολικό Τμήμα

«Η καταλληλότητα τους για άρδευση είναι μέτρια έως κακή λόγω κυρίως της υψηλής επικινδυνότητας αλατότητας»

Η φυσική μέση ετήσια τροφοδοσία των υπογείων υδροφόρων από κατεισδύσεις των βροχών εκτιμήθηκαν σε $35 \times 10^6 \text{ m}^3$. Ο τυχαίος «τεχνητός» εμπλουτισμός από τις διαροές του δικτύου ύδρευσης εκτιμήθηκε σε $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ και από το δίκτυο αποχέτευσης σε $5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Έτσι η συνολική ετήσια τροφοδοσία εκτιμάται ότι ανέρχεται στα $70 \times 10^6 \text{ m}^3$

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



Σχήμα 5.2.1:Υδρογεωλογικός χάρτης Λεκανοπεδίου Αθηνών , εκτός κλίμακας (πηγή: ΟΡΣΑ)

5.3 «Υδρογεωλογική – Γεωτρητική έρευνα σε περιοχές Ολυμπιακών Έργων 2004» (Νοέμβριος 2003)

Η υπόψη έρευνα εκτελέστηκε από το ΙΓΜΕ το 2003 για λογαριασμό του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, με σκοπό την διερεύνηση των δυνατοτήτων διασφάλισης των αναγκαίων ποσοτήτων νερού για την εξυπηρέτηση αρδευτικών αναγκών του πρασίνου που θα αναπτυχθεί σε χώρους Ολυμπιακών Έργων στις περιοχές ΟΑΚΑ, Μαρκόπουλου, Ελληνικού και Καλλιθέας-Φαλήρου.

Από την υπόψη έρευνα προέκυψαν τα ακόλουθα:

- Στην περιοχή του Ελληνικού, Φαλήρου και Καλλιθέας οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται από 1.000 mg/cm μέχρι 2.200 mg/cm. Με βάση την ολική τους σκληρότητα τα νερά ταξινομούνται στα πολύ σκληρά.
- Ο δείκτης SAR κυμαίνεται από 0.99 έως 7.28, γεγονός το οποίο κατατάσσει τα νερά στην ποιότητα της καλής αρδευσιμότητας.
- Η γενική υδροχημική εικόνα των υπογείων νερών από την κακή διαχείριση των υδροσημείων (ιδιωτικά ή σε Δήμους) έχει δημιουργήσει προβλήματα υφαλμύρισης στους παράκτιους υδροφορείς, αλλά και σε υδροφορείς που αναπτύσσονται στην ενδοχώρα.
- Στην εσωτερική ζώνη του Κεντρικού Λεκανοπεδίου της Αθήνας όπου η πολεοδομική κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους είναι έντονη, σημειώνεται και καταγράφεται δευτερογενής ρυπαντική επιβάρυνση, η οποία αυξάνεται σταδιακά και αποκτά μεγαλύτερη ένταση εκεί όπου υπάρχει μεγάλη οικιστική δραστηριότητα και ανάπτυξη (Καλλιθέα κλπ.).
- Η πλέον χαρακτηριστική διαπίστωση είναι ότι, όταν οι παροχές άντλησης των υδροσημείων είναι περιορισμένες 10-12 ώρες κατά τη διάρκεια του 24ώρου και παράλληλα μικρές ωριαίος (6-12 m³/h) η ισορροπία γλυκού και αλμυρού νερού, δεν διαταράσσεται, δεν δημιουργείται δηλαδή πρόβλημα στην χημική ταυτότητα του υπογείου νερού.

Από την ανωτέρω μελέτη προτείνεται πρόγραμμα διαχείρισης και των 16 υδρογεωτρήσεων που έγιναν από το ΙΓΜΕ και το οποίο θα πρέπει να εφαρμοστεί απαρέγκλιτα, προς αποφυγή προβλημάτων που συνήθως παρουσιάζονται στους υδροφορείς και τα οποία αφορούν, αφενός την υποβάθμιση της ποιότητας και κατά ακολουθία την μείωση των ποσοτήτων νερού άρδευσης.

Προτείνεται στο ΟΑΚΑ συνολικά από τις 2 υδρογεωτρήσεις άντληση $480\text{m}^3/24\omega\rho\omicron$, στο Μαρκόπουλο(σκοποβολή) συνολικά από τις 3 υδρογεωτρήσεις άντληση $594\text{m}^3/24\omega\rho\omicron$, στην περιοχή του Ελληνικού συνολικά από τις 2 υδρογεωτρήσεις άντληση $720\text{m}^3/24\omega\rho\omicron$ και στην περιοχή Καλλιθέας-Φαλήρου συνολικά από τις 3 υδρογεωτρήσεις άντληση $405,5\text{m}^3/24\omega\rho\omicron$.

6 Εναλλακτικές Δυνατότητες Κάλυψης των Αναγκών Άρδευσης από Επεξεργασμένα Λύματα

6.1 Κέντρο Επεξεργασίας στον Άγιο Κοσμά

Κατά μήκος της Λεωφόρου Ποσειδώνος στο τμήμα του Αεροδρομίου, λειτουργούν εν σειρά τα μεγάλα αντλιοστάσια ακαθάρτων Α34 και Α33 και οι αντίστοιχοι βασικοί συλλεκτές στο Ελληνικό ακαθάρτων που εξυπηρετούν πυκνοκατοικημένες περιοχές πολλών Δήμων. (Ελληνικού, Γλυφάδας, Βουλιαγμένης κλπ).

Στα πλαίσια του *«Ερευνητικού Προγράμματος διερεύνησης δυνατοτήτων ανάπτυξης και ανάπτυξης Ολυμπιακών Εγκαταστάσεων στο Αεροδρόμιο Ελληνικού, (ΟΡΣΑ-Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 2001)* για την ανάπτυξη του χώρου του Αεροδρομίου και του Αγίου Κοσμά, εξετάστηκαν διάφορες λύσεις σε συνδυασμό και με τα προτεινόμενα άλλα έργα υποδομής (Δρόμοι, Τραμ) και έργα ανάπτυξης του χώρου του Αεροδρομίου και προτάθηκε η κατασκευή εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων σε κατάλληλη θέση μεταξύ του χειμ. Τράχωνες, της προτεινόμενης τότε αντιπλημμυρικής τάφρου και της νέας Λεωφόρου Ελληνικού. Η εγκατάσταση προβλεπόταν να επεξεργάζεται λύματα από τα δίκτυα ακαθάρτων και τα επεξεργασμένα υγρά λύματα να χρησιμοποιούνται κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς σε συνδυασμό και με υπόγεια νερά της περιοχής. Συγχρόνως προβλεπόταν να μην υπάρχουν υπερχειλίσεις των αντλιοστασίων ακαθάρτων απευθείας στην θάλασσα, αλλά να γίνονται στα δίκτυα ομβρίων της Λ. Ποσειδώνος και να καταλήγουν στις τότε προβλεπόμενες τεχνητές λίμνες ομβρίων ή με άντληση απευθείας στον βασικό συλλεκτήρα ομβρίων (Αρ. 2).

Λόγω των αλλαγών που προέκυψαν από τότε στο σχεδιασμό των έργων για την περιοχή του Ελληνικού για την ανάπτυξη των Ολυμπιακών εγκαταστάσεων, την ανάπτυξη του Μητροπολιτικού Πάρκου αλλά και τα έργα άλλων φορέων (Οδικά έργα Παραχώρησης, Τράμ, Μετρό, κλπ) δεν είναι δυνατή η χωροθέτηση της εγκατάστασης στην θέση που προτεινόταν στα πλαίσια του ανωτέρω ερευνητικού προγράμματος του 2001.

6.2 Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα

Στα πλαίσια της «Ολοκληρωμένης Μελέτης Σχεδιασμού και Ανάπτυξης και λοιπές Αναγκαίες Μελέτες και Έρευνες για την κατασκευή των Ολυμπιακών Εγκαταστάσεων Beach Volley και της Ανάπλασης της Περιοχής στο Φαληρικό Όρμο» (ΕΥΔΕ/ ΟΕ 2004, 2001, Μελετητής: ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΕΠΕ) εκπονήθηκε η «Προμελέτη πηγών Νερού Άρδευσης», στην οποία εξετάσθηκαν διάφορες πηγές για αρδευτικό νερό τόσο για τις ανάγκες ανάπλασης του Φαληρικού Όρμου για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004, όσο και για τις αρδευτικές ανάγκες του παραλιακού μέτωπου από το Φάληρο μέχρι τον Άγιο Κοσμά.

Το προβλεπόμενο Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα, προβλέπεται να τροφοδοτείται, ανάλογα με τις ανάγκες νερού (εκτός πόσιμου) στο Λεκανοπέδιο, με λύματα από τον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό Ακαθάρτων (ΚΑΑ) και θα επεξεργάζεται μόνο την υγρά φάση ενώ η στερεή φάση (λάσπη) θα απορρίπτεται και πάλι στον Κ.Α.Α. θα επεξεργάζεται όπως συμβαίνει μέχρι σήμερα στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις στην Ψυτάλλεια.

Με βάση την ανωτέρω μελέτη το Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα, προβλέπεται να εγκατασταθεί σε κατάλληλη θέση πλησίον του Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού Ακαθάρτων (ΚΑΑ) στο τρίγωνο μεταξύ των οδών Αγ. Άννης, Λεγάκη και Λ.Κηφισού. Η θέση που έχει επιλεγεί έχει χαρακτηριστεί ζώνη πρασίνου και παλαιότερα είχε προταθεί από τον ΟΡΣΑ για την εγκατάσταση κέντρου τοξικών αποβλήτων, ενώ παράλληλα οι αγωγοί που προβλέπονται για ανανέωση των υδάτων του Κηφισού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μεταφορά του νερού άρδευσης.

Σύμφωνα με την ανωτέρω μελέτη το τελικό προϊόν της επεξεργασίας προβλέπεται να είναι κατάλληλο για άρδευση αστικού πράσινου και άλλες χρήσεις όπως βιομηχανία, πλήυση δρόμων, αναβάθμιση περιοχών και δημιουργία υγροτόπων και λιμνών αναψυχής.

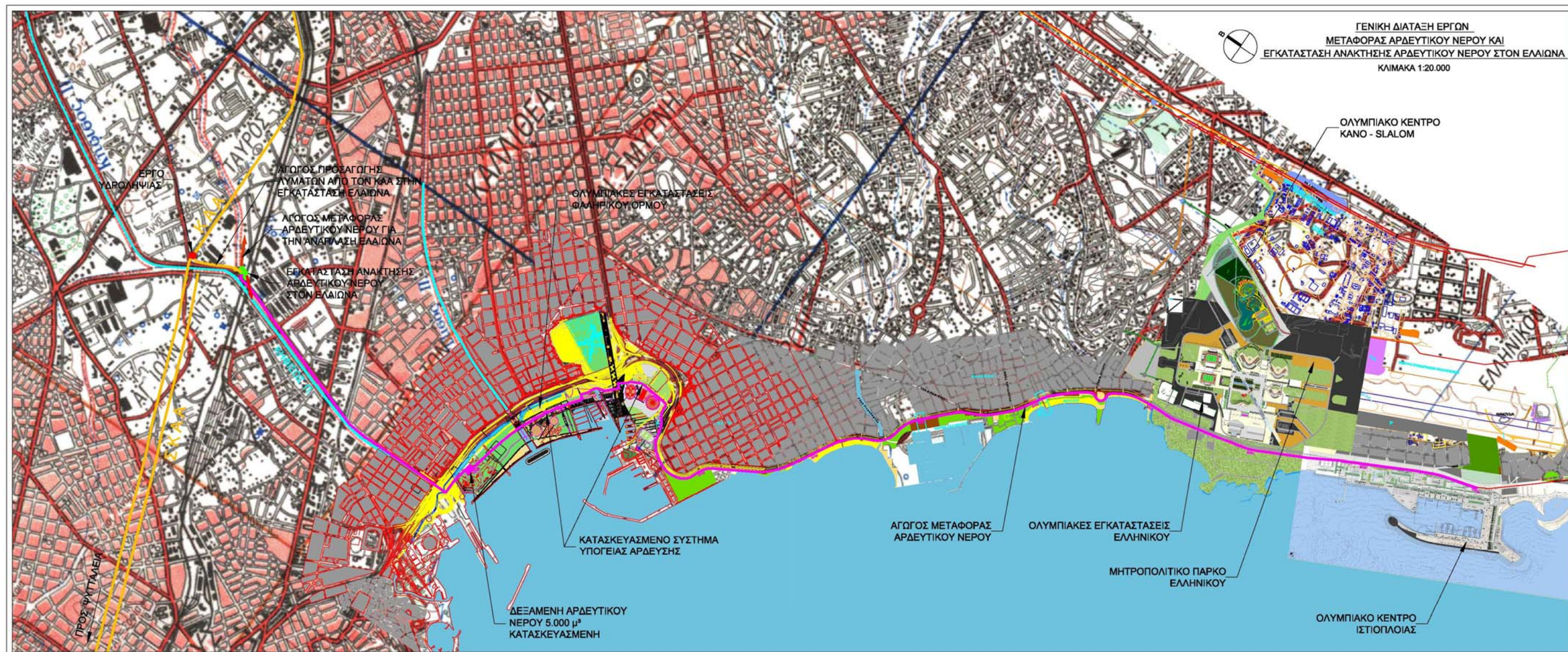
Η διαδικασία καθαρισμού των αποβλήτων προβλέπεται να περιλαμβάνει δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια επεξεργασία της υγρής φάσεως και απολύμανση. Η τριτοβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνει φιλτράρισμα και απολύμανση με χρόνο επαφής τουλάχιστον 2 ώρες.

Με βάση τα παραπάνω και τις ανάγκες σε αρδευτικό νερό στο παραλιακό μέτωπο στα πλαίσια της ανωτέρω μελέτης εξετάσθηκε:

- Για την δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία η μέθοδος «Προσκολλημένης Βιομάζας» Βιοδίσκοι ή Βιοφίλτρα επειδή στην συγκεκριμένη εγκατάσταση θα γίνεται επεξεργασία μόνο της υγράς φάσεως και η επεξεργασία της ιλύος θα γίνεται στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις στην Ψυτάλλεια όπως γίνεται και σήμερα.
- Για την τριτοβάθμια η μέθοδος της διύλισης με αυτόματα καθαριζόμενα φίλτρα και απολύμανση. Δεν προτάθηκε αφαίρεση φωσφόρου και αζώτου επειδή τα επεξεργασμένα λύματα θα χρησιμοποιηθούν κυρίως για άρδευση.

Η δυναμικότητα της μονάδας θα είναι 1.200 m³/ημέρα. Σημειώνεται ότι με βάση την ανωτέρω μελέτη το Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να επεκτείνεται σταδιακά ανάλογα με τις ανάγκες και το παραγόμενο ανακτημένο νερό θα ανταποκρίνεται πλήρως σε όλες τις απαιτήσεις για απεριόριστη άρδευση.

Το κόστος κατασκευής της μονάδας έχει υπολογιστεί σε 1,5 εκ. ευρώ. συμπεριλαμβανομένων και των έργων υδροληψίας από τον Κ.Α.Α.



Σχήμα 6.2.1: Γενική διάταξη αρδευτικών έργων από το προτεινόμενο Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα, εκτός κλίμακας (πηγή: ΟΡΣΑ)

6.3 Στρατηγικό Σχέδιο (Masterplan) για την επαναχρησιμοποίηση των εκροών των ΕΕΛ στην Αττική.

Το 2008 ανατέθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ στην εταιρεία ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΠΕ η εκπόνηση ενός στρατηγικού σχεδίου (Masterplan) για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων εκροών των κέντρων επεξεργασίας λυμάτων στα πλαίσια της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Αττική.

Το προτεινόμενο σχέδιο επαναχρησιμοποίησης είναι το ακόλουθο:

Καθορίζονται δύο στάδια ανάπτυξης που αντιστοιχούν στις Φάσεις Α' και Β, με ενδεικτικούς χρονικούς ορίζοντες τα έτη 2015 και 2025 αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το προτεινόμενο σχέδιο διαχείρισης, προτείνεται η αξιοποίηση των εκροών από τα ΚΑΝΝΕ που θα δημιουργηθούν στις ακόλουθες ΕΕΛ :

ΕΕΛ Ψυτάλλειας: Προτείνεται η κατασκευή ΚΑΝΝΕ δυναμικότητας 50-60.000m³/d με προοπτική αύξησης σε 140. 000m³/d . Το κόστος επένδυσης για τις πρόσθετες μονάδες τριτοβάθμιας επεξεργασίας εκτιμάται σε 11,3 εκ. € για δυναμικότητα ΚΑΝΝΕ 60.000m³/d και σε 25 εκ. € για δυναμικότητα ΚΑΝΝΕ 140.000m³/d.

ΕΕΛ Θριασίου : Δεν θεωρείται αναγκαία η κατασκευή συμπληρωματικών έργων.

ΕΕΛ Μεταμόρφωσης : Προτείνεται η αναβάθμιση της ΕΕΛ και η μετατροπή της σε ΚΑΝΝΕ δυναμικότητας 25.000m³/d με προοπτική αύξησης σε 35-45.000m³/d . Το κόστος επένδυσης για τις πρόσθετες μονάδες τριτοβάθμιας επεξεργασίας εκτιμάται σε 3,1 εκ. € για δυναμικότητα ΚΑΝΝΕ 25.000m³/d και σε 5,6 εκ. € για δυναμικότητα ΚΑΝΝΕ 45.000m³/d. Στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται και επέκταση – αναβάθμιση των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας και πιθανόν των εγκαταστάσεων εοξεργασίας ιλύος της ΕΕΛ.

ΕΕΛ Μεγάρων : Προτείνεται κατασκευή ΚΑΝΝΕ δυναμικότητας 6.000m³/d με προοπτική αύξησης σε 12-15.000m³/d . Το κόστος επένδυσης για τις πρόσθετες μονάδες τριτοβάθμιας επεξεργασίας εκτιμάται σε 0,9 εκ. € για δυναμικότητα ΚΑΝΝΕ 6.000m³/d και σε 1,9 εκ. € για δυναμικότητα ΚΑΝΝΕ 15.000m³/d. Στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται και επέκταση – αναβάθμιση των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας και πιθανόν των εγκαταστάσεων εοξεργασίας ιλύος της ΕΕΛ.

Το συνολικό κόστος παραγωγής ΑΝΕΛ για τις εξεταζόμενες στη μελέτη συνθήκες (συμπεριλαμβανομένης της ούτως ή άλλως υποχρεωτικής επεξεργασίας των λυμάτων) εκτιμάται σε 0,40 – 0,60 €/ m³ περίπου, εκ των οποίων το επιμέρους κόστος για την τριτοβάθμια επεξεργασία εκτιμάται σε 0,15 έως 0,25 €/ m³.

Στην ανωτέρω δαπάνη θα πρέπει να προστεθούν :

- Το κόστος επενδύσεων (ανηγμένο) για την κατασκευή των δικτύων μεταφοράς, αντλιοστασίων, έργων αποθήκευσης κλπ., που εκτιμήθηκε σε 0,04 €/ m³
- Το κόστος ενέργειας για τη μεταφορά, που υπολογίζεται ότι ανάλογα με την απόσταση μεταφοράς και την διαφορά υψομέτρου θα κυμαίνεται από 0,1 έως 0,8 kWh/ m³ (που αντιστοιχεί σε 0,01 – 0,06 €/ m³ περίπου).

Συνεπώς το πρόσθετο κόστος για την παραγωγή και διάθεση στους καταναλωτές 1m³ ΑΝΕΛ (χωρίς να υπολογίζεται το κόστος για την αποχέτευση και βασική επεξεργασία λυμάτων) θα κυμαίνεται από 0,25 έως 0,35 €/ m³ περίπου.

7 CASE STUDY: Αποκεντρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με MBR

Στην παρούσα θα εξεταστεί ένα σύστημα αποκεντρωμένης επεξεργασίας λυμάτων με βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (Membrane Bio-Reactors –MBR) το οποίο θα εξυπηρετεί τις ανάγκες άρδευσης του Κέντρου Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος.

7.1 Δεδομένα σχεδιασμού

7.1.1 Παροχή σχεδιασμού –Ρυπαντικά φορτία

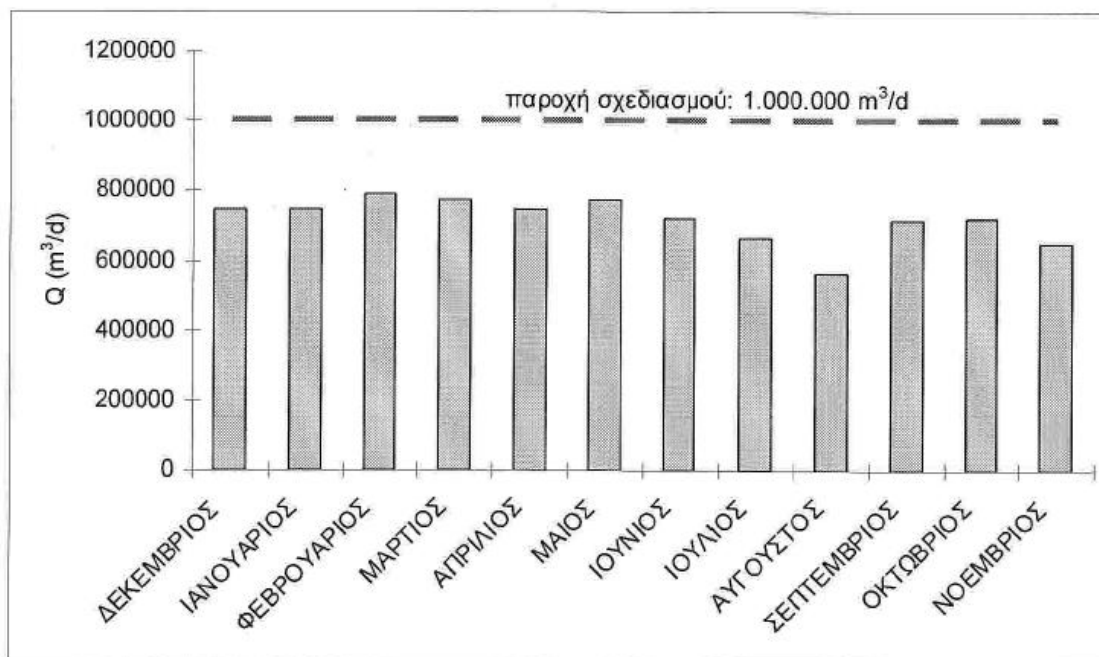
Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι ανάγκες άρδευσης του ΚΠΙΣΝ:

Πίνακας 7.1.1.1: Μηνιαία κατανομή των αναγκών άρδευσης

Μήνας	Μηνιαία απαίτηση νερού άρδευσης (m ³ /μήνα)	Ημερήσια απαίτηση νερού άρδευσης (m ³ /ημέρα)
Ιανουάριος	0	0
Φεβρουάριος	0	0
Μάρτιος	372	12
Απρίλιος	1.061	35
Μάιος	4.942	165
Ιούνιος	9.178	296
Ιούλιος	10.238	330
Αύγουστος	8.474	273
Σεπτέμβριος	1.410	47
Οκτώβριος	960	31
Νοέμβριος	581	19
Δεκέμβριος	0	0
Σύνολο	37.216	

Η μονάδα θα διαστασιολογηθεί για παροχή 330 m³/d, θεωρούμε $Q_{αιχ} = 1,58 Q_{ημερσία} = 6,03 \text{ l/s}$

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων λήφθηκαν από την «Εμπειρογνωμοσύνη σχετικά με τις επικαιροποιημένες συνθήκες λειτουργίας του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας (Κ.Ε.Λ.Ψ)» Ιούλιος 2009.



