



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Μετάβαση σε μία Κυκλική Οικονομία των Μονάδων
Επεξεργασίας Λυμάτων της Κρήτης και αξιοποίηση
των Προϊόντων τους**

Σταματάκης Δημήτρης

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Ζορπάς Αντώνης**

Ιούνιος 2018

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Μετάβαση σε μία Κυκλική Οικονομία των Μονάδων
Επεξεργασίας Λυμάτων της Κρήτης και αξιοποίηση των
Προϊόντων τους**

Σταματάκης Δημήτρης
ΑΦΤ : 11500379

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Ζορπάς Αντώνης

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ιούνιος 2018

Περίληψη

Τα υγρά απόβλητα έχουν αποτελέσει ένα πεδίο συνεχούς ενασχόλησης, κυρίως γιατί μεταφέρουν σημαντικό ρυπαντικό φορτίο που μπορεί να προκαλέσει άμεσα προβλήματα σε έναν φυσικό αποδέκτη, όσο και γιατί περιέχουν υποβαθμισμένους φυσικούς πόρους, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκ νέου υπό προϋποθέσεις.

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας, με οικονομία που δίνει έμφαση στον τριτογενή τομέα. Παρ' ότι ο μόνιμος πληθυσμός του νησιού είναι μόλις 600.000, μέσω του τουρισμού, οι επισκέπτες είναι πολλαπλάσιοι. Παράλληλα ο πρωτογενής τομέας είναι από τους πιο παραγωγικούς της χώρας.

Η πίεση που ασκείται στους φυσικούς πόρους, όπως είναι το νερό και το έδαφος, εντείνεται ακόμη περισσότερο από το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Οι εκτιμήσεις αναφέρουν ότι τα πρόβλήματα λειψυδρίας και εδαφικής υποβάθμισης που αντιμετωπίζει η Κρήτη θα επιδεινωθούν και οι ανάγκες για νερό θα αυξηθούν μέσα στα επόμενα 50 χρόνια.

Μία από τις εφικτές και άμεσα προσφερόμενες λύσεις, με πλήρως αειφορικό και περιβαλλοντικό χαρακτήρα, είναι η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων των βιολογικών καθαρισμών (ΕΕΛ) μέσα από μία λογική κυκλικής οικονομίας. Η μέχρι σήμερα διεθνής εμπειρία έχει αποδείξει ότι μία μικρή αλλά δραστήρια κοινωνία, δύναται να λειτουργήσει μέσα από έναν ανασχεδιασμό των παραγωγικών της δραστηριοτήτων, στοχεύοντας στην απεξάρτηση από τους φυσικούς πόρους έως και μέχρι 30%. Στην περίπτωση της Κρήτης, το νερό των εκροών των ΕΕΛ και η ξηρή λάσπη (λυματολάσπη), απαλλαγμένα από μολυσματικούς και ρυπαντικούς παράγοντες, μπορούν να αποτελέσουν άριστα υλικά για χρήση στην γεωργία, την κτηνοτροφία και σε άλλες δραστηριότητες, με αποτέλεσμα την προστασία των υδροφορέων και του φυσικού περιβάλλοντος.

Λέξεις κλειδιά : Κυκλική Οικονομία, Γεωργία, Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων, Υγρά Απόβλητα, ΔημόσιαΥγεία, Λυματολάσπη, Γκρι νερό.

Summary

Wastewater has been a field of continuous concern, mainly because it carries a significant polluting load that can cause direct and severe problems to the environment, and because it contains degraded natural resources that can be reused under conditions.

Crete is the largest island in Greece with an economy that emphasizes the third sector of the economy. Although the permanent population of the island is only 600,000, visitors during the tourist season are numerous. At the same time, the primary sector is one of the most productive in the country.

Pressure on natural resources such as water and soil is further intensified by the problem of climate change. Estimates indicate that the problems of water scarcity and land degradation facing Crete will worsen and water needs will increase over the next 50 years.

One of the feasible and immediate solutions, with a fully sustainable and environmentally-friendly approach, is the re-use of Waste Water Waste (Waste) from a circular economy approach. International experience has shown that a small but active society can work through and redesign its productive activities, aiming at reducing directly the needs for primary natural resources up to 30%. In the case of Crete, grey water and dry mud (sludge), free from contaminants and pollutants, can be excellent materials for use in agriculture, livestock farming and other activities resulting in the protection of aquifers and natural environment.

Keywords : Circular Economy, Agriculture, Sewage Treatment Plant, Liquid Waste, Public Health, Sewage, Grey water

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία, αποτελεί την εκπόνηση της Μεταπτυχιακής μου Διατριβής, στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στην “Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος” του Ανοικτού Πανεπιστήμιου Κύπρου. Το αντικείμενο που πραγματεύεται υπό τον τίτλο «Μετάβαση σε μία Κυκλική Οικονομία των Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων της Κρήτης και αξιοποίηση των Προϊόντων τους», είναι ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που με απασχολούν, προκειμένου να προσφέρω στον τόπο μου και τους ανθρώπους που αγαπώ.