Σχήμα 7.1.1.2:Μηνιαία διακύμανση των εισερχόμενων στο ΚΕΛΨ μέσω ημερήσιων παροχών

Ρυπαντικά φορτία εισόδου στην εγκατάσταση				
	Φορτία σχεδιασμού	Φορτία λειτουργίας		
		Χρονοσειρά 1/12/07- 31/11/08	Θερινή περίοδος 1/5/08- 31/11/08	Χειμερινή περίοδος 1/12/07- 31/4/08
BOD₅ (kg/d)				
Μέση τιμή	226.000	239.955	197.898	277.297
Αιχμή*	338.000	360.445	286.235	379.373
COD (kg/d)				
Μέση τιμή	532.000	517.250	456.570	563.769
Αιχμή *	709.000	683.818	601.467	754.500
SS (kg/d)				
Μέση τιμή	238.000	253.955	213.198	288.934
Αιχμή *	447.000	373.148	297.120	397.214
TN (kg/d)				
Μέση τιμή	41.500	42.195	36.536	47.959
Αιχμή *	49.000	56.626	50.700	56.197

* Για το 95% των δειγμάτων

Σχήμα 7.1.1.3:Σύγκριση φορτίων σχεδιασμού με φορτία λειτουργίας στην είσοδο του ΚΕΛΨ

Έχουμε :

Qκαλοκαίρι (m ³ /d)	330
BOD5 (mg/l)	282,71
COD (mg/l)	652,24
SS (mg/l)	304,57
TN (mg/l)	52,19
TP (mg/l)	10

Για το σχεδιασμό της εγκατάστασης ελήφθησαν οι ακόλουθες θερμοκρασίες λυμάτων:

Θερμοκρασία λυμάτων	Χειμώνας 12° C	Θέρος 22° C
---------------------	-------------------	----------------

7.1.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά επεξεργασμένων λυμάτων

Η λειτουργία της εγκατάστασης θα είναι ικανή να επιτύχει κατ' ελάχιστο τα όρια εκροής που για απεριόριστη άρδευση δηλαδή :

Πίνακας 7.1.2.1: Ανώτατα όρια εκροής επεξεργασμένων λυμάτων

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	M.M.	Τιμή
Βιοχημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο BOD ₅	mg/l	≤ 10
Αιωρούμενα Στερεά SS	mg/l	≤ 10
Ολικό Άζωτο N	mg/l	≤ 15
Αμμωνιακό Άζωτο N	mg/l	≤ 2
Νιτρικό Άζωτο	mg/l	≤ 11
Λίπη- έλαια	mg/l	0
Επιπλέοντα στερεά	mg/l	0
Καθιζάνοντα στερεά	mg/l	≤ 0,3
E. Coli	/100ml	≤ 5
Θολότητα (NTU)	ntu	≤ 2

7.2 Τεχνική Περιγραφή

7.2.1 Σημείο λήψης λυμάτων

Η περιοχή εξυπηρετείται από τοπικό δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων.

Οι κύριοι συλλεκτές του αποχετευτικού δικτύου της ΕΥΔΑΠ στην ευρύτερη περιοχή είναι οι ακόλουθοι:

- Ο Παραλιακός Συλλεκτής ξεκινά από την περιοχή της Βάρκιζας και τελειώνει στην περιοχή της Αμφιθέας. Για τη λειτουργία του Παραλιακού Συλλεκτήρα κατασκευάστηκε μια αλληλουχία ενδιάμεσων αντλιοστασίων, τα οποία σταδιακά ανυψώνουν τα λύματα των χαμηλών παραλιακών περιοχών προς τους καταθλιπτικούς αγωγούς και αγωγούς βαρύτητας για να καταλήξουν στον ΚΑΑ και από κει στην εκβολή του Ακροκεράμου. Τα παραπάνω αντλιοστάσια λειτουργούν είτε κατά ομάδες είτε με διάταξη αλυσίδας. Στην πρώτη περίπτωση τα λύματα μερικών τοπικών αντλιοστασίων ωθούνται προς ένα επικεφαλής αντλιοστάσιο από το οποίο ωθούνται προς τον ΚΑΑ. Στη δεύτερη περίπτωση τα λύματα αντλούνται διαδοχικά από το ένα αντλιοστάσιο στο επόμενο με δίδυμους καταθλιπτικούς αγωγούς καταλήγοντας τελικά στον ΚΑΑ (τα αντλιοστάσια της παραλίας από Βάρκιζα μέχρι Αμφιθέα και από Πέραμα μέχρι Μοσχάτο).
- Ο Ανακουφιστικός Καταθλιπτικός Αγωγός (ΑΚΘ) άγει τα λύματα των περιοχών του Μοσχάτου, της Νέας Σμύρνης, του Παλαιού Φαλήρου στον ΚΑΑ μέσω Αγ Άννης και Μακρυγιάννη.

Το αντλιοστάσιο στην ευρύτερη περιοχή από το οποίο μπορούν να αντληθούν 330m³/d βρίσκεται στην Πλατεία Μεταμορφώσεως Σωτήρος στο Μοσχάτο (απόσταση περίπου 2Km) το οποίο έχει παροχή 10.000m³/d και Ημανομετρικό 26m.

7.2.2 Αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης

Τα λύματα οδηγούνται στο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης της εγκατάστασης.

Ο χώρος είναι ενιαίος και διαμερισματοποιείται σε δύο θαλάμους από ένα ενδιάμεσο τοίχιο. Οι διαστάσεις των θαλάμων καθώς και η δυναμικότητα του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών της παροχής.

Στον χώρο άφιξης εισέρχεται ο αγωγός μεταφοράς των λυμάτων, κάτω από τον οποίο τοποθετείται ένας εσχαροκάδος από ανοξείδωτο χάλυβα, με διάκενα 50 mm στον οποίο συγκρατούνται όλα τα ευμεγέθη φερτά υλικά. Ο εσχαροκάδος τοποθετείται πάνω σε βάση και φέρει αλυσίδα προκειμένου αυτός να ανυψώνεται και να καθαρίζεται. Για το λόγο αυτό

η πλάκα του θαλάμου φέρει ορθογωνική οπή με καπάκι από μπακλαβαδωτή λαμαρίνα, γαλβανισμένη εν θερμώ. Όλα τα μεταλλικά υλικά του εσχαροκάδου και του παρελκόμενου εξοπλισμού του κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα.

Ο χώρος των αντλιών χωρίζεται σε δύο ανεξάρτητα μέρη, μέσω διαχωριστικού τοιχίου το οποίο στη βάση του φέρει θυρόφραγμα απομόνωσης. Στον χώρο των αντλιών τοποθετούνται δύο (2) υποβρύχιες φυγοκεντρικές αντλίες δυναμικότητας $100\text{m}^3/\text{h}$ στα 8μη καθεμία. Κάθε αντλία τοποθετείται επί κατάλληλου πέλματος επικαθίσεως που στερεώνεται στο σκυρόδεμα του πυθμένα του υγρού θαλάμου και περιλαμβάνει την φλάντζα με τον καταθλιπτικό αγωγό και κατάλληλο κατακόρυφο οδηγό ανέλκυσης - καθέλκυσης, κατασκευασμένο από γαλβανισμένο εν θερμώ χαλυβδοσωλήνα, βαρέως τύπου. Η αντλία μέσω του οδηγού ολισθαίνει ελεύθερα και εμπλέκεται ή απεμπλέκεται αυτόματα στην φλάντζα του καταθλιπτικού αγωγού, χωρίς να απαιτείται επίσκεψη στο εσωτερικό του υγρού θαλάμου για τη σύνδεση ή αποσύνδεσή της.

Ο έλεγχος της εκκίνησης και στάσης των αντλιών γίνεται αυτόματα με διακόπτες στάθμης μέσω PLC. Ο χειρισμός τους μπορεί να γίνεται επίσης χειροκίνητα από τα τοπικά χειριστήρια. Η λειτουργία τους εναλλάσσεται αυτόματα προκειμένου να επιτευχθεί ομοιόμορφη φθορά ενώ σε περίπτωση βλάβης θα τίθεται αυτομάτως σε λειτουργία η εφεδρική.

Για να είναι δυνατή η ανέλκυση – καθέλκυση των αντλιών, η πλάκα του αντλιοστασίου φέρει δύο (2) ορθογωνικές οπές με κάλυμμα από γαλβανισμένη εν θερμώ λαμαρίνα. Επίσης, για την μεταφορά των αντλιών, εγκαθίσταται μονοράγα με χειροκίνητο βαρούλκο πάνω από την θέση εγκατάστασής τους.

Κάθε αντλία φέρει στον αγωγό εξόδου της συρταροδικλείδα και δικλείδα αντεπιστροφής προ της συμβολής της με τον κοινό καταθλιπτικό αγωγό οι οποίες βρίσκονται εγκατεστημένες σε παράπλευρο ξηρό φρεάτιο δικλείδων.

Το Α/Σ εξυπηρετείται από το σύστημα απόσμησης της μονάδας προεπεξεργασίας.

7.2.3 Μονάδα Προεπεξεργασίας

Η προεπεξεργασία των λυμάτων πραγματοποιείται σε compact σύστημα εσχάρωσης – εξάμμωσης – λιποσυλλογής μέγιστης δυναμικότητας 10lt/s ($36\text{m}^3/\text{h}$).

Στην επιλεγόμενη διάταξη λαμβάνουν μέρος αυτόματα η εσχάρωση, η εξάμμωση, ο αερισμός και η λιποσυλλογή των εισερχομένων λυμάτων. Η κυλινδρική εσχάρα, τύπου περιστρεφόμενου τύμπανου, αποτελείται από τραπεζοειδές διάκενο 6 mm . Αυτά μεταξύ τους δημιουργούν ένα κυκλικό τύμπανο εσχάρωσης. Ο καθαρισμός των κυκλικών

διάκενων από τη επικάθιση των στερεών γίνεται μέσω σταθερού βραχίονα εξωτερικά του τύμπανου, εξοπλισμένου με διπλή διάταξη βούρτσας. Από τη χοάνη εναπόθεσης, τα εσχαρίσματα μεταφέρονται, συμπιέζονται κι αφυδατώνονται μηχανικά.

Στη δεξαμενή της διάταξης υπάρχουν δύο κοχλίες. Ένας, τοποθετημένος στο πυθμένα κατά μήκος της δεξαμενής, ο οποίος μεταφέρει την άμμο στην αρχή της δεξαμενής και στο βαθύτερο σημείο της. Εκεί ο δεύτερος κοχλίας, πλάγια τοποθετημένος, παραλαμβάνει και μεταφέρει την άμμο, η οποία τελικά εναποτίθεται, μέσω σέσουλας, στο κάδο αποκομιδής.

Και οι δύο κοχλίες λειτουργούν ταυτόχρονα ανά τακτικά χρονικά διαστήματα μέσω του PLC του ηλεκτρικού πίνακα. Έτσι επιτυγχάνεται η σταδιακή συσσώρευση της άμμου στο χαμηλότερο σημείο της δεξαμενής. Με τον ίδιο τρόπο, στα διαστήματα παύσης του πλάγιου κοχλία, επέρχεται η μερική αφυδάτωση της άμμου.

Κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής εξάμμωσης και κατά μήκος της, υπάρχει σύστημα αερισμού μέσω του οποίου τα λίπη επιπλέουν και μεταφέρονται στη δεξαμενή του λιποσυλλέκτη. Ο αερισμός γίνεται διαμέσου δύο φυσητήρων (ο ένας εφεδρικός). Η μεταφορά των λιπών γίνεται με δύο έκκεντρες αντλίες (η μία εφεδρική).

Τα λύματα οδηγούνται κατόπιν στην εξάμμωση της διάταξης. Ο κοχλίας μεταφοράς εσχαρισμάτων τόσο της εσχάρας όσο και της μεταφοράς (οριζόντιος και κεκλιμένος) είναι με άξονα.

Το υλικό κατασκευής της compact μονάδας προεπεξεργασίας είναι ανοξείδωτος χάλυβας. Ανάντη και κατάντη της διάταξης προεπεξεργασίας υπάρχουν συρταροδικλείδες απομόνωσης, ελαστικής έμφραξης.

Ο αγωγός εξόδου από το σύστημα προεπεξεργασίας καταλήγει στο ανλαιοστάσιο εξισορρόπησης.

Η εκκίνηση και παύση λειτουργίας του compact συστήματος προεπεξεργασίας γίνεται μέσω PLC, εγκατεστημένου στον αυτόνομο πίνακα του συστήματος (από τον κατασκευαστή του συστήματος) και ενεργοποιείται από διακόπτες στάθμης, εγκατεστημένους στην δεξαμενή ανάντη της εσχάρας και χρονοδιακόπτη, ώστε η λειτουργία να ενεργοποιείται σε κάθε περίπτωση, για κάποιον ελάχιστο χρόνο ημερησίως και να αποφεύγεται η άσκοπη λειτουργία του και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

7.2.4 Αντλιοστάσιο εξισορρόπησης

Η αντλία μέσω οδηγού ολισθαίνει ελεύθερα και εμπλέκεται ή απεμπλέκεται αυτόματα στην φλάντζα του καταθλιπτικού αγωγού, χωρίς να απαιτείται επίσκεψη στο εσωτερικό του υγρού θαλάμου για τη σύνδεση ή αποσύνδεσή της.

Κάθε μία από τις αντλίες μπορεί να τροφοδοτήσει οποιοδήποτε κόσκινο. Κάθε αντλία θα φέρει στον αγωγό εξόδου συρταροδικλείδα και δικλείδα αντεπιστροφής προ της συμβολής της με τον καταθλιπτικό αγωγό, που τοποθετούνται σε παράπλευρο ξηρό φρεάτιο δικλείδων. Το φρεάτιο δικλείδων κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα και στην πλάκα υπάρχει οπή με κάλυμμα από γαλβανισμένη εν θερμώ λαμαρίνα. Για την ανέλκυση του εξοπλισμού (πχ για λόγους συντήρησης), εγκαθίσταται στην οροφή του αντλιοστασίου φορητός ανυψωτικός μηχανισμός.

Η λειτουργία των αντλιών ρυθμίζεται μέσω inverter και εναλλάσσεται, για την ομοιόμορφη φθορά τους. Σε περίπτωση βλάβης μιας αντλίας τίθεται σε λειτουργία αυτόματα η άλλη. Η έναρξη και παύση λειτουργίας των αντλιών ρυθμίζεται από σύστημα μέτρησης στάθμης με όργανο υπερήχων που εγκαθίσταται στο αντλιοστάσιο.

7.2.5 Μονάδα λεπτοεσχάρωσης

Λόγω της επιλογής για επεξεργασία σε σύστημα μεμβρανών είναι απαραίτητη η λεπτοεσχάρωση των λυμάτων που οδηγούνται σε αυτές, σε κατάλληλα συστήματα λεπτοεσχάρωσης (κόσκινα) με κυκλικά διάκενα 1 mm.

Τα λύματα από το αντλιοστάσιο εξισορρόπησης οδηγούνται στην μονάδα λεπτοεσχάρωσης (κοσκίνισης). Πιο συγκεκριμένα, οι δύο καταθλιπτικοί από το αντλιοστάσιο τροφοδοτούν ο κάθε ένας από ένα κόσκινο, δυναμικότητας 25m³/h, το οποίο απομακρύνει όλα τα σωματίδια μεγέθους έως 1mm.

Το αυτοκαθαριζόμενο περιστροφικό κόσκινο είναι μια ενιαία κατασκευή από ανοξείδωτο χάλυβα η οποία αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Δοχείο-κέλυφος του τυμπάνου
- Τύμπανο (σήτα) κυλινδρικού τύπου
- Δοχείο-βάση συγκέντρωσης επεξεργασμένων
- Αποξέστη
- Ηλεκτρομειωτήρα μετάδοσης της κίνησης

Η τροφοδοσία των λυμάτων θα γίνεται στην πίσω πλευρά του κόσκινου μέσω θαλάμου φόρτισης. Τα λύματα διέρχονται από την εξωτερική πλευρά του τυμπάνου, εισέρχονται μετά τον εσχαρισμό στο εσωτερικό του τυμπάνου και εκρέουν από το κάτω μέρος αυτού διερχόμενα εκ νέου από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του τυμπάνου.

Επάνω στην εξωτερική επιφάνεια του τυμπάνου (σήτας) παγιδεύονται τα στερεά τα οποία με την περιστροφή του τυμπάνου οδηγούνται στην εμπρόσθια πλευρά. Από εκεί αφαιρούνται με κατάλληλο αποξέστη και οδηγούνται μέσω χοάνης-γλύστρας προς διάθεση.

Από το εσωτερικό του κοίλου άξονα περιστροφής του τυμπάνου διέρχεται σωλήνωση με ακροφύσια ψεκασμού έτσι ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση της με εξωτερική πηγή ψυχρού ή θερμού νερού ή και ατμού για την δυνατότητα καθαρισμού του τυμπάνου σε περιπτώσεις απόφραξης με λιπαρές ή άλλες ουσίες.

Τα δύο κόσκινα τοποθετούνται παράλληλα μεταξύ τους. Τα εσχαρίσματα παραλαμβάνει οριζόντιος κοχλίας μεταφοράς και συμπίεσης, ο οποίος με κατάλληλες κλειστές αλλά επισκέψιμες διατάξεις τα οδηγεί σε κάδο αποκομιδής.

Για τον έλεγχο λειτουργίας της μονάδας υπάρχει στο κτίριο τοπικός πίνακας. Το κάθε κόσκινο θα έχει ανεξάρτητο τοπικό υποπίνακα, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με δικό του PLC. Το σύστημα έχει όλους τους απαραίτητους αυτοματισμούς και όργανα (π.χ. μετρητή διαφορικής στάθμης, πρεσοστάτες, προστασία της αντλίας πλύσης, κ.λπ.).

Πάνω από τα δύο κόσκινα, εγκαθίστανται μονοράγες με ανυψωτικούς μηχανισμούς για την ανέλκυση και επισκευή των τμημάτων του εξοπλισμού. Τα υγρά απομακρύνονται σε κανάλι στο τέλος του οποίου υπάρχει «βαθύ» φρεάτιο απ' όπου εκκινεί ο αγωγός τροφοδοσίας του φρεατίου μερισμού της βιολογικής βαθμίδας.

7.2.6 Σύστημα απόσμησης

Θα εγκατασταθεί σύστημα εξαερισμού και απόσμησης, το οποίο αποτελείται από:

- το δίκτυο αεραγωγών, κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα
- το φυγοκεντρικό κατασκευασμένο από κατάλληλο πλαστικό
- τα χημικά φίλτρα

Το φίλτρο είναι βιομηχανικού τύπου, με μικρό κόστος αντικατάστασης του πληρωτικού υλικού. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα αναγέννησης των κορεσμένων χημικών υλικών.

7.2.7 Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας

Το σύστημα της βιολογικής επεξεργασίας που εφαρμόζεται είναι το σύστημα ενεργού ιλύος - με ταυτόχρονη σταθεροποίηση της βιολογικής ιλύος και προχωρημένη νιτροποίηση και απονιτροποίηση, ενώ ο διαχωρισμός ιλύος – επεξεργασμένων γίνεται σε σύστημα μεμβρανών (MBR).

Η παροχή οξυγόνου στα λύματα εντός του αερισμού θα γίνεται με υποβρύχια διάχυση

- *Δεξαμενή απονιτροποίησης*

Μετά την κοσκίνιση, τα λύματα εισέρχονται στην μονάδα απονιτροποίησης. Θα κατασκευαστεί μία (1) δεξαμενή από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενεργού όγκου 30 m^3

Η δεξαμενή έχει συνολικές διαστάσεις $5 \times 2 \times 3,5$ (ύψος) m (βάθος υγρού 3.00m).

Στα εσωτερικά σημεία σύνδεσης του πυθμένα της δεξαμενής με τα πλευρικά τοιχώματα δημιουργείται γωνία 135° (φάλτσο), ώστε να αποφεύγονται οι αποθέσεις στερεών.

Θα εγκατασταθεί υποβρύχιος αναδευτήρας με ισχύ 3,0 KW, που θα εξασφαλίζει την πλήρη ανάμιξη του περιεχομένου υγρού. Για τον αναδευτήρα θα υπάρχει σύστημα ανέλκυσης για συντήρηση ή επισκευή.

- *Δεξαμενή αερισμού (νιτροποίησης)*

Το ανάμικτο υγρό από τη δεξαμενή προαπονιτροποίησης, οδηγείται με βαρύτητα μέσω οπών στη δεξαμενή αερισμού, στην οποία συντελούνται οι βιολογικές διεργασίες της οξειδωσης του οργανικού φορτίου, της νιτροποίησης και της σταθεροποίησης της βιολογικής ιλύος.

Η δεξαμενή αερισμού θα είναι ενεργού όγκου 105 m^3

Η δεξαμενή έχει συνολικές διαστάσεις $5,00 \times 7,00 \times 3,50$ (ύψος) m (βάθος υγρού 3.00m).

Το σύστημα αερισμού που επιλέγεται είναι η υποβρύχια διάχυση αέρα με σύστημα φυσητήρων και διαχυτήρων λεπτής φυσαλίδας που εγκαθίστανται σε όλη την επιφάνεια του πυθμένα του αερισμού (ολική διάσπρωση).

Ο απαιτούμενος αέρας θα παρέχεται από δύο (2) φυσητήρες, έναν σε λειτουργία και έναν εφεδρικό δυναμικότητας $200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ στα 600 mbar έκαστος. Στο κτίριο θα προβλεφθεί κατάλληλη ηχομόνωση έτσι ώστε η στάθμη θορύβου να μην υπερβαίνει τα 65db σε απόσταση 1.0m από τον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου.

Κάθε φυσητήρας θα διαθέτει φίλτρο αναρρόφησης, σιγαστήρες στην αναρρόφηση και στη κατάθλιψη, βαλβίδα ασφαλείας και βαλβίδα αντεπιστροφής και θα είναι ηχομονωμένος με κλωβό.

Η λειτουργία κάθε φυσητήρα ρυθμίζεται μέσω ρυθμιστή στροφών (inverter).

Το κτίριο είναι εξοπλισμένο με μονοράγα οροφής με κατάλληλο ανυψωτικό μηχανισμό για την απομάκρυνση και επισκευή των φυσητήρων.

Επίσης το κτίριο θα φέρει μηχανικό εξαερισμό μέσω αξονικού ανεμιστήρα και κατάλληλου ηχομονωτικού συστήματος για την τροφοδοσία του απαιτούμενου αέρα και την ψύξη του χώρου εγκατάστασης των φυσητήρων.

Στη δεξαμενή αερισμού θα τοποθετηθούν 42 διαχυτήρες λεπτής φυσαλίδας ελαστικής μεμβράνης.

- *Μονάδα MBR*

Η μέθοδος που επιλέχθηκε είναι ο διαχωρισμός του ανάμικτου υγρού από τα επεξεργασμένα λύματα με σύστημα με μεμβράνες μικροδιήθησης ή υπερδιήθησης.

Επιλέγεται η εγκατάσταση δύο (2) modules μεμβρανών.

Η ενεργή επιφάνεια διήθησης σε κάθε Module επιλέγεται 290m^2 , συνεπώς η συνολική ενεργός επιφάνεια διήθησης είναι $2 \times 290 = 580\text{m}^2$

Στη δεξαμενή μεμβρανών εγκαθίσταται μετρητής στάθμης τύπου υπερήχων και μετρητής συγκέντρωσης στερεών.

Στη δεξαμενή, τα διηθήματα από τα modules των μεμβρανών συλλέγονται σε ένα συλλέκτη ο οποίος είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα.

Ο εν λόγω συλλέκτης οδηγεί τα διηθημένα στο αντλιοστάσιο διηθημένων.

Από τον συλλέκτη αναρροφά μία αντλία διηθημένων, ενώ θα υπάρχει και μία εφεδρική (σύνολο 2 αντλίες), οι οποίες θα είναι λοβοειδείς, ρυθμιζόμενης – μέσω inverter–παροχής με δυναμικότητα $25\text{m}^3/\text{h}$.

Όλοι οι αγωγοί στην δεξαμενή μεμβρανών θα είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα.

Για την έκπλυση των μεμβρανών με αέρα (airscouring) θα εγκατασταθούν δύο (2) φυσητήρες, εκ των οποίων ο ένας εφεδρικός, δυναμικότητας $330\text{Nm}^3/\text{h}$ έκαστος, οι οποίοι εξασφαλίζουν ειδική παροχή αέρα ίση με $0,56\text{Nm}^3/\text{m}^2\text{-h}$.

Οι φυσητήρες διαθέτουν όλο τον απαιτούμενο βοηθητικό εξοπλισμό (φίλτρα, ηχομονωτική καμπίνα, κ.λπ.), είναι όμοιοι με αυτούς του αερισμού και είναι εγκατεστημένοι στον ιδιαίτερο χώρο φυσητήρων του κτιρίου.

Για τον χημικό καθαρισμό του συστήματος των μεμβρανών προσφέρεται πλήρες σύστημα το οποίο, εγκαθίσταται εντός του κτιρίου και αποτελείται από:

- Κυλινδρικό δοχείο όγκου 5.000 λίτρων, στο οποίο προστίθεται μικρή ποσότητα πυκνού διαλύματος χημικού και στο οποίο υπάρχει σύνδεση νερού για την αραίωση του διαλύματος. Η προσθήκη της απαιτούμενης ποσότητας ελέγχεται με αυτοματισμό στάθμης.

- 2 αντλίες χημικών, παροχής 300 l/h οι οποίες αναρροφούν το αραιό διάλυμα από το παραπάνω δοχείο και στην συνέχεια το τροφοδοτούν στο υπό καθαρισμό σύστημα.

Από τις μεμβранες, η διαφορά των παροχών εισόδου – διηθημάτων αντιστοιχεί στην παροχή ανακυκλοφορίας ιλύος, η οποία υπερχειλίζει σε φρεάτιο απ' όπου οδηγείται στο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος.

Τα καθαρά υγρά θα οδηγούνται στην δεξαμενή του ΚΠΙΣΝ.

7.2.8 Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

Η ιλύς από τη δεξαμενή MBR οδηγείται στο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος.

Για την ανακυκλοφορία ιλύος θα εγκατασταθούν δύο αντλίες, εκ των οποίων η μία εφεδρική, παροχής 60m³/h έκαστη. Οι αντλίες με κοινό καταθλιπτικό αγωγό θα τροφοδοτούν την ανακυκλοφορούσα ιλύ στην είσοδο της βιολογικής βαθμίδας.

Για την απομάκρυνση της περίσσειας ιλύος, στον ίδιο υγρό θάλαμο με τις αντλίες ανακυκλοφορίας εγκαθίστανται δύο υποβρύχιες αντλίες (εκ των οποίων η μία εφεδρική), δυναμικότητας 10 m³/h.

Η περίσσεια ιλύος θα επιστρέφει στο δίκτυο αποχέτευσης της ΕΥΔΑΠ.

7.3 Υγειονομολογικοί υπολογισμοί

Το σύστημα της βιολογικής επεξεργασίας που προτείνεται να εφαρμοστεί είναι σύστημα ενεργού ιλύος, βιολογική απομάκρυνση αζώτου με την εφαρμογή διαχωρισμού (διαύγασης) υγρών από την βιομάζα μέσω μεμβρανών (MBR =Membranebioreactor).

Οι βασικές βιολογικές διεργασίες του συστήματος είναι:

- η μικροβιακή οξείδωση του οργανικού φορτίου.
- η νιτροποίηση
- η απονιτροποίηση

Η βιολογική βαθμίδα αποτελείται από μία γραμμή, η οποία περιλαμβάνει (εν σειρά):

- Δεξαμενή προ-απονιτροποίησης
- Δεξαμενή αερισμού – νιτροποίησης - μεμβρανών
- Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

Εκτός των δεδομένων των εισερχομένων λυμάτων, το σύστημα σχεδιάζεται με βάση τα παρακάτω κριτήρια σχεδιασμού:

- Συγκέντρωση MLSS μεμβρανών : $\leq 15.000 \text{ mg/l}$
- Ογκομετρική φόρτιση: $\leq 0,6 \text{ KgBOD}_5/ \text{ m}^3.\text{d}$

Ακόμη, για το σχεδιασμό της μονάδας και τους σχετικούς υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες θερμοκρασιακές συνθήκες:

Μέγιστη θερμοκρασία 18°C

Ελάχιστη θερμοκρασία 12°C

7.3.1 Καθορισμός πραγματικού (διαλυτού) BODεξόδου

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του έργου γίνεται θεωρώντας στους υπολογισμούς διαστασιολόγησης το διαλυτό BOD₅ των επεξεργασμένων λυμάτων, το οποίο θεωρείται ίσο με το 40% του BOD στην έξοδο.

Επομένως, με συγκέντρωση εξόδου ολικού BOD₅ ίση με 10mg/l, η συγκέντρωση του διαλυτού BOD₅ θα είναι ίση με:

$$F = 0,40 \times 10 \text{ mg/l} = 4 \text{ mg/l}$$

7.3.2 Υπολογισμός αναγκαίας ηλικίας ιλύος θ_c

Υπολογισμός αναγκαίας ηλικίας ιλύος για οξείδωση οργανικών (θ_c^{BOD})

Για τον υπολογισμό της αναγκαίας ηλικίας ιλύος θ_c^{BOD} για την απομάκρυνση του οργανικού ρυπαντικού φορτίου (BOD₅) χρησιμοποιείται η βασική λειτουργική συνάρτηση του συστήματος ενεργού ιλύος πλήρους αναμίξεως:

$$\frac{1}{\theta_c^{BOD}} = \frac{\mu_m S}{K_S + S} - b_T$$

όπου :

S : Συγκέντρωση διαλυτού BOD₅ στην έξοδο του βιολογικού συστήματος (mg/L)

μ_m : Μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης ετεροτροφικών μικροοργανισμών (d^{-1})

b_T : Ταχύτητα φθοράς ετεροτροφικών μικροοργανισμών (d^{-1})

K_S : Σταθερά κορεσμού (mg/L)

Οι τιμές των ανωτέρω παραμέτρων εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των λυμάτων και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία. Για αστικά λύματα συνήθεις τιμές, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία είναι:

$$\mu_m = \mu_{m,20^\circ C} \times \exp(k_H)(T-20), \text{ με } \mu_{m,20^\circ C} = 7 \text{ } d^{-1}$$

$$b_T = \text{Από τη βιβλιογραφία } 0,05 d^{-1}$$

$$K_S = 120 \text{ mgBOD}_5/\text{L}$$

Οι υπολογιζόμενες τιμές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
Θερμοκρασία	οC	22
$\mu_{m,20^{\circ}\text{C}}$	d^{-1}	7
$\mu_{m\ 18}$	d^{-1}	6,1
$b_{20^{\circ}\text{C}}$	d^{-1}	0,06
b_H	d^{-1}	0,05
Ks	mg/l	120
S	mg/l	4
Θ_c^{BOD}	days	7,34

Αναγκαία ηλικία ιλύος για νιτροποίηση (Θ_c^N)

Για την εύρεση της απαιτούμενης ηλικίας ιλύος Θ_c^N για την επίτευξη της αναγκαίας νιτροποίησης χρησιμοποιείται η ακόλουθη συνάρτηση:

$$\frac{1}{\Theta_c^N} = \frac{\mu_{m,n}^N}{K_n + N} \frac{DO}{DO + K_{DO}} - b_n$$

όπου:

Θ_c^N : χρόνος παραμονής νιτροποιητών μικροοργανισμών (d^{-1})

N : συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου στην εκροή (mg/L)

b_n : συντελεστής θανάτου νιτροποιητών (d^{-1})

K_n : σταθερά κορεσμού (mg/L)

$\mu_{m,n}$: η μέγιστη ταχύτητα αναπτύξεως των νιτροποιητών (d^{-1})

Η εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων δίνει τα εξής αποτελέσματα:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	M.M.	ΘΕΡΟΣ
S_{NH}	mg/l	2,00
b_n	d^{-1}	0,05
k_n	d^{-1}	0,116
k_{SN}	mg/l	0,5
DO	mg/l	2,00
K_0	mg/l	1,00
K_{DO}	-	0,5
$\mu^0_{m,n}$	d^{-1}	0,60
$\mu_{m,18}$	d^{-1}	0,48
Θ_C^N	days	3,93

- Επιλογή ελάχιστης ηλικίας ιλύος σχεδιασμού για αερισμό (νιτροποίηση)

Από τις δυο ανωτέρω υπολογισθείσες ηλικίες ιλύος (Θ_{CBOD} και Θ_{CN}) επιλέγεται η μεγαλύτερη, η οποία και αποτελεί την ηλικία ιλύος σχεδιασμού για την αερόβια δεξαμενή:

$$\Theta_{C,A} = \max \{ \Theta_C^{BOD}, \Theta_C^N \}$$

Για λόγους ασφαλείας η $\Theta_{C,A}$, πολλαπλασιάζεται με συντελεστή ασφαλείας, $SF = 1,7$

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	M.M.	ΘΕΡΟΣ
Θ_C^{BOD}	days	7,34
Θ_C^N	days	3,93
$\Theta_{C \text{ ΑΕΡΙΣΜΟΥ}}$	days	12,5

7.3.3 Υπολογισμός Όγκου δεξαμενής Αερισμού

Ο βαθμός αποδόσεως του βιολογικού συστήματος ορίζεται ως $E = \frac{S_0 - S}{S_0}$ με S_0 και S την συγκέντρωση του BOD_5 στην είσοδο και στην έξοδο αντίστοιχα του βιολογικού συστήματος

Για χρόνο παραμονή των στερεών $\theta_c = 12,5$ ημέρες έχουμε :

$$\frac{1}{\theta_C} = \mu_H - b_H \rightarrow \mu_H = \frac{1}{\theta_C} + b_H \rightarrow \mu_H = \frac{1}{12,5} + 0,05 = 0,13 d^{-1}$$

$$\mu_H = \mu_{\max} \times \frac{F}{F + K_{SH}} \rightarrow F = \frac{\mu_H \times K_{SH}}{\mu_{\max} - \mu_H} = \frac{0,13 \times 120}{6,1 - 0,1} = 2,6 \text{ mg/l}$$

$$\frac{1}{\theta_c^N} = \mu_n - b_n \rightarrow \mu_n = \frac{1}{\theta_c^N} + b_n = \frac{1}{12,5} + 0,05 = 0,13 \text{ d}^{-1}$$

$$\mu_n = \mu_{\text{nmT}} \times \frac{S_{NH}}{S_{NH} + K_{Sn}} \times \frac{DO}{DO + K_{DO}} \rightarrow 0,13 = 0,48 \times \frac{S_{NH}}{S_{NH} + 0,5} \times \frac{2}{2,5} \rightarrow S_{NH} = 0,25 \text{ mg/l}$$

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
F_o	mg/l	282,71
F	mg/l	2,6
E_H	-	99,08%

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
NH	mg/l	52,19
S_{NH}	mg/l	0,25
E_{NH}	-	99,52%

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου όγκου της δεξαμενής αερισμού χρησιμοποιείται ο ορισμός της ηλικίας ιλύος:

$$\Theta_c = \frac{\text{Μάζα στερεών στο σύστημα}}{\text{Μάζα απομακρυνόμενων στερεών ανά ημέρα}}$$

Σε μόνιμες συνθήκες λειτουργίας, ο ρυθμός απομάκρυνσης των στερεών από το βιολογικό σύστημα ισούται με το ρυθμό παραγωγής τους (μηδενική συσσώρευση στερεών στις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας). Συνεπώς ισχύει:

$$\Theta_c = \frac{MLSS \cdot V}{P_{X,TSS}}$$

όπου:

$MLSS$: Συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών στο ανάμικτο υγρό (kg/m^3)

V : Όγκος δεξαμενών βιολογικής επεξεργασίας (m^3)

$P_{X,TSS}$: Ρυθμός παραγωγής ολικών στερεών (kg/d)

Ο ρυθμός παραγωγής ολικών στερεών στις δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας δίδεται από τη σχέση:

$$P_{X,TSS} = Q \cdot \left[\frac{1 + \beta b \theta_{c,A}}{1 + b \theta_{c,A}} Y E_H S_0 + a S S_{V_0} + S S_{f_0} + \frac{Y_n \times E_n \times S_{NH_0}}{1 + b_n \times \theta_c} \right]$$

όπου:

- Q : Ογκομετρική παροχή εισερχόμενων στο σύστημα λυμάτων (m^3/d)
Y : Συντελεστής παραγωγής βιομάζας ($kgVSS/kgBOD_5$)
 Y_n : Συντελεστής παραγωγής NH
 β : Συντελεστής παραγωγής στερεών λόγω θανάτου μικροοργανισμών (kg/kg)
 α : Ποσοστό μη βιοδιασπάσιμων οργανικών στερεών στην είσοδο (kg/kg)
 E_H : Η απόδοση απομάκρυνσης BOD_5 (%)
 E_n : Η απόδοση απομάκρυνσης NH (%)
 SS_{V_0} : Συγκέντρωση πτητικών στερεών στα εισερχόμενα λύματα ($VSS/TSS=0,7$) (kg/m^3)
 SS_{f_0} : Συγκέντρωση αδρανών στερεών στα εισερχόμενα λύματα (kg/m^3)
 S_{NH_0} : Συγκέντρωση NH στα εισερχόμενα λύματα (kg/m^3)

Τιμές παραμέτρων

β	0,20
b_H ($ημ^{-1}$)	0,06
θ_c ($ημ^{-1}$)	12,5
Y_H	0,65
Fo (mg/l)	282,71
F(mg/l)	2,6
$E_H=(F_o - F)/F_o$	99,08%
a	0,10
Svo (mg/l)=0,7xSS	213,20
Sfo (mg/l)= SS-Svo	91,37
Y_n	0,15
S_{NH_0} (mg/l) (όλο το άζωτο εισόδου είναι αμμωνιακό)	52,19
S_{NH} (mg/l)	0,25
$E_n=(S_{NH_0} - S_{NH})/S_{NH_0}$	99,52%
b_n ($ημ^{-1}$)	0,05

Συνδυάζοντας τις παραπάνω εξισώσεις, θέτοντας όπου Θ_c , την ηλικία ιλύος της δεξαμενής αερισμού, που επιλέχθηκε και θεωρώντας τιμή για τα $MLSS = 10\text{kg/m}^3$, προκύπτει ο απαιτούμενος όγκος των δεξαμενών αερισμού:

$$V_A = \frac{Q\Theta_{c,A}}{MLSS} \left[\frac{1 + \beta b \Theta_{c,A}}{1 + b \Theta_{c,A}} Y E S_0 + a S S_{V_0} + S S_{f_0} + \frac{Y_n \times E_n \times S_{NH_0}}{1 + b_n \times \theta_c} \right]$$

όπου:

$\Theta_{c,A}$: Η ηλικία ιλύος σχεδιασμού για τη δεξαμενή αερισμού (d)

Έχουμε : $V_{\Delta A} = 100\text{m}^3$

Με δεδομένο τον όγκο της δεξαμενής αερισμού και την παροχή σχεδιασμού υπολογίζεται και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής θ της δεξαμενής αερισμού, καθώς και ο λόγος λ :

$$\theta = \frac{V_{\Delta A}}{Q} = \frac{100}{330} \cdot 24\text{h} = 7,31\text{h}$$

$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_c} = \frac{7,31}{12,5 \cdot 24} = 0.024$$

$$MLVSS = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[(1 + \beta \cdot b_H \cdot \theta_c) \cdot \frac{Y_H \cdot E_H \cdot F_o}{1 + b_H \cdot \theta_c} + a \cdot S_{V_0} + \frac{Y_N \cdot E_N \cdot (NH_4 - N)^o}{1 + b_N \cdot \theta_c} \right] = 6248 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

- Υπολογισμός περίσσειας Ιλύος (w)

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία η εκροή (για το σύστημα των μεμβρανών) όσον αφορά τα στερεά είναι εξαιρετική και τείνει στο μηδέν ($TSS_{\text{εξόδου}} = 0 \text{ mg/l}$). Επίσης στη δεξαμενή αερισμού έχω συνθήκες πλήρους ανάδευσης, η περίσσεια αντλείται απ' ευθείας από αυτήν (δεξαμενή αερισμού) επομένως ισχύει ότι $SS_u = MLSS = 10000 \text{ mg/l}$ Αρα:

$$\theta_c = \frac{V_{\Delta A} \times MLSS}{W \times SS_u} = \frac{V_{\Delta A}}{W} \rightarrow W = \frac{V_{\Delta A}}{\theta_c} = \frac{100 \text{ m}^3}{12,5 \text{ d}} = 8,04 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

7.3.4 Υπολογισμός Ανοξικής Δεξαμενής

Ισοζύγιο αζώτου

Η ποσότητα του αζώτου που πρέπει να απομακρυνθεί στην ανοξική δεξαμενή, με αναγωγή των νιτρικών σε αέριο άζωτο, προκύπτει από την σχέση ισορροπίας μάζας για το άζωτο στην βαθμίδα βιολογικής επεξεργασίας ως ακολούθως :

$$N_O = TN_{in} - TN_{out} - N_{bio}$$

όπου

TN_{in} : Η ποσότητα του συνολικού εισερχόμενου αζώτου (kg/d)

TN_{out} : Η ποσότητα του συνολικού εξερχόμενου αζώτου, ήτοι το άθροισμα του νιτρικού αζώτου ($NO_3 - N$), του αμμωνιακού ($NH_4 - N$) και του οργανικού αζώτου (N_{org}).

N_{bio} : Το άζωτο που προσλαμβάνεται κατά την σύνθεση της βιομάζας. Είναι γνωστό ότι από την αρχική ποσότητα του αζώτου ένα ποσοστό χρησιμοποιείται ως τροφικό υπόβαθρο για την σύνθεση της βιομάζας (δημιουργία νέων κυττάρων). Η ποσότητα αυτή λαμβάνεται ίση με το 15% του συνολικού εισερχόμενου αζώτου (TN_{in}).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
N εισόδου	kg/d	17,22
N εξόδου	kg/d	3,3
N στη βιομάζα	kg/d	2,58
N προς νιτροπ/ση	kg/d	13,92
N προς απονιτρ/ση	kg/d	11,34

$$\Delta NO_3-N = 11,34 \text{ kg/d}$$

Έχουμε : $\Delta NO_3-N = R \times Q \times (NO_3-N)$, για $(NO_3-N) = 7 \text{ mg/l}$, έχουμε $R = 4,90$ (ανακυκλοφορία νιτρικών)

Έχουμε :

$$Q \times TSS_{EIZ} + r \times Q \times MLSS_{MBR} + R \times Q \times MLSS_{MBR} = (1 + r + R) \times Q \times MLSS_{ANOΞ}$$

Επιλέγω $r = 1$ και έχω:

$$Q \times TSS_{EIZ} + r \times Q \times MLSS_{MBR} + R \times Q \times MLSS_{MBR} = (1 + r + R) \times Q \times MLSS_{ANOΞ}$$

$$MLSS_{ANOΞ} = 8599 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

$$\text{Και } \text{MLVSS}_{\text{ANOΞ}} = 5376 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου ανοξικής δεξαμενής

Ο συνολικός ρυθμός απονιτροποίησης δίνεται από την σχέση:

$$q_{\text{DN}} = 6,4 \cdot 10^{10} \cdot e^{[(-15,880)/(1,987 \times (273+T))]}$$

όπου:

T : η θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)

Ο ρυθμός της απονιτροποίησης προέκυψε $q_{\text{DN}} = 0,08 \text{ kg NO}_3/\text{kgVSS} \cdot \text{ημ.}$

Η απονιτροποίηση των λυμάτων πραγματοποιείται στην δεξαμενή απονιτροποίησης στην οποία επικρατούν συνθήκες συγκεντρώσεως $\text{DO} \leq 0,5 \text{ mg/L}$. Ο απαιτούμενος όγκος της δεξαμενής απονιτροποίησης βρίσκεται από την σχέση:

$$V_{\text{DN}} = \frac{N_{\text{DN}}}{q_{\text{DN}} \cdot \text{MLVSS}}$$

όπου:

V_{DN} : Όγκος δεξαμενής απονιτροποίησης (m^3)

N_0 : Η απομακρυνόμενη (ως αέριο άζωτο) ποσότητα νιτρικού αζώτου στην ανοξική ζώνη ($\text{kgNO}_3\text{-N/d}$)

q_{DN} : Ο ρυθμός απονιτροποίησης ($\text{kgNO}_3\text{-N/kgMLVSSd}$)

MLVSS : Η συγκέντρωση πτητικών στερεών του ανάμικτου υγρού (kg/m^3)

Ο υπολογισμός φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
N_{DEN}	kg/day	11,34
q_{dn}	day^{-1}	0,08
MLVSS	kg/m^3	5,37
V_{DN}	m^3	26,40

7.3.5 Διαστασιολόγηση μονάδας μεμβρανών

Το βασικό μέγεθος στην περίπτωση των μεμβρανών είναι η απαιτούμενη επιφάνεια φίλτρανσης, η οποία εξαρτάται από την εισερχόμενη παροχή και υπολογίζεται με βάση την υδραυλική φόρτιση (flux).

Για τις μεμβράνες και το σύστημα αερισμού έχουμε:

- Ημερήσια Παροχή: 23,75 L/(m²·h)
- Ύψος V_{ΔΑ}: 3 m
- Αέρας για καθαρισμό: 0,5 m³/(h·m²)
- ε χονδρές φυσαλίδες/βάθος: 2%
- ε χονδρές φυσαλίδες: 8%
- ε λεπτές φυσαλίδες : 30%

Από τις επιτρεπόμενες φορτίσεις για τις μεμβράνες (μέση παροχής διήθησης (A_α) υπολογίζουμε την αντίστοιχη απαιτούμενη επιφάνεια των μεμβρανών (

$$A_a = \frac{\frac{330 \text{ m}^3}{24 \text{ h}}}{23,75 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \times \text{h}}} = 579 \text{ m}^2$$

Επομένως η επιφάνεια των μεμβρανών είναι : A=579m²

Η απαιτούμενη επιφάνεια με βάση τις παραπάνω φορτίσεις υπολογίζεται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
Εισερχόμενη παροχή (μέγιστη ημερήσια)	m ³ /d	330
Φόρτιση μεμβρανών (net flux)	LMH	23,75
Απαιτούμενη επιφάνεια	m²	579

Τα χαρακτηριστικά του προτεινόμενου συστήματος φαίνονται παρακάτω:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
Αριθμός δεξαμενών	N	1
Αριθμός modules ανά δεξαμενή	N	2
Ενεργός επιφάνεια ανά module	m ² /unit	290
Συνολική ενεργός επιφάνεια	m²	580
Υδραυλική φόρτιση (flux) μέγιστης ημερ. παροχής	m ³ /m ² -d	0,570
	m ³ /m ² -h	0,024
	LMH	23,75

1. Υπολογισμός όγκου μεμβρανών

Επιλέγουμε μεμβράνη τύπου FS με λόγο επιφάνειας-όγκου $15 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Για να υπολογίσουμε τον όγκο που θα καταλαμβάνουν οι μεμβράνες στη δεξαμενή αερισμού έχουμε :

$$V_{MBR} = \frac{A}{15} = \frac{580}{15} \text{ m}^3 = 38,67 \text{ m}^3 < V_{\Delta\Delta} = 100 \text{ m}^3$$

Ο όγκος της δεξαμενής αερισμού επαρκεί για τις μεμβράνες.

7.3.6 Επιλεγόμενοι όγκοι – Παράμετροι λειτουργίας

Με βάση τα παραπάνω, οι απαιτούμενοι όγκοι για την επίτευξη της ζητούμενης ποιότητας εκροής ως προς τα οργανικά, τα αμμωνιακά και τα νιτρικά, δηλαδή την αποδοτική διενέργεια της οξειδωσης των οργανικών, της νιτροποίησης και της απονιτροποίησης, είναι οι ακόλουθοι:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
Απαιτούμενος όγκος απονιτρ/σης	m^3	26,4
Απαιτούμενος όγκος αερισμού	m^3	100
Συνολικά απαιτούμενος όγκος	m^3	126,4

Προτείνεται μία γραμμή λειτουργίας, βάθους 3 μέτρων, με συνολικό όγκο:

- Απονιτροποίηση όγκου 30 m^3 (διαστάσεων $5\text{m} \times 2\text{m} \times 3\text{m}$)
- Αερισμός όγκου 105 m^3 στον οποίο περιλαμβάνονται μεμβράνες όγκου 67 m^3 (διαστάσεων $5\text{m} \times 7\text{m} \times 3\text{m}$)

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
Αριθμός γραμμών σε λειτουργία	No	1
Όγκος απονιτροποίησης	m^3	30,00
Όγκος δεξαμενής αερισμού	m^3	105
περιλαμβάνεται αερόβιος όγκος μεμβρανών	m^3	39

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
Συνολικός Όγκος αερισμού	m ³	105
Συνολικός όγκος βιολ. Βαθμίδας	m ³	135
Ογκομετρική φόρτιση (VL)	kgBOD/ m ³ - d	0,689
Φόρτιση ξηράς ουσίας (F/M)	kgBOD /kgMLSS	0,028
Υδραυλικός χρόνος παραμονής	hours	7,64

7.3.7 Σύστημα αερισμού έκπλυσης (airscouring) μεμβρανών

Για τον καθαρισμό των μεμβρανών και την αποφυγή επικαθίσεων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εμφράξεις των πόρων, στο κάτω μέρος των μεμβρανών τροφοδοτείται αέρας με την μορφή χονδρής φυσαλίδας, ο οποίος ανερχόμενος και αφενός ερχόμενος σε επαφή με την επιφάνεια των μεμβρανών, αφετέρου με την δημιουργία ανοδικών ρευμάτων, επιτυγχάνει τον συνεχή καθαρισμό των μεμβρανών.

Η διαστασιολόγηση του απαιτούμενου αέρα γίνεται για 0,5m³/m²-h.

Ο παρεχόμενος αέρας θεωρούμε ότι προσδίδει μέρος του απαιτούμενου οξυγόνου για τις βιολογικές διεργασίες (οξειδωση οργανικών και νιτροποίηση). Λόγω του ότι αυτός παρέχεται με διάχυση μεσαίας – χονδρής φυσαλίδας, η απόδοση της διάχυσης είναι μικρή και λαμβάνεται ίση με 7% σε κανονικές συνθήκες.