Είμαι ιδιαιτέρως ευτυχής για την δυνατότητα που μου παρείχε το Α.Π.Κ.Υ. στην παρακολούθηση και ολοκλήρωση των σπουδών μου. Ίσως είναι ό,τι πιο σημαντικό παρουσιάστηκε στη ζωή μου αμέσως μετά την γέννηση των παιδιών μου.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ οφείλω στον Καθηγητή μου κ. Ζορπά Αντώνη για την κατανόηση, τη βοήθεια και την εμπιστοσύνη που έδειξε για τη διεκπεραίωση της Διατριβής. Η εμπειρία, η συνέπεια και οι γνώσεις του για το αντικείμενο, διεύρυναν ιδιαίτερα τους επιστημονικούς μου ορίζοντες.

Ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου για την υπομονή, την στήριξη τους και την κατανόηση που δείξαν, όχι μόνο κατά την ολοκλήρωση της Διατριβής αυτής αλλά και σε όλη την διάρκεια προς την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Αφιερώνεται Στα Παιδιά μου
Μαρία, Ζωή, Μανό

Δημήτρης Σταματάκης

Περιεχόμενα

Α' ΜΕΡΟΣ Περιγραφή του Θέματος

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1.1. Εισαγωγή	σελ. 1
1.2. Διασαφηνίσεις - Προσδιορισμός και Διατύπωση Κεντρικών Εννοιών	σελ. 3
1.2.1. Αειφορία	σελ. 3
1.2.2. Κυκλική Οικονομία	σελ. 4
1.2.3. Υγρά Απόβλητα και οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων	σελ. 6
1.3. Κυκλική Οικονομία και Αειφορία	σελ. 7
1.4. Συγκρότηση Ευνοϊκού Πλαισίου Άσκησης Πολιτικής	σελ. 12
1.5. Περιγραφή του Προβλήματος	σελ. 13
1.6. Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης	σελ. 14
1.7. Σκοποί και Στόχοι της Διατριβής	σελ. 15

Β' ΜΕΡΟΣ Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1. Θεσμικό Πλαίσιο Διαχείρισης Λυμάτων στην Ελλάδα και την ΕΕ	σελ. 17
2.1.1. Γενική Νομοθεσία	σελ. 17
2.1.2. Εθνική Ελληνική Νομοθεσία	σελ. 21
2.1.3. Νομοθετικές Προβλέψεις για την Αξιοποίηση της Ιλύος	σελ. 25
2.1.4. Θεσμικό Πλαίσιο για την Δευτερογενή Επεξεργασία	σελ. 28
2.1.5. Θεσμικό Πλαίσιο για την Τριτογενή Επεξεργασία	σελ. 28
2.2. Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων	σελ. 29
2.2.1. Στοιχεία για την Παραγωγή και Επαναχρησιμοποίηση της Λυματολάσπης	σελ. 31
2.2.2. Οδηγία για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων και τα Ύδατα	σελ. 32
2.3. Υγρά Απόβλητα και Περιβάλλον	σελ. 35
2.3.1. Αναφορά στα Υγρά Απόβλητα Ελαιουργείων	σελ. 37
2.4. Επεξεργασία των Υγρών Αποβλήτων	σελ. 40
2.4.1. Σύσταση των Υγρών Αστικών Αποβλήτων	σελ. 40
2.4.2. Στάδια Επεξεργασίας	σελ. 43
2.4.2.1. Προεπεξεργασία	σελ. 44
2.4.2.2. Πρωτοβάθμια Επεξεργασία	σελ. 44
2.4.2.3. Δευτεροβάθμια επεξεργασία	σελ. 45
2.4.2.3.1. Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία Αιωρούμενης Βιομάζας	σελ. 45
2.4.2.3.1.1. Μέθοδος Ενεργού Ιλύος	σελ. 45