Για τον καθαρισμό των μεμβρανών απαιτούνται 0.5 m³/hm² συνεπώς απαιτούνται

$$0.5 \times A_{\text{μεμβ}} = 0.5 \times 580 = 290 \text{ m}^3/\text{h}$$

Θεωρώντας βαθμό απόδοσης για την χοντρή φυσαλίδα 2% κατά βάθος, έχουμε :

$$Q_{\text{air}} = \frac{4.31 \times \text{SOTR}_{\text{x}\Phi}}{1.2 \times \epsilon} \rightarrow \text{SOTR}_{\text{x}\Phi} = \frac{290 \times 1.2 \times 2\% \times 3}{4.31} = 4,84 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Η διαστασιολόγηση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ.	ΘΕΡΟΣ
Αριθμός δεξαμενών	N	1
Ενεργός επιφάνεια ανά δεξαμενή	m ²	580
Απαιτούμενη παροχή αέρα	Nm ³ /h/m ²	0,500
Απαιτούμενη παροχή αέρα ανά δεξαμενή	Nm ³ /h	290

Για την κάλυψη των παραπάνω απαιτήσεων σε αέρα, εγκαθίστανται ένας φυσητήρας και ένας επιπλέον εφεδρικός, ήτοι δύο (2) συνολικά φυσητήρες, παροχής 330Nm³/h έκαστος.

7.3.8 Σύστημα αερισμού βιοαντιδραστήρα

Η ολική ζήτηση οξυγόνου υπολογίζεται με βάση το εισερχόμενο φορτίο, το οξειδούμενο αμμωνιακό άζωτο, τον βαθμό απονιτροποίησης και τέλος τη ζήτηση για ενδογενή αναπνοή

Η τελική τιμή της δυναμικότητας του συστήματος υπολογίζεται εφαρμόζοντας συντελεστή προσαύξησης 1,2 της θεωρητικής τιμής.

Απαίτηση Οξυγόνου κατά την Απομάκρυνση Οργανικού Άνθρακα:

$$O_{2,C} = 0,59 \cdot E_H \cdot Q \cdot BOD_{5\alpha\pi\tau\omicron\mu} = 54,54 \text{ kg } O_2/\eta\mu$$

Απαίτηση Οξυγόνου κατά τη Φθορά:

$$O_{2,\phi} = \Gamma_{\epsilon\upsilon\delta\omicron\gamma} \cdot V_{mbr} \cdot MLVSS = 47,23 \text{ kg } O_2/\eta\mu$$

Απαίτηση Οξυγόνου κατά τη Νιτροποίηση

$$O_{2,v} = 4,33 \cdot E_N \cdot Q \cdot NH_4 - N_{\epsilon\iota\sigma} = 74,22 \text{ kg } O_2/\eta\mu.$$

Υπολογισμός Οξυγόνου που Εξοικονομείται κατά την Απονιτροποίηση:

$$O_{2\alpha} = 2,86 \text{ (kg } O_2/\text{kg } NO_3) \cdot [\Delta NO_3^-] \cdot 1 \text{ (kg } NO_3/\eta\mu) = 28,38 \text{ kg } O_2/\eta\mu$$

Με βάση τα ανωτέρω μεγέθη η ζήτηση του οξυγόνου προκύπτει:

$$\text{Ζήτηση } O_2 = O_{2,C} + O_{2,\phi} + O_{2,v} - O_{2\alpha} = 147,61 \text{ kg } O_2/\eta\mu = 6,15 \text{ kg } O_2/h.$$

Θεωρώντας συντελεστή ασφαλείας 1,20 η τελική ζήτηση οξυγόνου είναι:

$$OTR=7,4 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

$$OTR=[(aF) \times SOTR \times \theta^{T-20}/C_{s20}] \times (C_{STb} - C_{sew}) \rightarrow SOTR=18,7 \text{ kg/h}$$

aF	0,56
$C_{s20}(\text{mg/l})$	9,10
$C_{stb}=0,95 \cdot C_{s20} \text{ (mg/l)}$	8,65
$C_{sew}(\text{mg/l})$	2,00
$\theta^{T-20}=1,024^{T-20}$	0,95

Όμως από το σύστημα καθαρισμού των μεμβρανών έχουμε $SOTR_{\chi\phi}=4,84 \text{ kg/h}$

Επομένως $SOTR = 18,7 - 4,84 = 13,86 \text{ kg/h}$, άρα για τις βιολογικές διεργασίες απαιτείται :

$$Q_{air} = \frac{4.31 \times SOTR}{1.2 \times \varepsilon} \rightarrow Q_{air} = \frac{4.31 \times 13,86}{1.2 \times 0,18} = 276.56 \frac{m^3}{h}$$

Για την κάλυψη της παραπάνω απαίτησης, εγκαθίσταται σύστημα παροχής αέρα, το οποίο αποτελείται από δύο λοβοειδείς φυσητήρες, έναν σε λειτουργία και έναν εφεδρικό, παροχής $330 \text{ Nm}^3/\text{h}$ έκαστος. Οι φυσητήρες θα λειτουργούν με Inverter και η παροχή τους θα ρυθμίζεται ανάλογα με την απαίτηση σε οξυγόνο.

Το σύστημα διάχυσης θα αποτελείται από 45 διαχυτές λεπτής φυσαλίδας που ο καθένας θα λειτουργεί με μέγιστη παροχή μικρότερη από $6 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

7.4 Σχεδιασμός – Χωροθέτηση μονάδας MBR

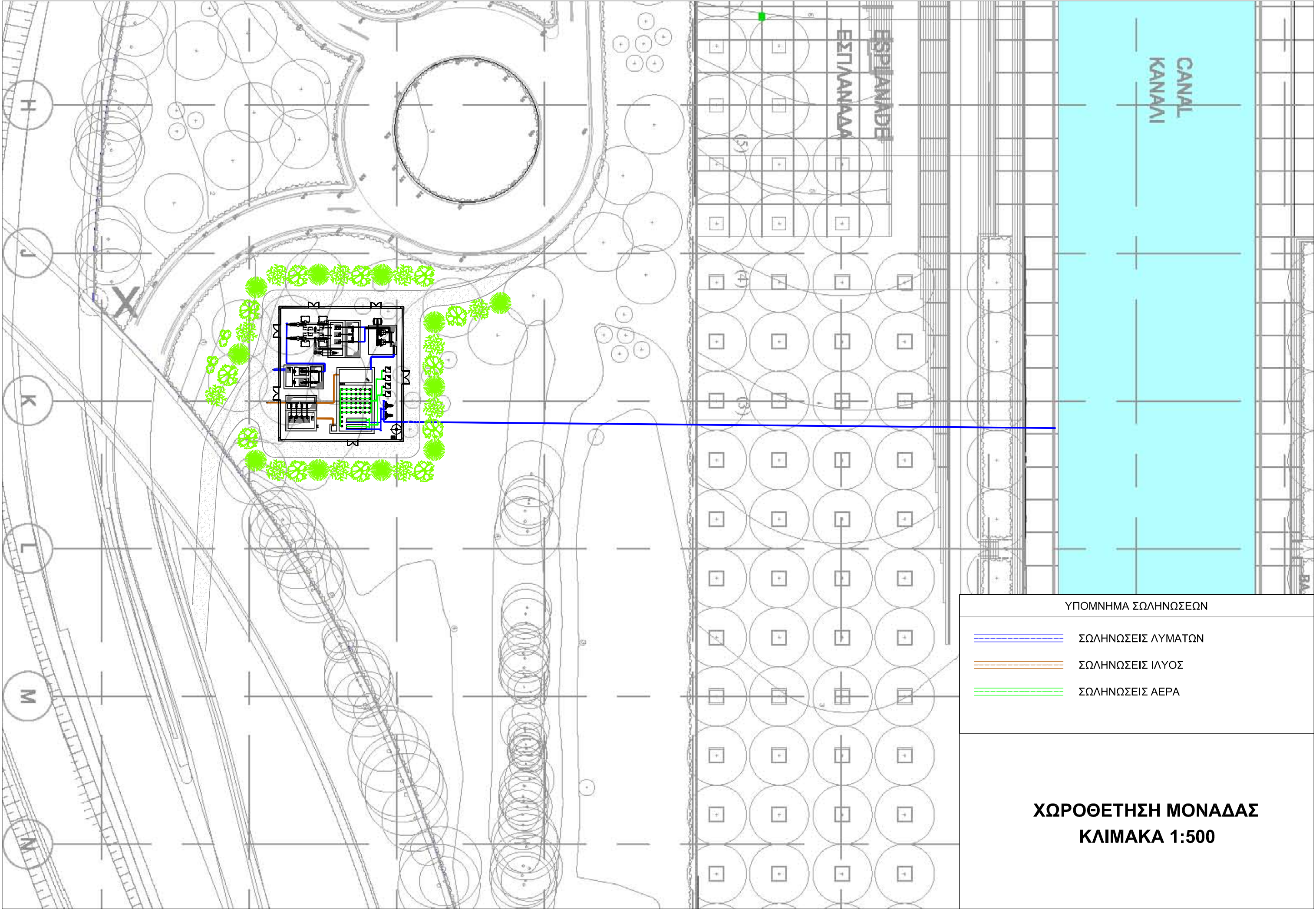
Στα σχέδια που ακολουθούν παρουσιάζεται ο σχεδιασμός καθώς και η χωροθέτηση της μονάδας MBR. Το αποτύπωμα της μονάδας είναι 370 m² εντός βιομηχανικού κτιρίου.

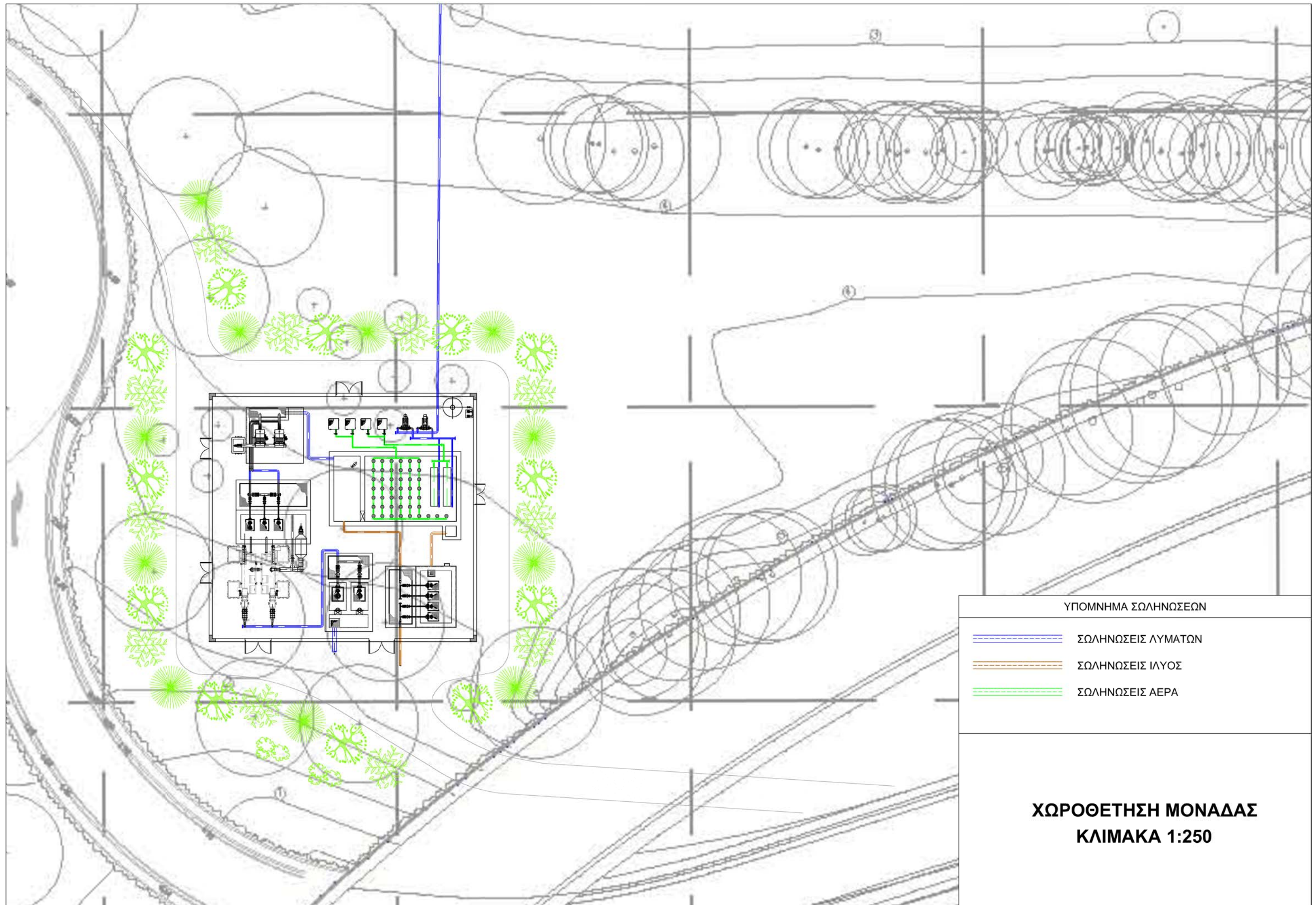
Ο κατάλογος σχεδίων είναι ο ακόλουθος:

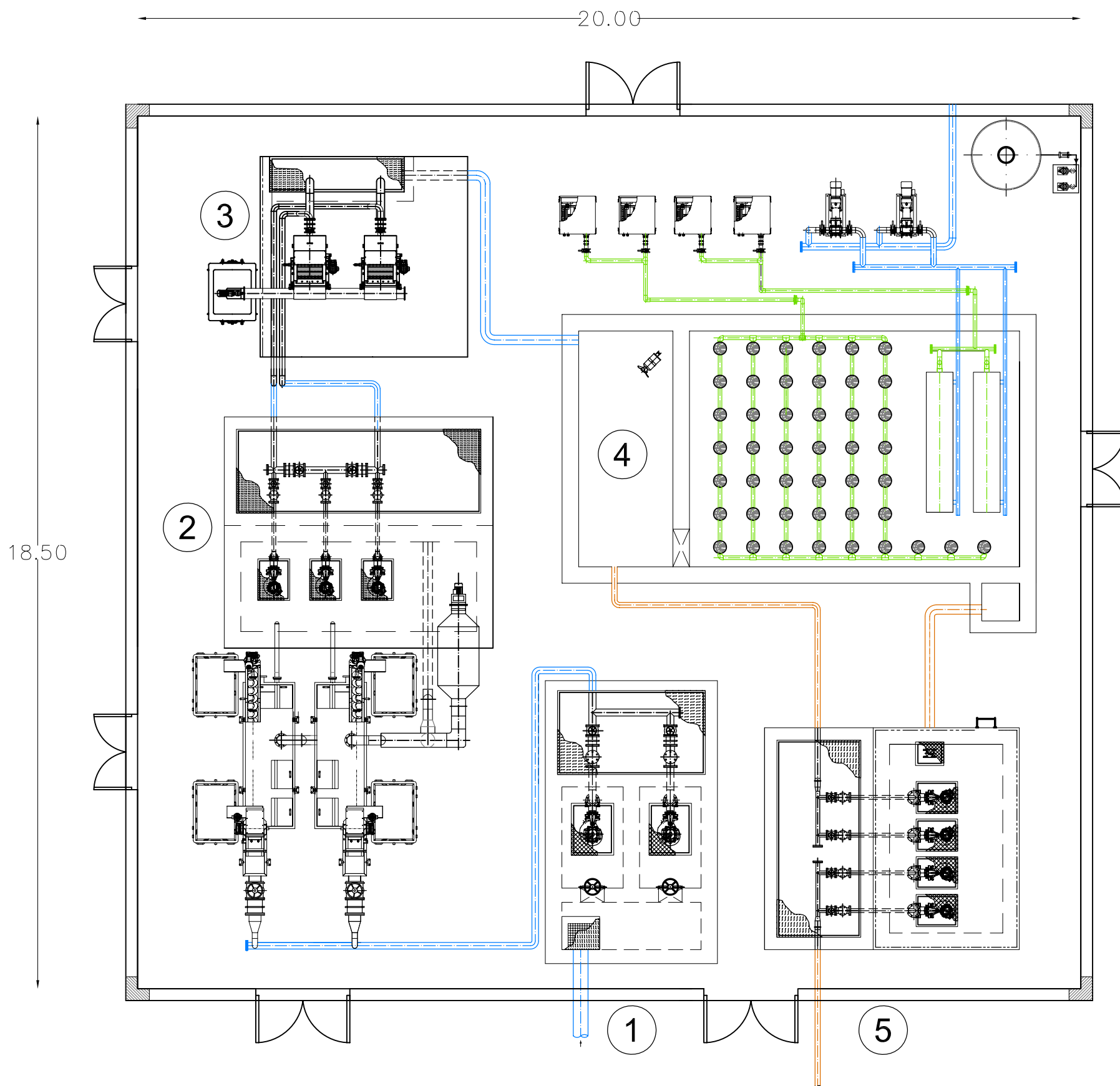
ΣΧΕΔΙΑ (σύνολο 16 φύλλα)




A/A	Τίτλος Σχεδίου	Κλίμακα
1	Χωροθέτηση Μονάδας	1:500
2	Χωροθέτηση Μονάδας	1:250
3	Γενική Διάταξη	1:100
4	Ανλιοστάσιο Αρχικής Ανύψωσης	
4.1	Κάτοψη	1:25
4.2	Τομή A-A	1:25
5	Προεπεξεργασία και Α/Σ	
5.1	Κάτοψη	1:50
5.2	Τομή A-A	1:50
5.3	Τομή B-B	1:50
6	Μονάδα Λεπτοεσχάρωσης (Κοσκίνισης)	
6.1	Κάτοψη	1:25
6.2	Τομή A-A	1:25
7	Βιολογική Βαθμίδα Νιτροποίηση-Απονιτροποίηση Αερισμός-MBR	
7.1	Κάτοψη	1:50
7.2	Τομή A-A	1:50
7.3	Τομή B-B	1:50
7.4	Τομή Γ-Γ	1:50
8	Ανλιοστάσιο Ανακυκλοφορίας και Περίσσειας Ιλύος	
8.1	Κάτοψη	1:50
8.2	Τομή A-A, Τομή B-B	1:50

Παράρτημα Σχεδίων

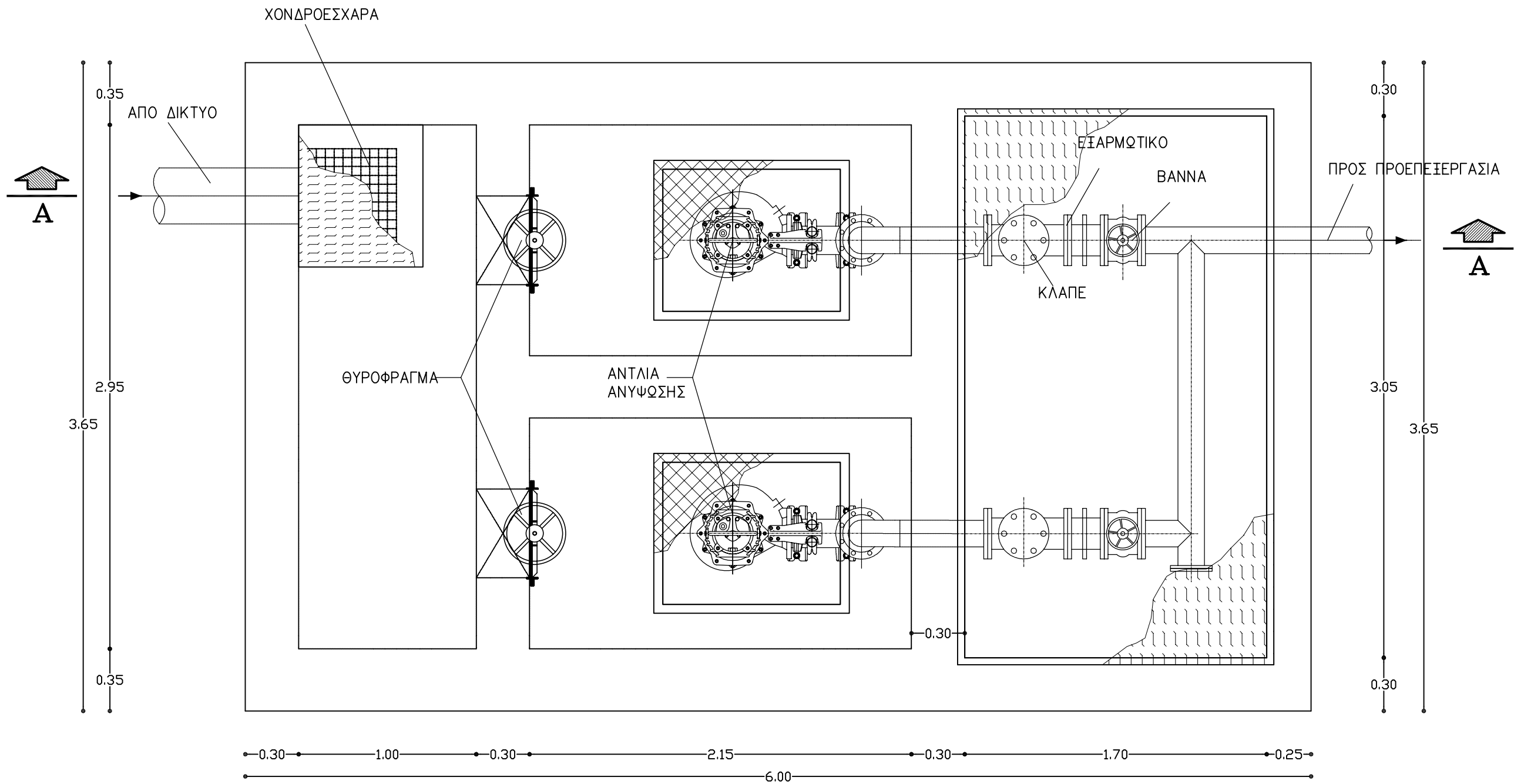






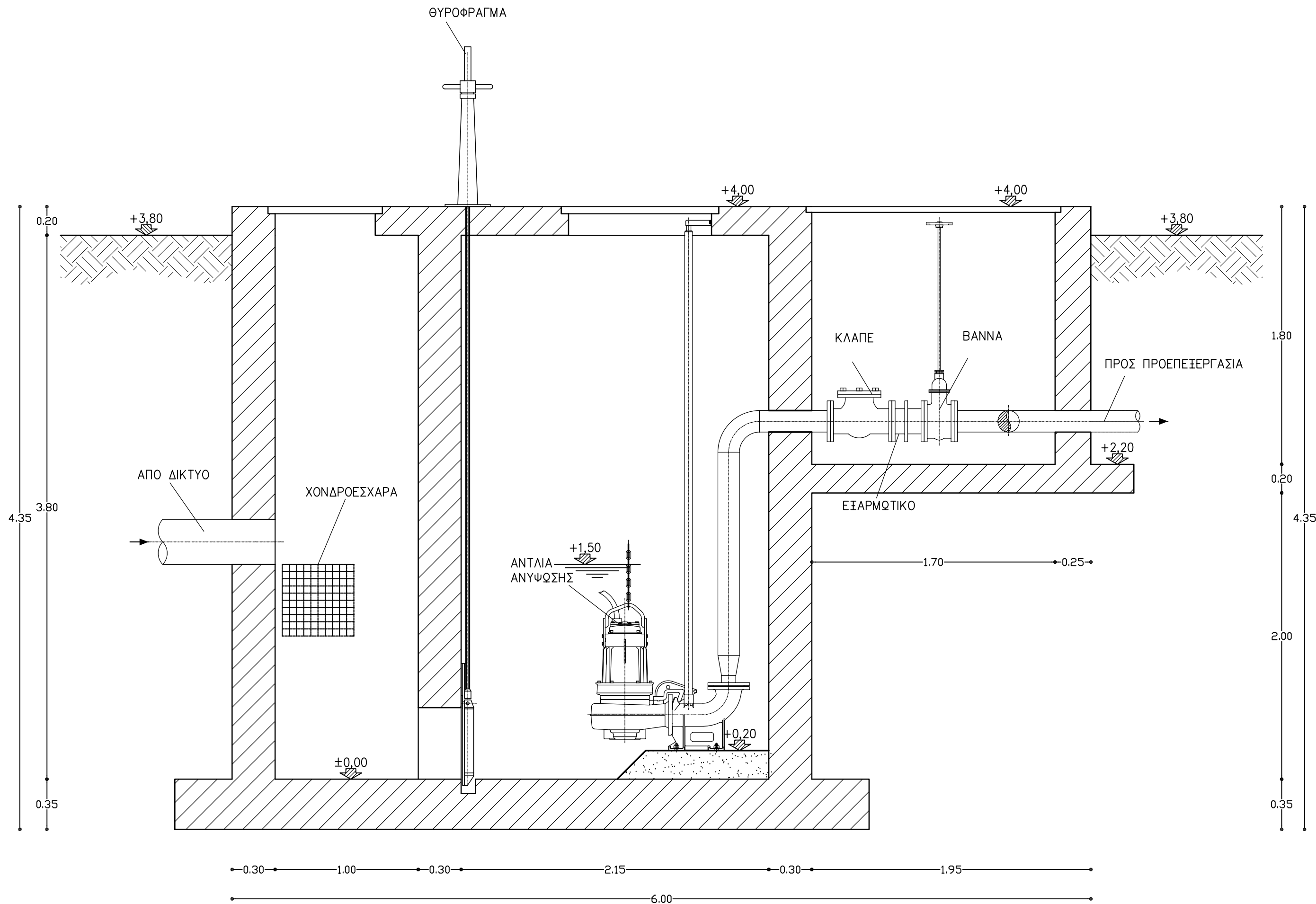
ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΕΡΓΩΝ	
①	Α/Σ Αρχικής Ανύψωσης
②	Μονάδα προεπεξεργασίας - δεξαμενή και Α/Σ εξισορρόπησης
③	Μονάδα λεπτοεσχάρωσης (κοσκίνισης)
④	Βιολογική βαθμίδα (μερισμός - απονιτροποίηση - αερισμός-MBR)
⑤	Α/Σ ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος
ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ	
	ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΛΥΜΑΤΩΝ
	ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΙΛΥΟΣ
	ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΑΕΡΑ

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ
ΚΑΤΟΨΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



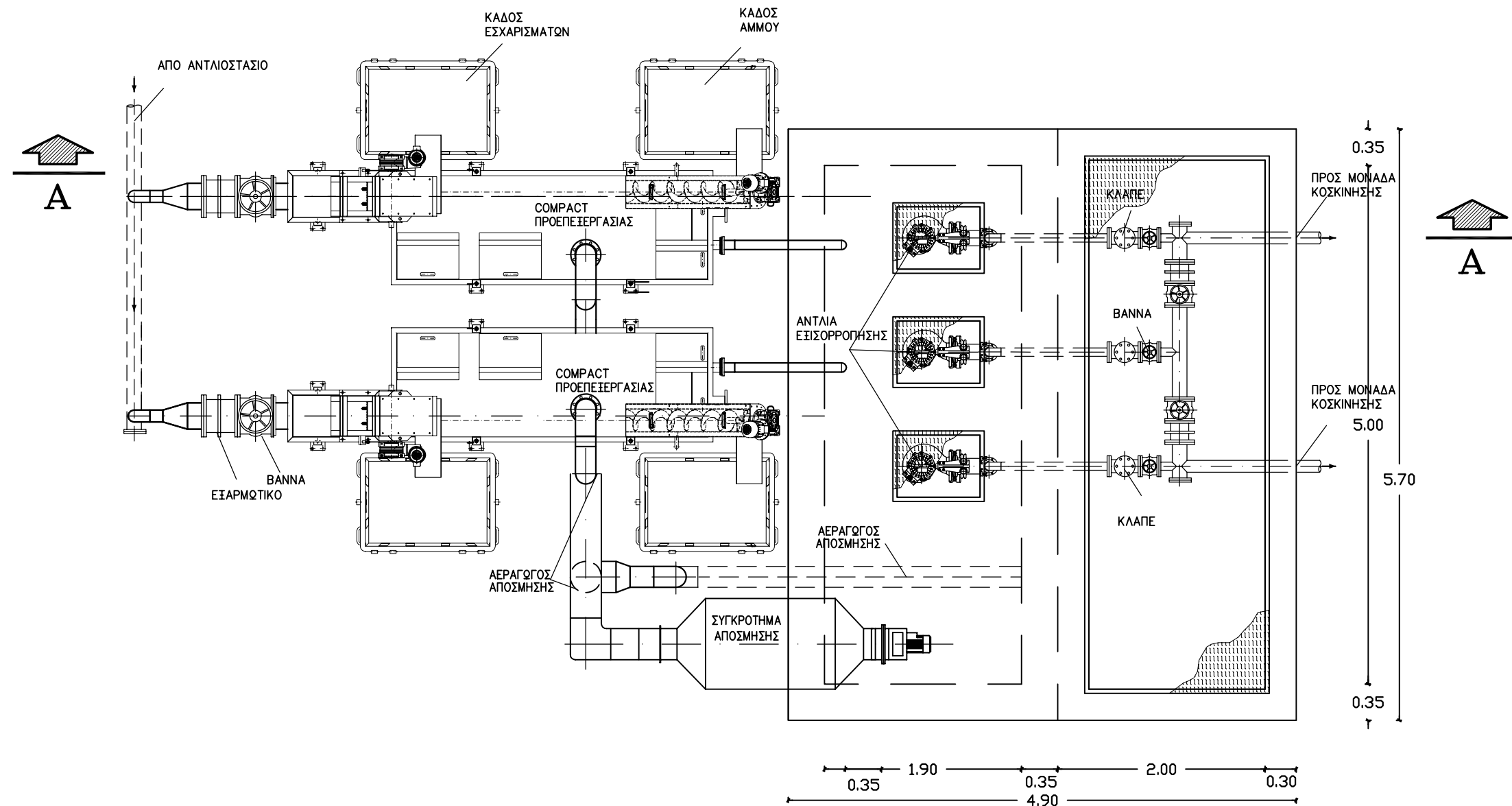
ΚΑΤΟΨΗ

**ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ
ΚΑΤΟΨΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25**



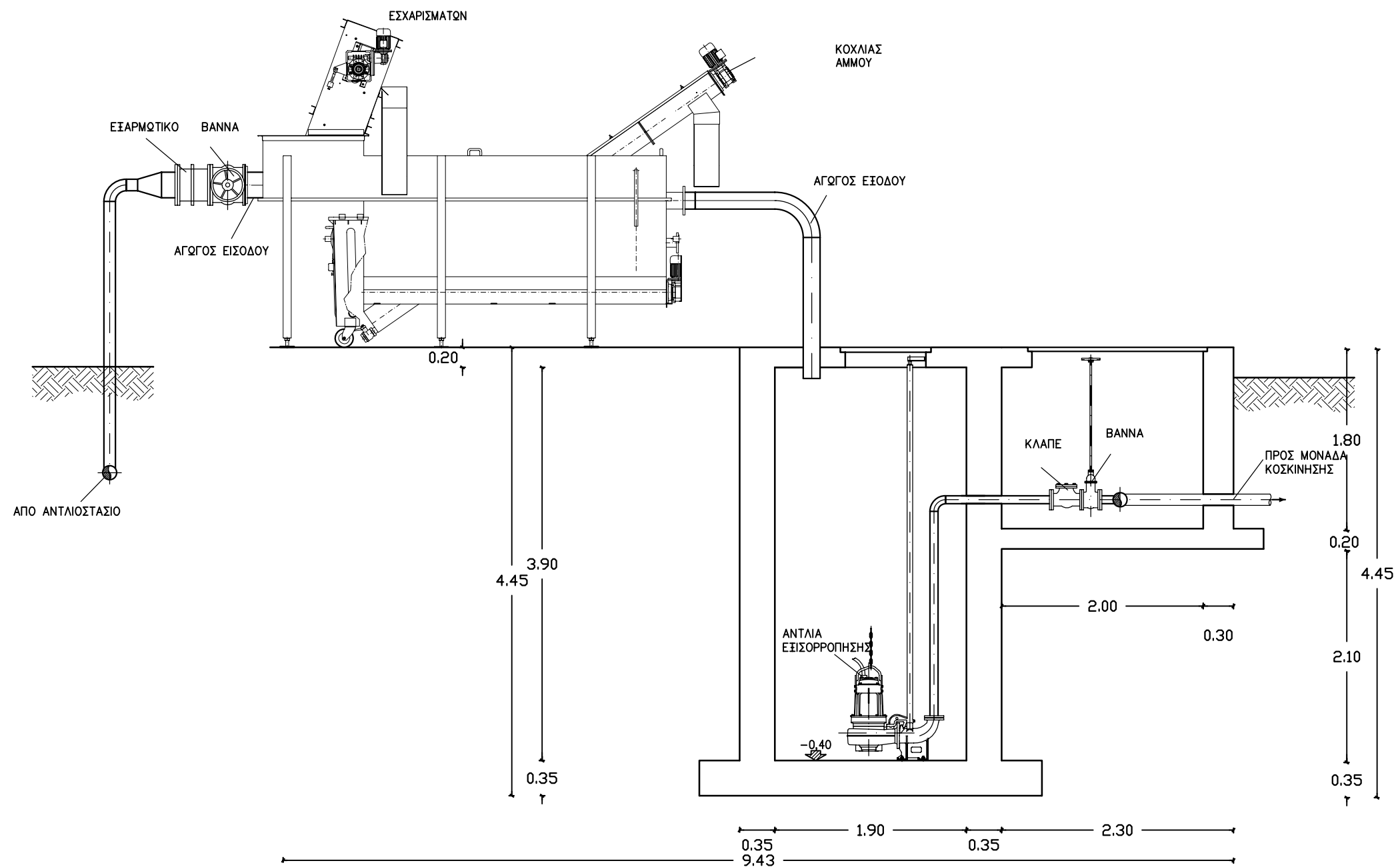
ΤΟΜΗ Α-Α

ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ
ΤΟΜΗ Α-Α
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25



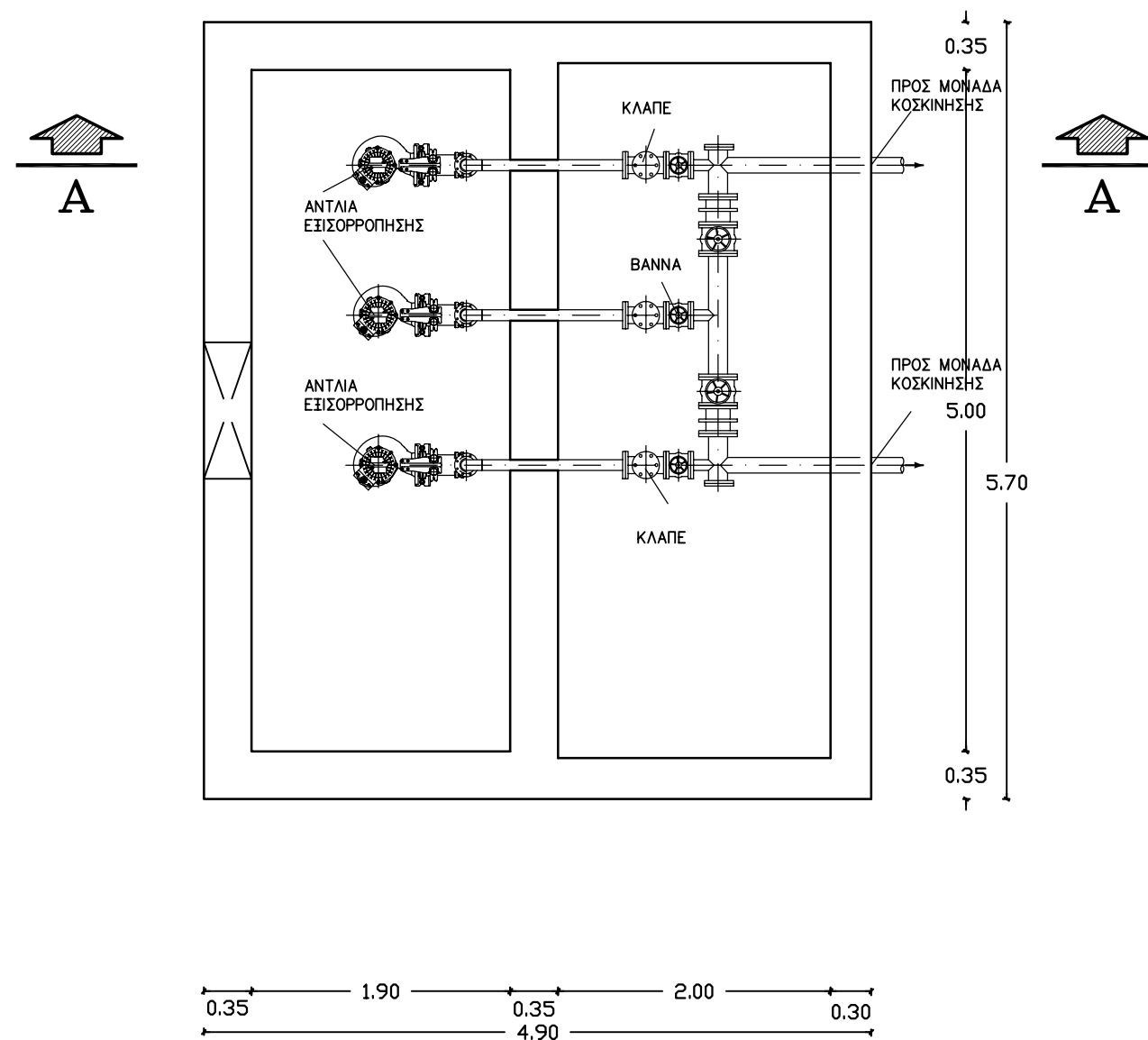
ΚΑΤΟΨΗ

ΠΡΟΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
& Α/Σ
ΚΑΤΟΨΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50



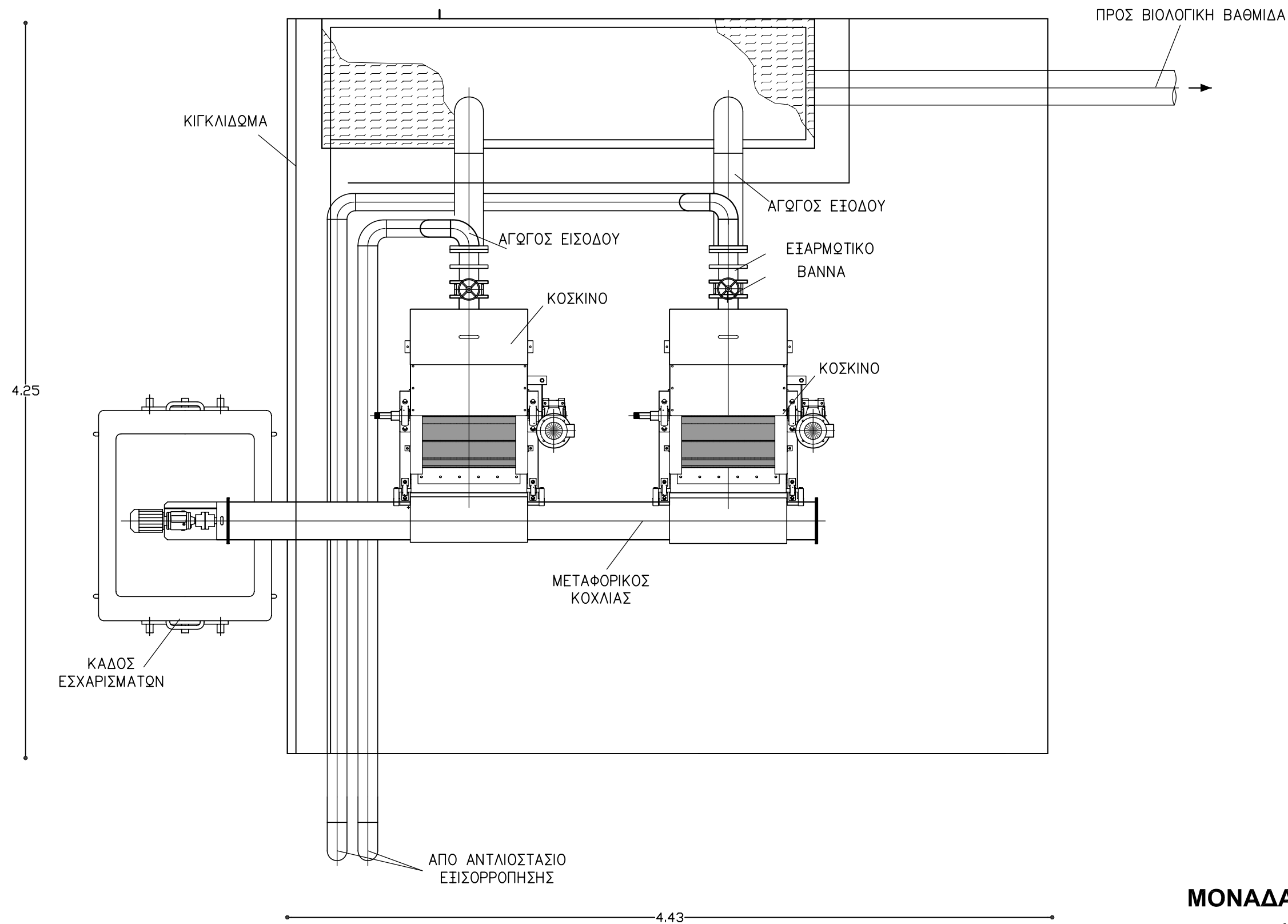
ΤΟΜΗ Α-Α

ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
& Α/Σ
ΤΟΜΗ Α-Α
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50



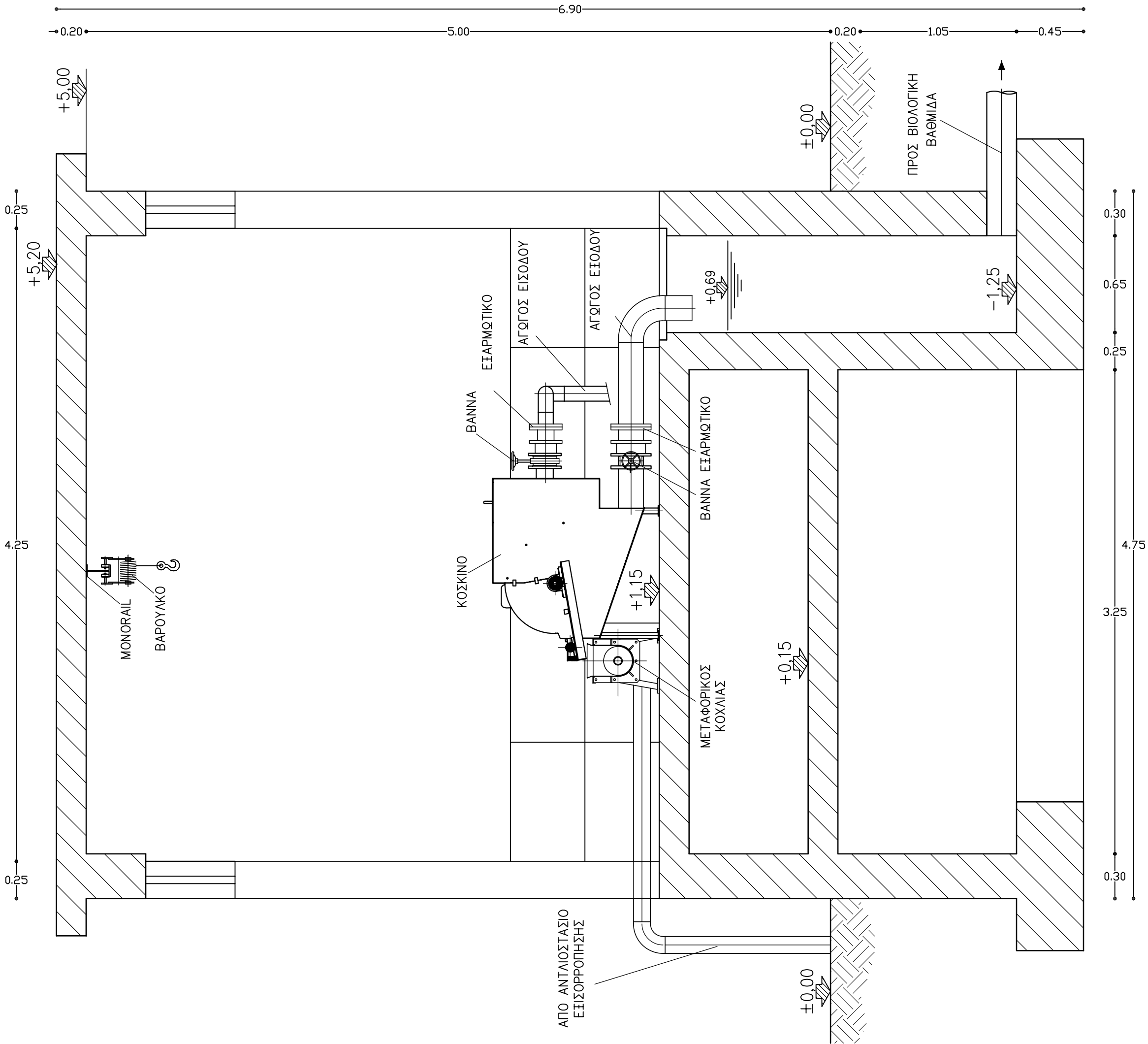
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ Β-Β

**ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
& Α/Σ
ΤΟΜΗ Β-Β
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50**

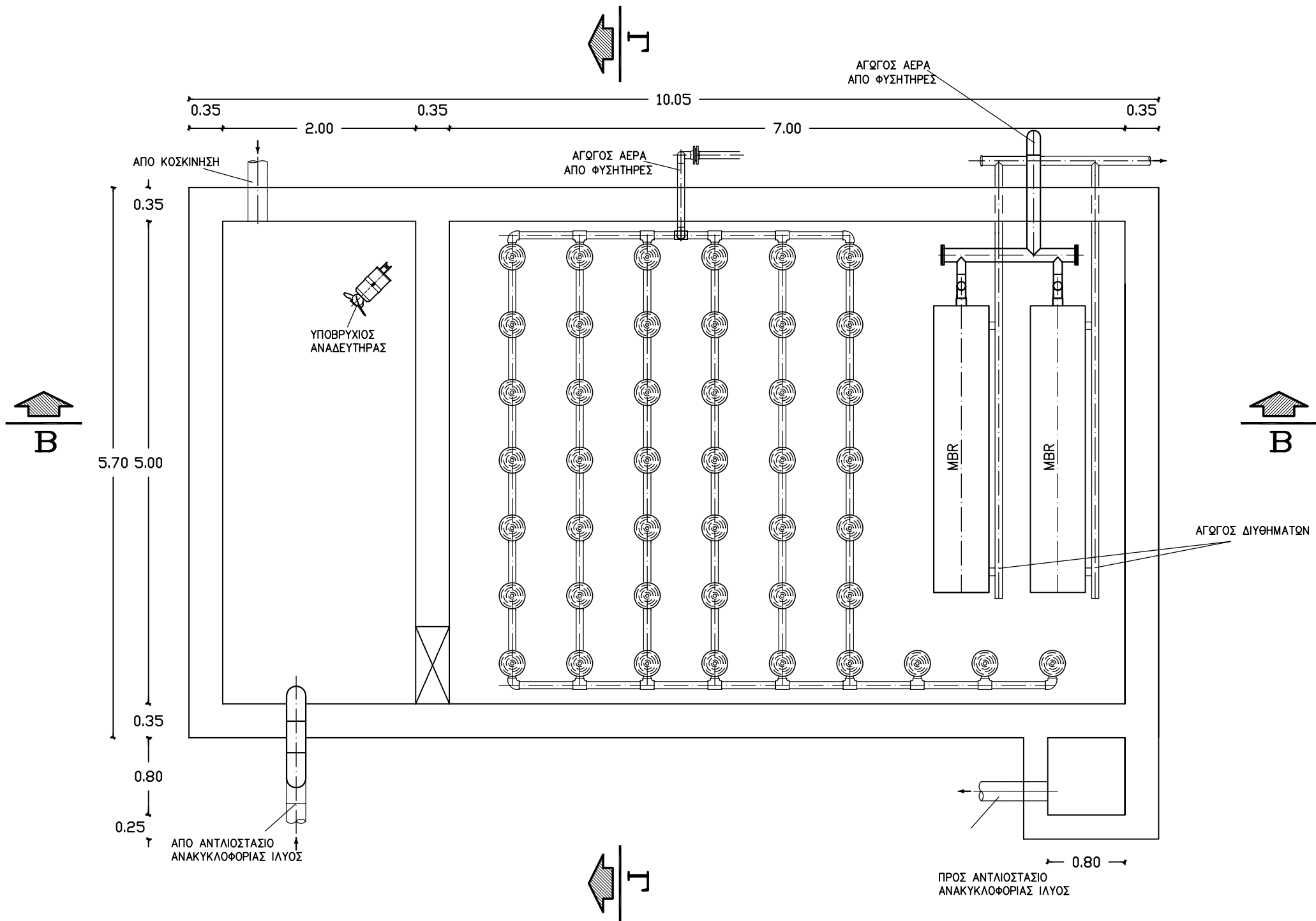


ΚΑΤΟΨΗ

**ΜΟΝΑΔΑ ΛΕΠΤΟΕΣΧΑΡΩΣΗΣ
(ΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ)
ΚΑΤΟΨΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25**

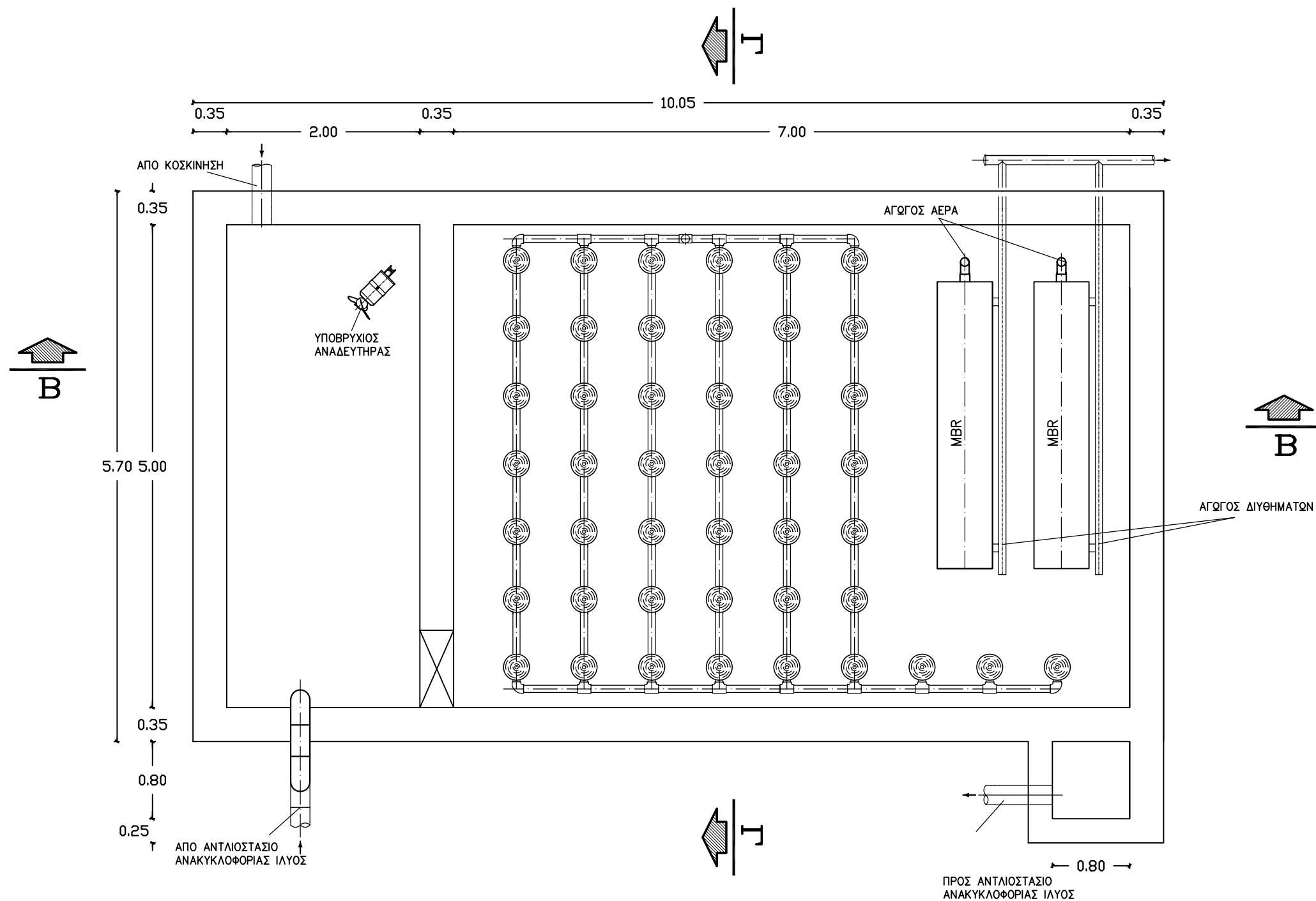


ΜΟΝΑΔΑ ΛΕΠΤΟΕΣΧΑΡΩΣΗΣ
(ΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ)
ΤΟΜΗ Α-Α
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25



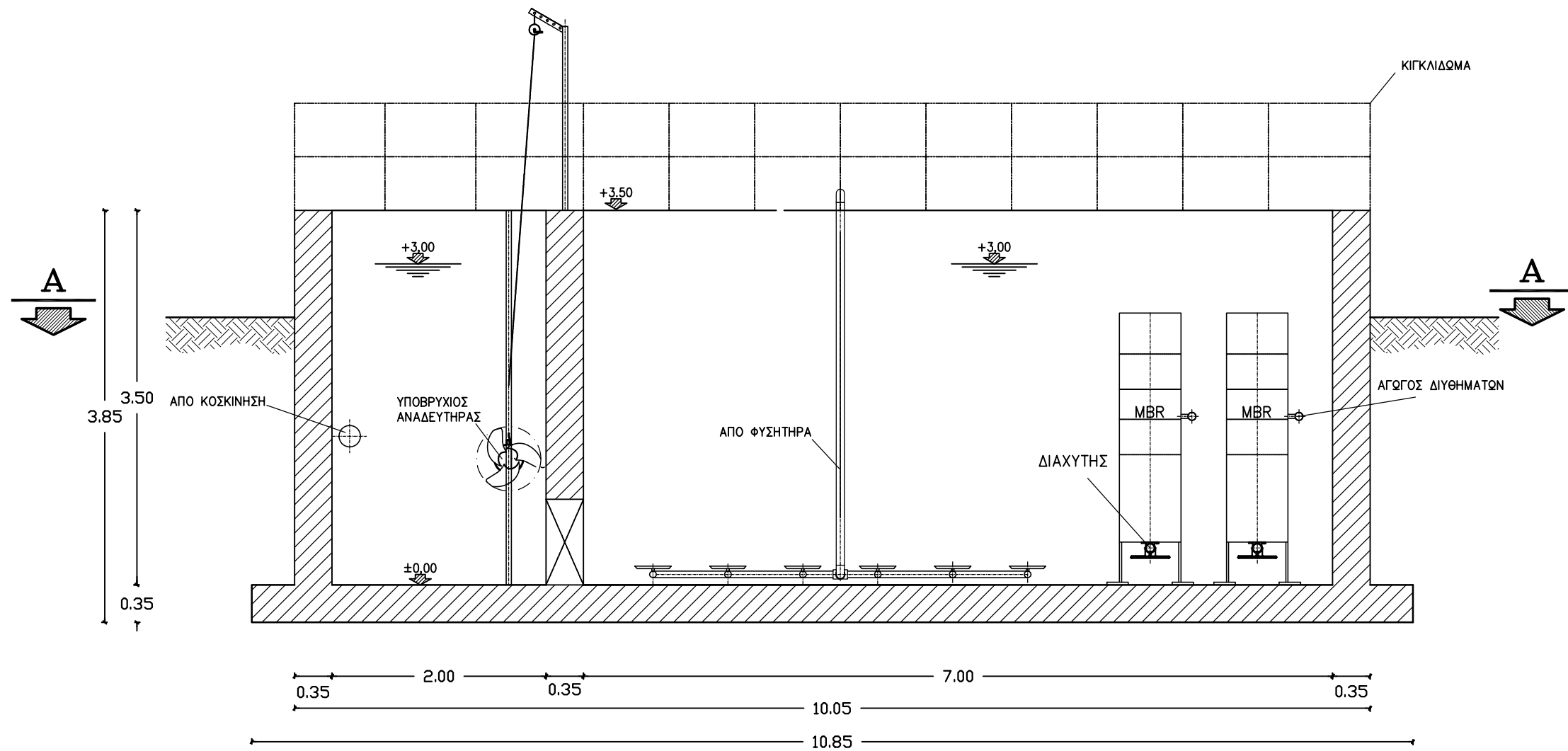
ΚΑΤΟΨΗ

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΘΜΙΔΑ
ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ-ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ
ΑΕΡΙΣΜΟΣ-MBR
ΚΑΤΟΨΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50



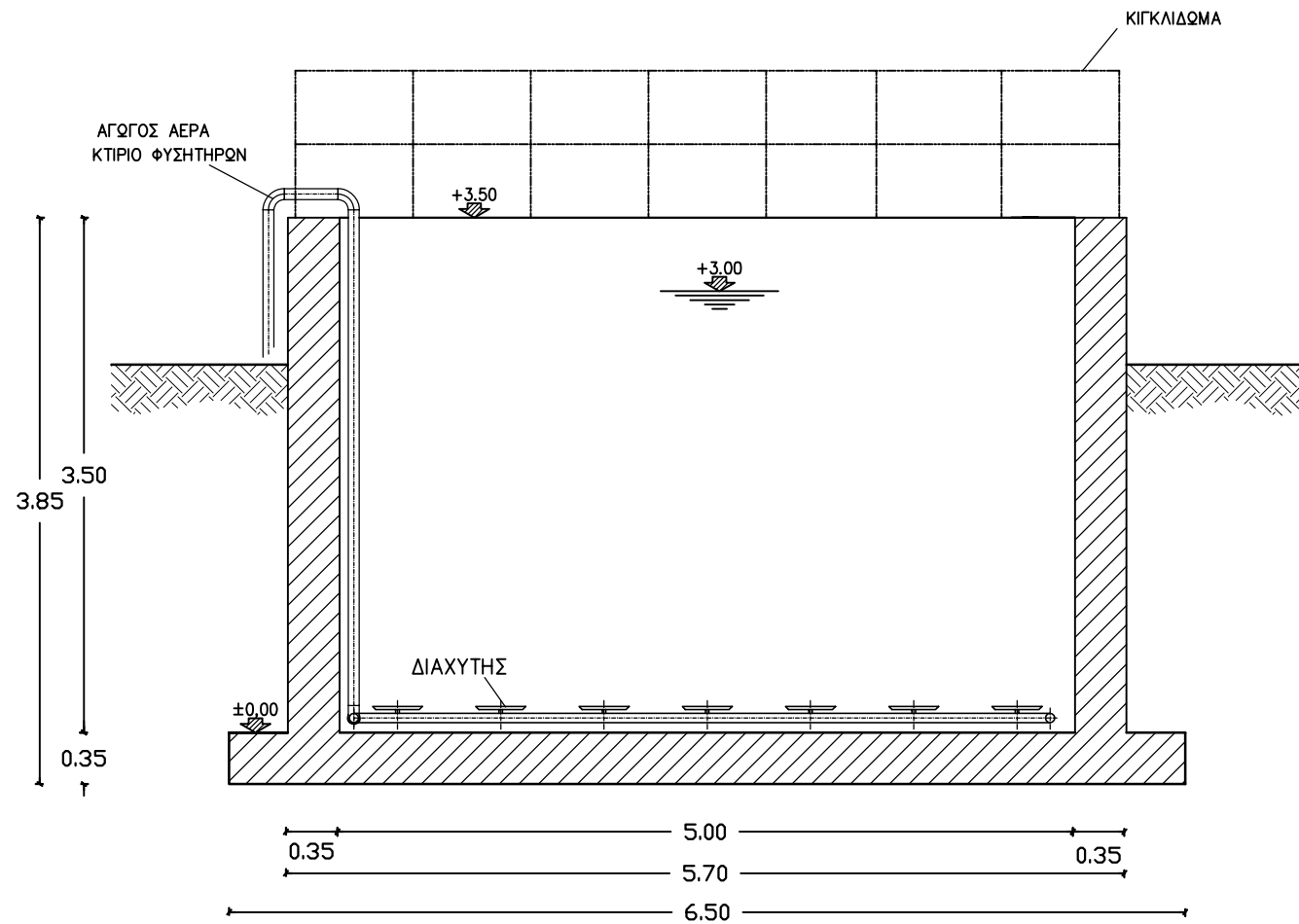
ΤΟΜΗ Α-Α

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΘΜΙΔΑ
ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ-ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ
ΑΕΡΙΣΜΟΣ-MBR
ΤΟΜΗ Α-Α
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50



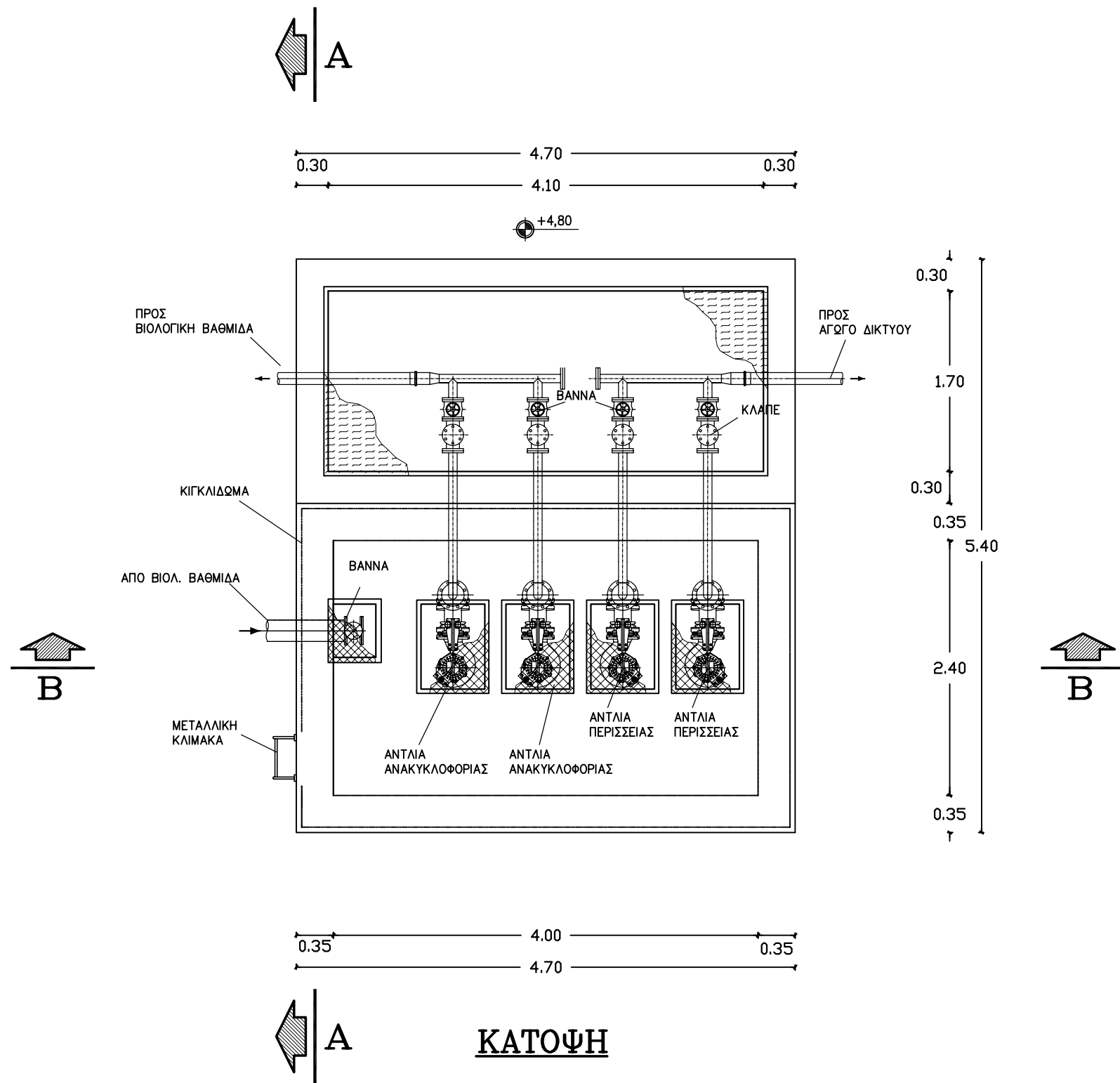
ΤΟΜΗ Β-Β

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΘΜΙΔΑ
ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ-ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ
ΑΕΡΙΣΜΟΣ-MBR
ΤΟΜΗ Β-Β
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50

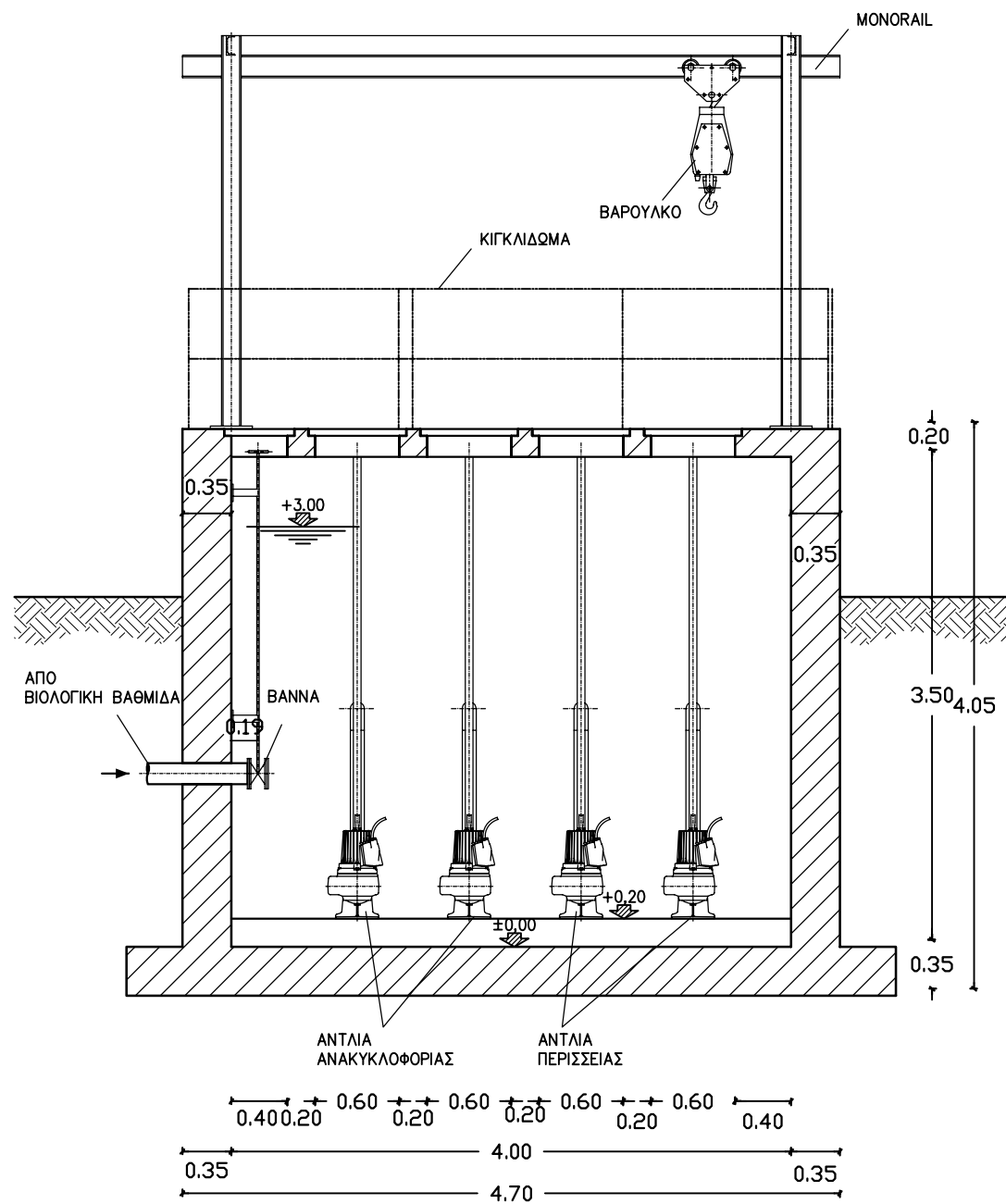


ΤΟΜΗ Γ-Γ

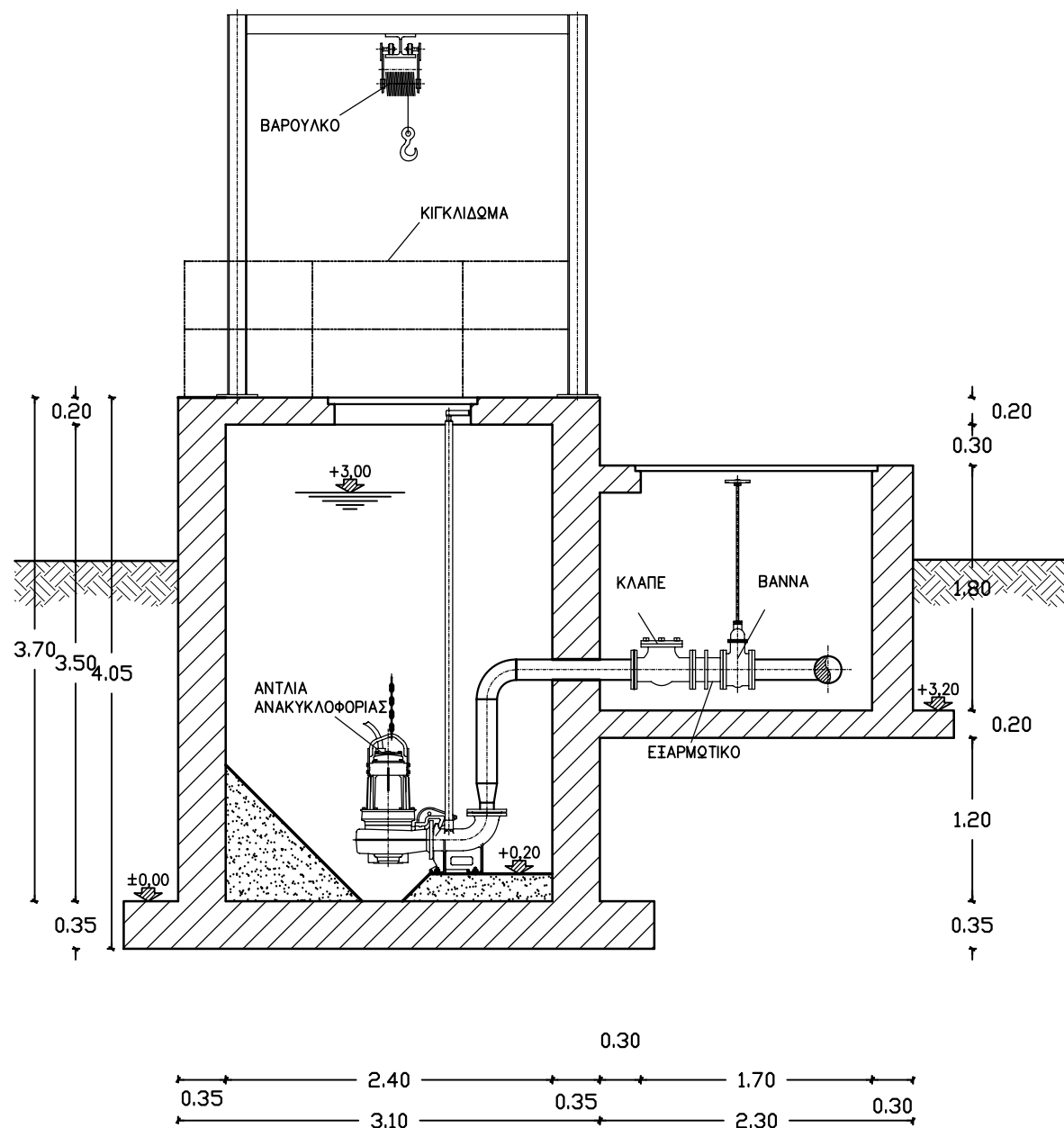
ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΘΜΙΔΑ
ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ-ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ
ΑΕΡΙΣΜΟΣ-MBR
ΤΟΜΗ Γ-Γ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50



ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΛΥΟΣ
ΚΑΤΟΨΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50



ΤΟΜΗ Β-Β



ΤΟΜΗ Α-Α

**ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΛΥΟΣ
ΤΟΜΗ Α-Α, ΤΟΜΗ Β-Β
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:50**

8 Κόστος μονάδας MBR

8.1 Στοιχεία λειτουργίας Μονάδας MBR

Οι υπολογισμοί που ακολουθούν γίνονται με βάση τις ποσότητες που υπολογίζονται στο κεφάλαιο των υγειονομολογικών υπολογισμών.

Για τον υπολογισμό των ετήσιων καταναλώσεων, λαμβάνουμε ότι η εγκατάσταση θα λειτουργεί κατά τους μήνες Μάρτιο - Νοέμβριο, ήτοι 9 μήνες ή 275 ημέρες.

Οξαλικό οξύ

Για τον καθαρισμό των μεμβρανών καταναλώνονται 1000 λίτρα διαλύματος 1% για κάθε module. Ήτοι για κάθε module χρειάζονται $1/12 \times 1000 = 83,3$ λίτρα διαλύματος 12% σε οξαλικό οξύ. Για τα 2 συνολικά modules, για κάθε καθαρισμό απαιτούνται $2 \times 83,3 = 166,6$ λίτρα διαλύματος. Με δεδομένο ότι ο καθαρισμός θα γίνεται 2 φορές το χρόνο, η ετήσια κατανάλωση θα ανέρχεται σε 333,2 λίτρα διαλύματος οξαλικού οξέος περιεκτικότητας 12%.

Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας

Για τον υπολογισμό έγιναν οι παρακάτω βασικοί υπολογισμοί - παραδοχές :

- Για κάθε μηχανήμα υπολογίζονται οι ώρες λειτουργίας του με βάση το ημερήσιο φορτίο (π.χ. $1000 \text{ m}^3/\text{day}$), την δυναμικότητα του καταναλωτή, (π.χ. $100 \text{ m}^3/\text{h}$) και τον αριθμό των ομοειδών καταναλωτών σε παράλληλη λειτουργία, (π.χ. 2) διαιρώντας το ημερήσιο φορτίο με την δυναμικότητα και τον αριθμό των παράλληλων μηχανημάτων σε λειτουργία (π.χ. $1000 \text{ m}^3/\text{day} / 100 \text{ m}^3/\text{h} / 2 = 5 \text{ h/day}$).
- Όλοι οι αναδευτήρες λειτουργούν επί 24ωρο.
- Ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας του συστήματος αερισμού γίνεται με την παραδοχή ότι οι φυσητήρες λειτουργούν στο 100% της δυναμικότητάς τους και για λιγότερο από 24 ώρες όπως γίνεται για κάθε μηχανήμα. Σαν ποσότητα οξυγόνου λαμβάνουμε αυτή που απαιτείται σε ημερήσια βάση σύμφωνα με τους υγειονομολογικούς υπολογισμούς με τον συντελεστή ασφάλειας (1,20).

No	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	Ώρες λειτουργίας	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (KWh/year)
			Pabs [KW]	(h/day)	
1. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ					
1	P-1.1	ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ Νο1	2,4	3,3	2.178,00
2	P-1.2	ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ Νο2	2,4	3,3	2.178,00
2. ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ					
3	COM-1.1	COMPACT ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ Νο1	2,48	4,58	3.123,56
4	COM-1.2	COMPACT ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ Νο2	2,48	4,58	3.123,56
5	SL-1	ΚΟΧΛΙΑΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ	0,44	9,26	1.120,46
6	SL-2	ΚΟΧΛΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	0,44	9,26	1.120,46
3. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ					
7	P-2.1	ΑΝΤΛΙΑ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ Νο1	0,62	9,7	1.653,85
8	P-2.2	ΑΝΤΛΙΑ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ Νο2	0,62	9,7	1.653,85
4. ΜΟΝΑΔΑ ΛΕΠΤΟΕΣΧΑΡΩΣΗΣ (ΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ)					
9	SC-3.1	ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΠΤΟΕΣΧΑΡΩΣΗΣ Νο1	0,44	6,6	798,60
10	SC-3.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΠΤΟΕΣΧΑΡΩΣΗΣ Νο2	0,44	6,6	798,60
11	SL-3	ΚΟΧΛΙΑΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ	0,44	13,2	1.597,20
5. ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΚΤΙΡΙΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ					
12	MX-2.1	ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑΣ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ Νο1	2,4	24	15.840,00
13	MX-2.2	ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑΣ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ Νο2	2,4	24	15.840,00
14	BL-1.1	ΦΥΣΗΤΗΡΑΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ Νο1	5	10,04	13.805,00
15	BL-1.2	ΦΥΣΗΤΗΡΑΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ Νο2	5	10,04	13.805,00
16	BL-2.1	ΦΥΣΗΤΗΡΑΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ Νο1	5	10,55	14.506,25
17	BL-2.2	ΦΥΣΗΤΗΡΑΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ Νο2	5	10,55	14.506,25
18	P-3.1	ΑΝΤΛΙΑ ΔΙΗΘΗΜΑΤΩΝ Νο1	2,2	6,6	3.993,00
19	P-3.2	ΑΝΤΛΙΑ ΔΙΗΘΗΜΑΤΩΝ Νο2	2,2	6,6	3.993,00
20	F-2.1	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΧΩΡΟΥ ΦΥΣΗΤΗΡΩΝ Νο1	0,2	24	1.320,00
21	F-2.2	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΧΩΡΟΥ ΑΝΤΛΙΩΝ	0,08	24	528,00
22	F-2.3	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΧΩΡΟΥ ΧΗΜΙΚΩΝ 1	0,08	24	528,00
23	PS-1	ΠΙΕΣΤΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	3	4	4.380,00
6. ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΛΥΟΣ					
24	P-8.1	ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΙΛΥΟΣ Νο1	2	2,75	1.512,50
25	P-8.2	ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΙΛΥΟΣ Νο2	2	2,75	1.512,50

No	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	Ώρες λειτουργίας	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (KWh/year)
			Pabs [KW]	(h/day)	
26	P-9.1	ΑΝΤΛΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ Νο1	0,65	0,4	71,50
27	P-9.2	ΑΝΤΛΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ Νο2	0,65	0,4	71,50
7. ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ					
28	-	ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ	1	24	6.600,00
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (KW)			52,06	288,76	132158,64

8.2 Λειτουργικό κόστος ΕΕΛ

Στον παρακάτω πίνακα υπολογίζεται το λειτουργικό κόστος της ΕΕΛ:

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΜΟΝ. ΚΟΣΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ
				€/μονάδα	€
1	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	KWh/ΕΤΟΣ	132.159	0,08	10.572,69
2	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΟΞΑΛΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ	l/έτος	333,2	3	999,60
3	ΟΧΗΜΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ/ΕΤΟΣ	9	20	180,00
4	ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ				
	Σύμβουλος Υγιεινολόγος Μηχανικός (μερική απασχόληση)	ΑΝΘΡ/ΜΗΝΕΣ	1	1.500,00	1.500,00
	Χημικός εργαστηρίου (μερική απασχόληση)	ΑΝΘΡ/ΜΗΝΕΣ	1	1.100,00	1.100,00
	Ηλεκτροτεχνίτης (μερική απασχόληση)	ΑΝΘΡ/ΜΗΝΕΣ	1	1.100,00	1.100,00
	Μηχανοτεχνίτης (μερική απασχόληση)	ΑΝΘΡ/ΜΗΝΕΣ	1	1.100,00	1.100,00
5	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	9	500	4.500,00
6	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΗΣΙΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ				21.052,29
	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΛΥΜΑΤΩΝ				90.750,00
	ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ				0,23

8.3 Κατασκευαστικό Κόστος Μονάδας MBR

Στις παρακάτω σελίδες γίνεται η κατά άρθρο εκτίμηση του προϋπολογισμού της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων.

- Οι τιμές αναφέρονται σε τελειωμένα επιμέρους έργα (μονάδες) της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.
- Τα έργα διακρίνονται σε πολιτικού μηχανικού (Π/Μ) και ηλεκτρομηχανολογικά (Η/Μ) -καθαρισμού έργα.
- Όλες οι τιμές μονάδας αναφέρονται σε πλήρως περατωμένες εργασίες κατασκευής, προμήθειας και εγκατάστασης υλικών και εξοπλισμού
- Οι τιμές του παρόντος περιλαμβάνουν και τις κάτωθι δαπάνες:
 - α. Δαπάνες για ημερομίσθια
 - β. Δαπάνες προμήθειας επιτόπου των έργων, μεταφοράς, κατεργασίας, αποθήκευσης, ενσωμάτωσης και φθοράς όλων των απαιτούμενων δομικών υλικών για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση των έργων.
 - γ. Δαπάνες ικριωμάτων και βοηθητικών γενικά κατασκευών.

Άρθρο 1. Έργα εισόδου – προεπεξεργασία

A. Έργα Π/Μ

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΜΜ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΔΑΠΑΝΗ
1	Ειδικές εκσκαφές	7	m ³	150	1.050,00
2	Επίχωση με επιλεγμένα υλικά και συμπύκνωση	9	m ³	78	702,00
3	Σκυρόδεμα καθαριότητας C12/15 με εργασία και ξυλότυπους	60	m ³	4,7	282,00
4	Σκυρόδεμα C20/25 με εργασία και ξυλότυπους	140	m ³	44	6.160,00
5	Σιδηρός οπλισμός S500 με εργασία	1	kg	4.840,00	4.840,00
6	Τελειωματικές εργασίες (βαψίματα, επιχρίσματα, κ.λπ.)	3.000,00	τεμ.	1	3.000,00
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ Π/Μ					16.034,00 €

Β. Έργα Η/Μ – Καθαρισμού

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤ.	ΔΑΠΑΝΗ
Α. ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ					
A1.	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ				
1	Εσχαροκάδος	1.000	τεμ	1	1.000,00
2	Θυροφράγματα απομόνωσης	2.000	τεμ	2	4.000,00
3	Αντλίες ανύψωσης Υποβρύχιες, παροχής 50m ³ /h σε μανομετρικό 8m	5.000	τεμ	2	10.000,00
A2.	ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ				
4	Συστήματα προεπεξεργασίας λυμάτων Δυναμικότητας 10lt/s έκαστο	30.000	τεμ	2	60.000,00
5	Κοχλίας αποκομιδής εσχαρισμάτων	5.000	τεμ	1	5.000,00
6	Κοχλίας αποκομιδής άμμου	5.000	τεμ	1	5.000,00
7	Σέσουλες απομάκρυνσης εσχαρισμάτων και άμμου	500	τεμ	1	500,00
8	Κάδοι αποκομιδής	300	τεμ	1	300,00
9	Σύστημα απόσμησης προεπεξεργασίας	6.000	τεμ	1	6.000,00
Β.ΔΙΚΤΥΑ					
1	Δίκτυο αντλιοστασίου ανύψωσης	5.000	σετ	1	5.000,00
2	Δίκτυο τροφοδοσίας και εξόδου compact συστημάτων	1.500	σετ	1	1.500,00
3	Δίκτυο αεραγωγών	4.500	σετ	1	4.500,00
Γ. ΟΡΓΑΝΑ					
1	Μετρητής στάθμης Α/Σ ανύψωσης	3.000	τεμ.	1	3.000,00
2	Διακόπτες στάθμης Α/Σ ανύψωσης	100	τεμ.	4	400,00
Δ. ΛΟΙΠΑ					
1	Καλύμματα	140	m ²	7	980,00
2	Κατακόρυφες κλίμακες	110	m	3,5	385,00
Ε. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ					
1	Μεταφορά εξοπλισμού	1.000	σετ	1	1.000,00
2	Εγκατάσταση εξοπλισμού	4.000	σετ	1	4.000,00
ΣΥΝΟΛΟ:				112.565,00	

Άρθρο 2. Α/Σ εξισορρόπησης

Α. Έργα Π/Μ

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΜΜ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΔΑΠΑΝΗ
1	Ειδικές εκσκαφές με μεταφορά	7	m ³	410	2.870,00
2	Επίχωση με επιλεγμένα υλικά και συμπύκνωση	9	m ³	280	2.520,00
3	Σκυρόδεμα καθαριότητας C12/15 με εργασία	60	m ³	6	360,00
4	Σκυρόδεμα C20/25 με εργασία και ξυλότυπους	140	m ³	40	5.600,00
5	Σιδηρός οπλισμός S500 με εργασία	1	kg	44,00	44,00
6	Τελειωματικές εργασίες (βαψίματα, επιχρίσματα, κ.λπ.)	1.000,00	τεμ.	1	1.000,00
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ Π/Μ					12.394,00 €

Β. Έργα Η/Μ - Καθαρισμού

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤ.	ΣΥΝΟΛΑ
A. ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ					
1	Αντλίες εξισορρόπησης Παροχής 17 m ³ /h - μανομετρικό 6,0m	4.000	τεμ	3	12.000,00
2	Inverter αντλιών εξισορρόπησης	500	τεμ	3	1.500,00
Β. ΔΙΚΤΥΑ					
1	Δίκτυο αντλιών εξισορρόπησης	5.000	σετ	1	5.000,00
Δ. ΛΟΙΠΑ					
1	Εσχαρωτά καλύματα (γραδελάδες)	60	m ²		0,00
2	Καλύμματα	140	m ²	3	420,00
3	Κατακόρυφες κλίμακες	110	m	1	110,00
Ε. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ					
1	Μεταφορά εξοπλισμού	500	σετ	1	500,00
2	Εγκατάσταση εξοπλισμού	1.000	σετ	1	1.000,00
ΣΥΝΟΛΟ:					20.530,00

Άρθρο 3. Μονάδα λεπτοεσχάρωσης (κοσκίνισης)**Β. Έργα Η/Μ - Καθαρισμού**

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤ.	ΣΥΝΟΛΑ
Α. ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ					
1	Σύστημα αυτόματης λεπτοεσχάρωσης Δυναμικότητας 25 m ³ /h,	12.000	τεμ	2	24.000,00
2	Κοχλίας εσχαρισμάτων	5.000	τεμ	1	5.000,00
3	Κάδοι αποκομιδής	300	τεμ	2	600,00
Β. ΔΙΚΤΥΑ					
1	Αγωγοί τροφοδοσίας	1.200	σετ	2	2.400,00
2	Δίκτυο νερού πλύσης	800	σετ	1	800,00
1	Εσχαρωτά καλύματα (γραδελάδες)	60	m ²	4	240,00
6	Κιγκλιδώματα ανοξείδωτα	100	m	9	900,00
8	Λοιπές μεταλλικές κατασκευές ανοξείδωτες	12	kg	200	2.400,00
Ε. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ					
1	Μεταφορά εξοπλισμού	500	σετ	1	500,00
2	Εγκατάσταση εξοπλισμού	3.000	σετ	1	3.000,00
ΣΥΝΟΛΟ:					39.840,00

Άρθρο 4. Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας

A. Έργα Π/Μ

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΜΜ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΔΑΠΑΝΗ
1	Ειδικές εκσκαφές	7	m ³	400	2.800,00
2	Επίχωση με επιλεγμένα υλικά και συμπίκνωση	9	m ³	230	2.070,00
3	Σκυρόδεμα καθαριότητας C12/15 με εργασία και ξυλότυπους	60	m ³	11	660,00
4	Σκυρόδεμα C20/25 με εργασία και ξυλότυπους	140	m ³	70	9.800,00
5	Σιδηρός οπλισμός S500 με εργασία	1	kg	7.700,00	7.700,00
6	Τελειωματικές εργασίες (βαψίματα, επιχρίσματα, κ.λπ.)	3.000,00	τεμ.	1	3.000,00
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ Π/Μ					26.030,00 €

Β. Έργα Η/Μ - Καθαρισμού

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤ.	ΣΥΝΟΛΑ
Α. ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ					
3	Αναδευτήρες δεξαμενής απονιτροποίησης	6.000	τεμ	1	6.000,00
4	Διαχυτές λεπτής φυσαλίδας	60	τεμ	42	2.520,00
5	Ανυψωτικός μηχανισμός αναδευτήρων	1.100	τεμ	1	1.100,00
6	Σύστημα μεμβρανών Module μεμβρανών, έκαστο με ενεργή επιφάνεια 290m ²	36.000	τεμ	2	72.000,00
7	Υπερχειλιστές ανακυκλοφορίας ιλύος	800	τεμ	1	800,00
8	Φορητή αντλία εκκένωσης δεξαμενών μεμβρανών	2.500	τεμ	1	2.500,00
Β.ΔΙΚΤΥΑ					
1	Δίκτυο διάχυσης	8.000	σετ	1	8.000,00
2	Δίκτυο διηθημάτων	1.500	σετ	1	1.500,00
3	Δίκτυο χημικών καθαρισμού	2.000	σετ	1	2.000,00
4	Δίκτυο αέρα μεμβρανών	1.500	σετ	1	1.500,00
Γ. ΟΡΓΑΝΑ					
1	Μετρητής διαλυμένου οξυγόνου	4.000	τεμ	1	4.000,00
2	Μετρητής στερεών (MLSS)	4.000	τεμ	1	4.000,00
4	Παροχόμετρα εξόδου	2.500	τεμ.	1	2.500,00
Δ. ΛΟΙΠΑ					
2	Κιγκλιδώματα γαλβανισμένα	60	m	35	2.100,00
Ε. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ					
1	Μεταφορά εξοπλισμού	3.000	σετ	1	3.000,00
2	Εγκατάσταση εξοπλισμού	10.000	σετ	1	10.000,00
ΣΥΝΟΛΟ:					123.520,00

Άρθρο 5. Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας ιλύος

A. Έργα Π/Μ

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΜΜ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΔΑΠΑΝΗ
1	Ειδικές εκσκαφές	7	m ³	140	980,00
2	Επίχωση με επιλεγμένα υλικά και συμπύκνωση	9	m ³	55	495,00
3	Σκυρόδεμα καθαριότητας C12/15 με εργασία και ξυλότυπους	60	m ³	4,5	270,00
4	Σκυρόδεμα C20/25 με εργασία και ξυλότυπους	140	m ³	37	5.180,00
5	Σιδηρός οπλισμός S500 με εργασία	1	kg	4.070,00	4.070,00
6	Τελειωματικές εργασίες (βαψίματα, επιχρίσματα, κ.λπ.)	3.000,00	τεμ.	1	3.000,00
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ Π/Μ					13.995,00 €

Β. Έργα Η/Μ - Καθαρισμού

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤ.	ΣΥΝΟΛΑ
A. ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ					
1	Αντλίες ανακυκλοφορίας ιλύος Υποβρύχιες, 60 m ³ /h στα 6,0m, λειτουργία με Inverter	15.000	τεμ	2	30.000,00
2	Inverter αντλιών ανακυκλοφορίας ιλύος	900	τεμ	2	1.800,00
3	Ανυψωτικός μηχανισμός αντλιών	1.200	τεμ	1	1.200,00
4	Αντλίες περίσσειας ιλύος Υποβρύχιες, 10 m ³ /h στα 9,0m	3.000	τεμ	2	6.000,00
Β.ΔΙΚΤΥΑ					
1	Δίκτυο αντλιών ανακ/ρίας ιλύος	2.000	σετ	1	2.000,00
2	Δίκτυο αντλιών περίσσειας	800	σετ	1	800,00
Γ. ΟΡΓΑΝΑ					
1	Διακόπτης πολύ χαμηλής και υψηλής στάθμης	100	τεμ	2	200,00
2	Παροχόμετρο ανακυκλοφορίας ιλύος	3.000	τεμ	1	3.000,00
Δ. ΛΟΙΠΑ					
1	Καλύμματα	140	m ²	8	1.120,00
2	Κατακόρυφες κλίμακες	110	m	3	330,00
3	Κιγκλιδώματα γαλβανισμένα	60	m	20	1.200,00
Ε. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ					
1	Μεταφορά εξοπλισμού	500	σετ	1	500,00
2	Εγκατάσταση εξοπλισμού	3.000	σετ	1	3.000,00
ΣΥΝΟΛΟ:					51.150,00

Άρθρο 6. Κτίριο εξυπηρέτησης

Α. Έργα Π/Μ

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΜΜ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΔΑΠΑΝΗ
1	Τελειωματικές εργασίες (βαψίματα, επιχρίσματα, κ.λπ.)	4.000,00	τεμ.	1	4.000,00
2	Κτίριο βιομηχανικό	550	m2	370	203.500,00
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΩΝ Π/Μ					207.500,00€

Β. Έργα Η/Μ - Καθαρισμού

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤ.	ΣΥΝΟΛΑ
A. ΚΥΡΙΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ					
1	Φυσητήρες αερισμού παροχή 330 N m ³ /h	3.300	τεμ	2	6.600,00
2	Inverter φυσητήρων αερισμού	1.100	τεμ	2	2.200,00
3	Φυσητήρες air scouring μεμβρανών παροχή 330 N m ³ /h	3.300	τεμ	2	6.600,00
4	Inverter φυσητήρων air scouring	1.200	τεμ	2	2.400,00
5	Ανυψωτικός μηχανισμός φυσητήρων	1.200	τεμ	1	1.200,00
6	Αντλίες διηθημάτων Λοβοειδείς, 25 m ³ /h, λειτουργία με Inverer	7.000	τεμ	2	14.000,00
7	Inverter αντλιών διηθημάτων	900	τεμ	2	1.800,00
8	Ανυψωτικός μηχανισμός αντλιών διηθημάτων	1.200	τεμ	1	1.200,00
9	Δοχείο αποθήκευσης χημικών πλήσης μεμβρανών Πλαστικό, κυλινδρικό, όγκου 5.000 λίτρων	1.000	τεμ	1	1.000,00
10	Δοσομετρικές αντλίες χημικού καθαρισμού	3.000	τεμ	2	6.000,00
17	Πιστοτικό συγκρότημα βιομηχανικού νερού Δύο αντλίες 36 m ³ /h στα 7 bar	7.000	τεμ	1	7.000,00
18	Ανεμιστήρες εξαερισμού	600	τεμ	3	1.800,00
Β.ΔΙΚΤΥΑ					
1	Δίκτυο φυσητήρων αερισμού	5.000	σετ	1	5.000,00
2	Δίκτυο φυσητήρων air scouring	7.000	σετ	1	7.000,00
3	Δίκτυο διηθημάτων	7.000	σετ	1	7.000,00
4	Δίκτυο χημικών	2.000	σετ	1	2.000,00
Δ. ΛΟΙΠΑ					
1	Εσχαρωτά καλύματα (γραδελάδες)	60	m ²	10	600,00
3	Η/Μ κτιριακές εγκαταστάσεις	150	m ²	222	33.300,00
Ε. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ					
1	Μεταφορά εξοπλισμού	2.000	σετ	1	2.000,00
2	Εγκατάσταση εξοπλισμού	7.000	σετ	1	7.000,00
ΣΥΝΟΛΟ:					115.700,00

Προϋπολογισμός

A.A	ΜΟΝΑΔΑ	Π/Μ	Η/Μ	ΣΥΝΟΛΟ
A-1	A. 1 : ΕΡΓΑ ΕΙΣΟΔΟΥ - ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	16.034,00	108.265,00	124.299,00
A-2	A. 2 : Α/Σ ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ	12.394,00	20.530,00	32.924,00
A-3	A. 3 : ΜΟΝΑΔΑ ΛΕΠΤΟΕΣΧΑΡΩΣΗΣ (ΚΟΣΚΙΝΙΣΗΣ)		39.840,00	39.840,00
A-4	A. 4 : ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	26.030,00	123.520,00	149.550,00
A-5	A. 5 : ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΛΥΟΣ	13.995,00	51.150,00	65.145,00
A-6	A. 6 : ΚΤΙΡΙΟ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ	207.500,00	229.200,00	355.300,00
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΩΝ		275.953,00	572.505,00	848.458,00

8.4 Κόστος Ανακτούμενου Νερού από Επεξεργασμένα Λύματα

Στον πίνακα που ακολουθεί εκτιμάται η ειδική επιβάρυνση (€/m^3) του παραγόμενου νερού ΑΝΕΛ από το κόστος επένδυσης :

	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ €	ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ	ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ χιλ€/έτος	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΕΛ $\text{m}^3/\text{έτος}$	ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ €/m^3
εργα Π/Μ	275.953,00	40	6.898,83		
εργα Η/Μ	572.505,00	10	57.250,50		
ΣΥΝΟΛΟ	848.458,00		64.149,33	90750	0,71

Στην παράγραφο 8.2 εκτιμήθηκε το κόστος παραγωγής ΑΝΕΛ σε 0.23 €/m^3 επομένως το συνολικό κόστος ΑΝΕΛ εκτιμάται σε **0.94 €/m^3**

9 Υφιστάμενο σύστημα άρδευσης στο ΚΠΙΣΝ

Για την άρδευση του ΚΠΙΣΜ προβλέπεται η άντληση υπόγειων υδάτων από πέντε γεωτρήσεις εντός του οικοπέδου και δύο μονάδες αντίστροφης όσμωσης οι οποίες θα δουλεύουν παράλληλα

9.1 Εκτίμηση κατασκευαστικού και λειτουργικού κόστους υφιστάμενου συστήματος άρδευσης

Άρθρο 1. Ανόρυξη Υδρευτικής Γεώτρησης

α/α	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	ΔΑΠΑΝΗ
1	Άντληση νερού από υδρογεώτρηση με αντλητικό συγκρότημα τύπου 'πομόνας'	h	24	30,90	741,60
2	Άντληση νερού από υδρογεώτρηση με συσκευή εμφυσήσεως αέρα	h	0	15,50	0,00
3	Ανάπτυξη υδρογεωτρήσεως με συσκευή εκτοξεύσεως νερού	h	10	14,70	147,00
4	Γαλβανισμένος πιεζομετρικός σωλήνας, Φ 1 1/2 " υδρογεωτρήσεως	μμ	23	7,70	177,10
5	Χαλικόφιλτρο υδρογεωτρήσεως	m3	1	56,20	56,20
6	Εισκόμιση και αποκόμιση γεωτρητικού συγκροτήματος. Μεταφορά ενός γεωτρύπανου με το σύνολο του γεωτρητικού εξοπλισμού από την αποθήκη του αναδόχου της εκτελέσεως του έργου μέχρι την πρώτη θέση της γεωτρήσεως καθώς και την αντίστροφη κίνηση για την αποκόμιση μετά το τέλος της εργασίας από την τελευταία θέση της γεωτρήσεως (κατά τα λοιπά δε όπως στο άρθρο 2.1. Των Τεχνικών προδιαγραφών) Τ=η απόσταση σε χλμ. της οδικής μεταφοράς από την αποθήκη του Αναδόχου μέχρι το εργοτάξιο	τεμ.	1	2.912,00	2.912,00
7	Αποσυναρμολόγηση και φόρτωση γεωτρητικού μηχανήματος	τεμ.	1	600,00	600,00
8	Εκφόρτωση και εγκατάσταση γεωτρητικού μηχανήματος	τεμ.	1	970,00	970,00
9	Αποσυναρμολόγηση και φόρτωση συσκευής εμφυσήσεως αέρα	κ.α.	1	94,50	94,50
10	Εκφόρτωση και εγκατάσταση συσκευής εμφυσήσεως αέρα	κ.α.	1	94,50	94,50
11	Αποσυναρμολόγηση και φόρτωση πομόνας έως Φ 20".	κ.α.	1	94,50	94,50

α/α	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	ΔΑΠΑΝΗ
12	Εκφόρτωση και εγκατάσταση πομόνας έως Φ 20''.	κ.α.	1	94,50	94,50
13	Διεύρυνση υδρογεωτρήσεως Φ9 5/8" σε Φ 15 1/2" σε μαλακά πετρώματα	μμ	20	26,90	538,00
14	Περιφραγματικός χαλύβδινος σωλήνας Φ 18" πάχους 6mm	μμ	5	62,20	311,00
15	Γαλβανισμένος χαλυβδοσωλήνας Φ 8" πάχους 4 mm	μμ	20	51,50	1.030,00
16	Γαλβανισμένος χαλύβδινος φιλτροσωλήνας Φ8" πάχους 6 mm (φίλτρα)	μμ	5	57,00	285,00
17	Αμμοκράτης	Τεμ.	1	108,00	108,00
18	Στόμιο γεώτρησης	Τεμ.	1	4,20	4,20
19	Εγκατάσταση αντλ/κου συγκ/τος κατακόρυφου άξονα ή υποβρυχίου αντλίας	Τεμ.	1	758,50	758,50
20	Διάνοιξη υδρογεωτρήσεως διαμέτρου 9 5/8" σε μαλακά πετρώματα.	μμ	25	19,90	497,50
21	Τσιμεντένεμα	m3	10	82,00	820,00
22	Για κατασκευές από σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25	m3	1	88,00	88,00
	ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ :				10.422,10
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 5 ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ:				52.110,50

Άρθρο 2. Μονάδα Αντίστροφης όσμωσης

Το κόστος κατασκευής της μονάδας αντίστροφης όσμωσης εκτιμάται σε 650.000€. Σύμφωνα με αντίστοιχη μονάδα αφαλάτωση υφάλμυρου νερού στη Χίο, το κόστος κατασκευής ανερχόταν σε 320.000€ (τιμές 1997) με κόστος μεμβρανών περίπου 35.000€ (τιμές 1997). (Ευγενία Γλύκα (2003), "Η εφαρμογή των μεμβρανών στην επεξεργασία του νερού και στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων", Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ)

Το κόστος των μεμβρανών σήμερα ανέρχεται σε 85.000€ περίπου. Αν χρησιμοποιήσουμε περίπου την ίδια αναλογία μπορούμε πολύ προσεγγιστικά να πάρουμε ένα εκτιμώμενο συνολικό κατασκευαστικό κόστος γύρω στα 650,000 - 700,000 €. Παράλληλα θεωρώντας μέσο επιτόκιο 4% σε σημερινή αξία εκτιμάται κόστος γύρω στα 620,000€. Επομένως θεωρούμε εκτιμώμενο κόστος της μονάδας αντίστροφης όσμωσης περίπου 650,000€.

Έχουμε :

Προϋπολογισμός

A.A	ΜΟΝΑΔΑ	ΣΥΝΟΛΟ
A-1	A. 1 : Ανόρυξη Υδρευτικής Γεώτρησης	52.110,50
A-2	A. 2 : Μονάδα Αντίστροφης όσμωσης	650.000,00
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΩΝ		702.110,50

Το κόστος παραγωγής στην περίπτωση υφάλμυρων νερών εκτιμάται γύρω στα 0,60€/m³

9.2 Κόστος Ανακτούμενου Νερού από μονάδα αντίστροφης όσμωσης

Στον πίνακα που ακολουθεί εκτιμάται η ειδική επιβάρυνση (€/m³) του παραγόμενου νερού από το κόστος επένδυσης :

	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ €	ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ	ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ χιλ€/έτος	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ m ³ /έτος	ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ €/m ³
συνολικό κόστος	617.110,50	40	15.427,76		
κόστος μεμβρανών	85.000,00	10	8.500,00		
ΣΥΝΟΛΟ	848.458,00		23.927,76	90750	0,26

Επομένως το συνολικό κόστος νερού άρδευσης από μονάδα αντίστροφης όσμωσης εκτιμάται σε **0.86 €/m³**

Αξίζει να σημειωθεί ότι η αφαλάτωση θαλάσσιου ή υφάλμυρου νερού απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας και παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα διάθεσης της άλμης (ίσως ποιο σύνθετα της λυματολάσσης) και γενικά επιβαρύνει το περιβάλλον.

Η απόρριψη άλμης, δηλαδή νερού αυξημένης αλατότητας (brine) σχετίζεται με τη λειτουργία των μονάδων αφαλάτωσης. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τις αφαλατώσεις επικεντρώνονται κυρίως στην πρόκληση βενθικών επιπτώσεων λόγω της μεγάλης πυκνότητας του νερού που απορρίπτεται, αυτό παραμένει στο πυθμένα με αποτέλεσμα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις να επικεντρώνονται κυρίως στις θαλάσσιες βενθικές βιοκοινότητες.

Γενικώς, στο σημείο εκβολής του αγωγού που απορρίπτει την άλμη, έχει παρατηρηθεί: α) εξαφάνιση οργανισμών ευαίσθητων σε μεταβολές της αλατότητας όπως τα εχινόδερμα, β)

μείωση της αφθονίας ειδών ατόμων και βιοποικιλότητας, γ) αλλαγές στη δομή βενθικών βιοκοινοτήτων με αντικατάσταση ανεκτικών οργανισμών (Fernandez-Torquemada et al. 2005; Del-Pilar-Ruso et al., 2007; Del-Pilar-Ruso et al., 2008), και δ) επηρεασμό των λιβαδιών *P. oceanica* (αύξηση των επίφυτων και των συγκεντρώσεων αζώτου στα φύλλα, αυξημένες συχνότητες εμφάνισης σημαδιών νέκρωσης, μειωμένη συγκέντρωση μη δομικών υδατανθράκων και γλουταμίνης (glutamine synthetase activity) (Gacia et al., 2007).

10 Προβλήματα λειτουργίας της μονάδας MBR και αντιμετώπισή τους.

Σε σύγκριση με τις μεγάλες μονάδες βιολογικού καθαρισμού λυμάτων τα μικρά συστήματα επεξεργασίας παρουσιάζουν συνήθως τις εξής διαφορές:

- Λειτουργούν εποχιακά
- Δεν είναι εύκολη η διάθεση περίσσειας λάσπης
- Τα μέτρα ασφαλείας και υγιεινής είναι περιορισμένα

Οι ιδιαιτερότητες αυτές δημιουργούν σε ορισμένες περιπτώσεις προβλήματα. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε αυτά τα προβλήματα καθώς και τρόπους για την αντιμετώπισή τους.

10.1 Εποχιακή λειτουργία

Η εποχιακή λειτουργία έχει σαν συνέπεια να διακόπτεται η λειτουργία για ένα χρονικό διάστημα. Όταν διακόπτεται η λειτουργία του συστήματος διακόπτεται και η λειτουργία της μονάδας βιολογικού καθαρισμού. Μετά την διακοπή της λειτουργίας γίνεται καθαρισμός και συντήρηση.

Όταν διακόπτεται η λειτουργία της μονάδας οι σωλήνες του αέρα και το σύστημα αερισμού γεμίζουν λύματα και λάσπη (βιομάζα). Αυτό είναι δυνατό να οδηγήσει σε αποφράξεις. Ο κίνδυνος είναι μικρότερος στους διαχυτές με μεμβράνη στους οποίους όταν διακόπτεται η παροχή του αέρα συστέλλονται οι πόροι και ανοίγουν πάλι με την παροχή του αέρα οπότε απομακρύνονται οι τυχόν αποθέσεις.

Κατά την εκκίνηση της λειτουργίας η μονάδα λειτουργεί με χαμηλό φορτίο. Ο χρόνος που απαιτείται για την πλήρη ανάπτυξη της βιομάζας είναι συνήθως 3-5 εβδομάδες. Το αποτέλεσμα είναι, στην αρχή να μην λειτουργεί σωστά η μονάδα και να παρουσιάζονται δυσοσμίες στα σημεία διάθεσης. Ένας τρόπος αντιμετώπισης είναι η επιτάχυνση της ανάπτυξης βιομάζας με την προσθήκη έτοιμων μικροοργανισμών. Εναλλακτικά είναι δυνατό η μονάδα να λειτουργεί τους 3 μήνες που δεν απαιτείται ποσότητα νερού για άρδευση με πολύ χαμηλό φορτίο για συντήρηση της βιομάζας, αλλά δεν είναι σίγουρο ότι η μεμβράνες θα λειτουργούν σωστά καθώς σύμφωνα με τις προδιαγραφές το κάθε module έχει ύψος 2,5 μ και απαιτεί 0,5μ υπερκείμενο υγρό.

10.2 Διάθεση περίσσειας λάσπης

Η περίσσεια λάσπης προβλέπεται να επιστρέφει στο δίκτυο και να επεξεργάζεται στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων στην Ψυττάλεια.

Στον κανονισμό δικτύου ΕΥΔΑΠ δεν υπάρχει πρόβλεψη για διοχέτευση ιλύος στο δίκτυο από μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Όσον αφορά τα βιομηχανικά απόβλητα αναφέρεται : «Δεν επιτρέπεται η διοχέτευση ιλύος, από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων των βιομηχανιών, στο δίκτυο υπονόμων, στα υδατορεύματα και στα κέντρα εκκένωσης βυτιοφόρων»

Στον πίνακα ορίων εκπομπών των βιομηχανικών απορροών στους υπονόμους αναφέρονται τα εξής (μεταξύ άλλων):

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΥΠΟΝΟΜΟΙ
PH	6,0 – 9,0
Θερμοκρασία	35ο
Διαλελυμένον οξυγόνο	-
BOD5	500 mg/L (μέγιστο)
COD	1000 mg/L
Αιωρούμενα στερεά	500 mg/L
Χονδρά στερεά	1,5 CM
Ολικά διαλυμένα στερεά	3000 mg/L
Απορρυπαντικά	50 mg/L (βιοδιασπάσιμο κατά 80%)
Λίπη έλαια (ζωικά – φυτικά)	40 mg/L
Ορυκτά έλαια	15 mg/L
Αμμωνία – N	25 mg/L
Νιτρώδη – N	4 mg/L
Νιτρικά – N	20 mg/L
Φωσφορικά – P	10 mg/L
Θειώδη SO ₃	1 mg/L
Θειικά SO ₄	1500 mg/L
Υδρόθειο H ₂ S	1 mg/L
Ολικά κολοβακτηριοειδή	-
Κολοβακτηρίδια	-
Καθιζάνοντα στερεά εν- τός δύο ωρών σε κώνο IMHOFF	10 mg/L
Ελεύθερο χλώριο	5 mg/L
Χρώμα	-
Οσμή	-

Πίνακας 9.2.1: Πίνακας ορίων ορίων εκπομπών των βιομηχανικών απορροών στους υπονόμους (πηγή :ΕΥΔΑΠ)

Ενώ παράλληλα αναφέρεται: «Τα όρια συγκεντρώσεως ρυπαντών, που αναφέρονται στον πίνακα ορίων εκπομπών των βιομ. Απορροών στους υπονόμους και τα ρεύματα θα επιτυγχάνονται δια της επεξεργασίας των αποβλήτων και όχι δια της αραιώσεως αυτών»

Η παροχή περίσσειας του συστήματος που υπολογίστηκε σε $8\text{m}^3/\text{d}$ δεν θα έχει καμμία επίπτωση στα φορτία του ανλυστασίου του οποίου η παροχή του είναι $10.000\text{m}^3/\text{d}$.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην εγκεκριμένη μελέτη για το Κέντρο Ανάκτησης Νερού στον Ελαιώνα προβλέπεται επίσης η περίσσεια λάσπης να επιστρέφει στον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (Κ.Α.Α) και να επεξεργάζεται στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων στην Ψυττάλεια.

Ως εναλλακτική λύση στην περίπτωση που δεν είναι εφικτή η αδειότηση από την ΕΥΔΑΠ για επιστροφή της περίσσειας στο δίκτυο θα μπορούσε να είναι η μεταφορά της με βυτίο στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων στην Μεταμόρφωση.

10.3 Ασφάλεια και υγιεινή

Η βιολογική διεργασία βασίζεται σε μη παθογόνους οργανισμούς και μειώνει σημαντικά τους παθογόνους. Παρόλο που δεν είναι μεγάλοι οι κίνδυνοι από ασθένειες όπως δυσεντερίες, τύφο και υπατίπιδα, είναι όμως υπαρκτοί και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Όσοι ασχολούνται με τη μονάδα θα πρέπει να λαμβάνουν τις απαραίτητες προφυλάξεις ενώ παράλληλα θα πρέπει να υπάρχει επαρκής σήμανση στον χώρο.

11 Συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα συνοψίζονται στα εξής:

1. Με τις διαθέσιμες σήμερα προηγμένες τεχνικές επεξεργασίας, είναι πλέον εφικτή η ανάκτηση νερού από τα λύματα που μπορεί να πληρεί ακόμα και τα αυστηρότερα ποιοτικά κριτήρια για άρδευση
2. Η μείωση και υποβάθμιση των εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων στην Ελλάδα και την Αττική, λόγω των διαρκώς αυξανόμενων αναγκών, της αλόγιστης χρήσης και της ρύπανσης, καθιστά την εφαρμογή μικρών συστημάτων επεξεργασίας για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ως μια εφαρμόσιμη εξεταστέα λύση.
3. Τα υπόγεια νερά στο Λεκανοπέδιο και κυρίως στις χαμηλές παράκτιες περιοχές έχουν μειωθεί αισθητά, παρουσιάζουν πτώση στάθμης και ποιοτικά είναι υποβαθμισμένα από πάσης φύσεως ρύπους και την υφαλμύρωση και γενικά είναι ακατάλληλα ακόμα και για άρδευση.
4. Η αφαλάτωση θαλάσσιου ή υφάλμυρου νερού, είναι δαπανηρή, απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας και παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα διάθεσης της άλμης.
5. Θα πρέπει να επικαιροποιηθεί ο κανονισμός δικτύου της ΕΥΔΑΠ ώστε να είναι είναι δυνατή η διάθεση στο δίκτυο της περίσσειας ιλύος από μικρά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων για άρδευση.
6. Το αποτύπωμα του μικρού συστήματος επεξεργασίας με MBR υπολογίστηκε σε 370 m². Το σύστημα θα βρίσκεται εντός βιομηχανικού κτιρίου με σύστημα απόσμησης.
7. Το ανοιγμένο κόστος παραγωγής ανακτούμενου νερού από επεξεργασμένα λύματα με την εφαρμογή μικρού συστήματος επεξεργασίας με MBR εκτιμήθηκε γύρω τα 0.23€/m³. Το κόστος θεωρείται «λογικό», συγκρινόμενο με το κόστος του νερού δικτύου ΕΥΔΑΠ, που κυμαίνεται από 1,02€/m³ για τους Δήμους, μέχρι 0,93€/m³ για τις βιομηχανίες και δημοτικές χρήσεις πλήν ύδρευσης. Επίσης, το κόστος παραγωγής είναι σημαντικά μικρότερο από το κόστος αφαλάτωσης που στην περίπτωση υφάλμυρων νερών δεν είναι μικρότερο από 0,60€/m³, ενώ στην περίπτωση θαλασσινού νερού υπερβαίνει τα 1,50€/m³.
8. Το συνολικό κόστος (συμπεριλαμβανομένου του κατασκευαστικού κόστους) του συστήματος MBR εκτιμάται σε 0.94€/m³. Το κόστος θεωρείται «λογικό», συγκρινόμενο με το συνολικό εκτιμώμενο κόστος του νερού άρδευσης από

υφάλμυρο νερό 0.86€/m^3 , συνυπολογίζοντας τα σοβαρά προβλήματα διάθεσης της άλμης από την μονάδα RO

9. Λόγω της εποχιακής λειτουργίας της μονάδας προτείνεται στην έναρξη της λειτουργίας της η επιτάχυνση της ανάπτυξης βιομάζας με την προσθήκη έτοιμων μικροοργανισμών.

ΠΗΓΕΣ

- City of Santa Rosa. (2011). 2010 Urban Water Management Plan, prepared in conjunction with West and Yost Associated and Maddaus Water Management.
- California Department of Water Resources (DWR). (2013). California Water Plan Update 2013, Vol. 3, Chapter 1, Introduction. Draft report.
- Groundwater Replenishment System (GWRS). (No Date). Technical brochure, (accessed April 23, 2014).
- Heberger, M., H. Cooley, and P.H. Gleick. (2014). Urban Water Conservation and Efficiency Potential. Pacific Institute and Natural Resources Defense Council.
- Inland Empire Utilities Agency (IEUA). (2013). IEUA Business Goals, (accessed April 23, 2014).
- National Research Council. (2012). Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Recycled Water Task Force. (2003). Water Recycling 2030: Recommendations of California's Recycled Water Task Force. California Department of Water Resources, State Water Resources Control Board, and California Department of Health Services.
- State Water Resources Control Board (SWRCB). (2013). Recycled Water Policy, revised January 22, 2013.
- State Water Resources Control Board (SWRCB). (2008). Strategic Plan Update 2008–2012. Sacramento (CA): State Water Resources Control Board.
- State Water Resources Control Board (SWRCB) and Department of Water Resources (DWR). (2012). Results, Challenges, and Future Approaches to California's Municipal Wastewater Recycling Survey.
- Wastewater reclamation and reuse in Eureau countries (A.N. Angelakis, L. Bontoux, 2000)
- Irrigation in Developing Countries Using Wastewater (Blanca Jiménez, International Review for Environmental Strategies Vol. 6, No. 2, pp. 229 – 250, 2006)
- <http://www.gwrsystem.com> (GROUNDWATER REPLENISHMENT SYSTEM)
- Wastewater management, treatment and reuse in Israel (Saul Arlosoroff, 2007)
- Aguiló, P., Sanz, J., Curto, J., Martínez, B. and Gullón, M. (2011). Quality and reliability of reclaimed water at El Prat de Llobregat WRP. Presented at the 8th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse, Barcelona, 26-29 September 2011.

- Conill, C., Gullón, M. and Aguiló, P. (2011). Water reclamation plant of El Prat de Llobregat and water reuse management in the Metropolitan Area of Barcelona. Presented at the 8th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse, Barcelona, 26-29 September 2011
- Progress against the national target of 30% of Australia's wastewater being recycled by 2015 (Kym Whiteoak, Phil Jones, Phil Pickering, 2012)
- Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass (Valentina Lazarova, Akica Bahri, Published 2004 by CRC Press)
- IRRIGATION AND WATER RESOURCES IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN: CHALLENGES AND STRATEGIES (Claudia Ringler, Mark W. Rosegrant, and Michael S. Paisner, 2000)
- M.Gratziou, Tsalkatidou M, Kotsovinos N. (2005) "Economic Evaluation of Small Capacity Sewage Processing Units", Global Nest the International Journal., Vol 8-1 pp52-60
- HELLINIKON SA Administration & Management of Hellinikon Airport ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΕ Διαχείριση & Αξιοποίηση Ακινήτων Ελληνικού Αεροδρομίου (www.hellinikon.com)
- WHO (1989), Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture: Report of a WHO Scientific Group, WHO Technical Report Series 778, WHO Genevre
- Blumenthal U.J., Mara D.D., Peasey A., Riuz-Palacios G., and R. Stoot (2000), Approaches to establishing microbiological quality guidelines for treated wastewater use in agriculture: recommendations for the revision of the current WHO guidelines, WHO Bulletin, Genevre
- WHO (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume I : Policy and regulatory aspects. WHO Genevre
- Ayers R.S., Westcot D.W. (1985), Water quality for agriculture, FAOID29, FAO Rome
- US-EPA (1992), Guidelines for water reuse, EPA manual 625/R-92/004 \
- Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου και προστασίας περιβάλλοντος Αθήνας (www.organismosathinas.gr)
- Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων (Α. Τασούλα, ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, Νοεμβριος 2007)
- Αξιολόγηση εναλλακτικών αποκεντρωμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας (Ευδοκία Ντοκούση, 2011, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ)
- Κείμενο κατευθυντήριων γραμμών για τη διαχείριση λυμάτων μικρών οικισμών (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012)
- Στρατηγικό σχέδιο (Masterplan) για την επαναχρησιμοποίηση των εκροών των ΕΕΛ στην Αττική (Υδροηλεκτρική Ε.Π.Ε. 2009)

- Ελαιώνας Αθηνών: κριτική προσέγγιση της Πολεοδομικής Μελέτης για τη «Διπλή Ανάπλαση» (Βοτανικός – Λεωφόρος Αλεξάνδρας) (Ειρήνη Κονταράτου-2009)
- Κέντρο Πολιτισμού Σταύρος Νιάρχος – Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (κεφάλαιο 6)
- Κέντρο Πολιτισμού Σταύρος Νιάρχος (<http://www.snfcc.org>)
- Περιβαλλοντική Τεχνολογία (Α. Ανδρεαδάκης, Μ. Πανταζίδου, Α. Σταθόπουλος, εκδόσεις Συμμετρία 2008)
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Εφαρμογή της οδηγίας 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 21ης Μαΐου 1991, για την επεξεργασία αστικών λυμάτων, όπως τροποποιήθηκε από την οδηγία 98/15/ΕΚ της Επιτροπής της 27ης Φεβρουαρίου 1998 (ΤΡΙΤΗ ΕΚΘΕΣΗ). Λουξεμβούργο : Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2004. ISBN 92-894-7829-2.
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων – Υ.Π.Ε.Κ.Α., Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ στην Ελλάδα: Κατάσταση 2009. Αθήνα : s.n., 2009.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τα θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων
- Υδρογεωλογική – Γεωτρητική έρευνα σε περιοχές Ολυμπιακών Έργων 2004» (ΙΓΜΕ Νοέμβριος 2003)
- Έρευνα Υδρογεωλογικών Συνθηκών και Καθεστώτος Εκμετάλλευσης Υπογείων Νερών Λεκανοπεδίου Αθηνών» (ΕΜΠ τομέας Γεωλογικών Επιστημών Δεκέμβριος 1997)
- Ερευνητικό Πρόγραμμα διερεύνησης δυνατοτήτων ανάπτυξης και ανάπτυξης Ολυμπιακών Εγκαταστάσεων στο Αεροδρομίου Ελληνικού», (ΟΡΣΑ – ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2001
- Ολοκληρωμένη Μελέτη Σχεδιασμού και Ανάπτυξης και λοιπές Αναγκαίες Μελέτες και Έρευνες για την κατασκευή των Ολυμπιακών Εγκαταστάσεων Beach Volley και της Ανάπλασης της Περιοχής στο Φαληρικό Όρμο - Προμελέτη πηγών Νερού Άρδευσης (ΕΥΔΕ/ ΟΕ 2004, 2001, ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΕΠΕ)
- Εμπειρογνωμοσύνη σχετικά με τις επικαιροποιημένες συνθήκες λειτουργίας του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας (Κ.Ε.Λ.Ψ.) (Α. Ανδρεαδάκης, Ε. Αφτιάς, Δ. Μαμάης, Δ. Αδρακτάς, Ιούλιος 2009)
- Ευγενία Γλύκα (2003), "Η εφαρμογή των μεμβρανών στην επεξεργασία του νερού και στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων", Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