2.4.2.3.1.2. Αντιδραστήρες Διαλείποντος Έργου Εναλλασσόμενων Κύκλων Λειτουργίας - SBR (Sequencing Batch Reactors)	σελ. 47
2.5. Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία Προσκολλημένης Βιομάζας (Βιολογικά Φίλτρα)	σελ. 47
2.5.1. Τα Χαλικοδιυλιστήρια	σελ. 47
2.5.2. Τα Δισκοδιυλιστήρια ή RBC (Rotating Biological Contactors)	σελ. 48
2.5.3. Αναερόβια Επεξεργασία	σελ. 48
2.5.4. Αερόβια/Αναερόβια Επεξεργασία	σελ. 49
2.5.5. Απομάκρυνση Θρεπτικών Αλάτων	σελ. 49
2.6. Τριτοβάθμια Επεξεργασία	σελ. 50
2.6.1. Διήθηση	σελ. 51
2.6.2. Χρήση Μεμβρανών	σελ. 51
2.6.3. Χημική Επεξεργασία	σελ. 51
2.6.4. Διεργασίες Προχωρημένης Οξειδωσης (Advanced Oxidation Processes - AOP)	σελ. 53
2.6.5. Προσρόφηση	σελ. 53
2.6.6. Ιοντοανταλλαγή	σελ. 54
2.6.7. Απογύμνωση Αερίου	σελ. 54
2.6.8. Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας	σελ. 54
2.7. Επεξεργασία της Ιλύος	σελ. 54
2.7.1. Πάχυνση	σελ. 54
2.7.1.1. Παχυντές Βαρύτητας	σελ. 55
2.7.1.2. Παχυντές Επίπλευσης	σελ. 55
2.7.1.3. Παχυντές με Μηχανικά Μέσα	σελ. 55
2.8. Σταθεροποίηση	σελ. 55
2.8.1. Αναερόβια Χώνευση Ιλύος	σελ. 56
2.8.2. Αερόβια Χώνευση Ιλύος	σελ. 56
2.8.3. Κομποστοποίηση	σελ. 56
2.8.4. Σταθεροποίηση Ιλύος με Ασβέστη	σελ. 57
2.9. Αφυδάτωση	σελ. 57
2.9.1. Κλίνες Ξήρανσης	σελ. 57
2.9.2. Λίμνες Ξήρανσης	σελ. 57
2.9.3. Ηλιακή Ξήρανση	σελ. 58
2.9.4. Αφυδάτωση με Μηχανικά Μέσα	σελ. 58
2.10. Απολύμανση των Εκροών	σελ. 58
2.10.1. Απολύμανση με Όζον	σελ. 59
2.10.2. Απολύμανση με Ακτινοβολία UV	σελ. 60
2.11. Κυκλική Οικονομία και Υγρά Απόβλητα	σελ. 60
2.12. Αξιοποίηση Υγρών Αποβλήτων	σελ. 64
2.13. Επαναχρησιμοποίηση	σελ. 64
2.13.1. Επαναχρησιμοποίηση Νερού	σελ. 64
2.13.2. Αξιοποίηση Ιλύος	σελ. 68
2.14. Στατιστικά Στοιχεία - Πρακτικές και Κανονισμοί σε ΕΕ και άλλες Χώρες	σελ. 69

Γ' ΜΕΡΟΣ Πειραματική Προσέγγιση - Αποτελέσματα

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1. Στατιστικά Δεδομένα για την Περιφέρεια Κρήτης	σελ. 71
3.2. Κλιματικά Στοιχεία	σελ. 72
3.3. Η Κρήτη και η Κλιματική Αλλαγή	σελ. 78
3.4. Χρήσεις Γης στην Κρήτη	σελ. 82

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4.1. Μεθοδολογία και Σχεδιασμός της Έρευνας	σελ. 86
4.2. Μονάδες ΕΕΛ στην Περιφέρεια Κρήτης	σελ. 87
4.3. Υπάρχοντα Δεδομένα για την Διαχείριση, Αξιοποίηση και Απόρριψη Αποβλήτων ΕΕΛ στην Περιφέρεια Κρήτης	σελ. 92
4.4. Στρατηγικό Σχέδιο για την Αξιοποίηση των Αποβλήτων των ΕΕΛ	σελ. 132

5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5.1. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα	σελ. 137
5.2. Προτάσεις	σελ. 138
5.3. Επίλογος - Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	σελ. 140

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση	σελ. 142
Ελληνόγλωσση	σελ. 149
Ιστότοποι	σελ. 153

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Ευρετήριο Πινάκων	σελ. 155
Ευρετήριο Εικόνων	σελ. 158
Ευρετήριο Διαγραμμάτων	σελ. 159
Ακρωνύμια	σελ. 160
Πίνακες ορίων για απορριπτόμενα υλικά ΕΕΛ	σελ. 161

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1.1 Εισαγωγή

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από δύο μεγάλα προβλήματα. Το ένα είναι η υποβάθμιση και η μείωση των διαθέσιμων φυσικών πόρων. Πιο σωστά, θα λέγαμε ότι απειλούνται οι φυσικοί πόροι που ανανεώνονται πολύ αργά, πέρα από το όριο ζωής του ανθρώπου. Τέτοιοι φυσικοί πόροι είναι το νερό, το έδαφος και τα ορυκτά καύσιμα, που χαρακτηρίζονται ως μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι (Odum, 1971 ; Καψανάκη και άλλοι, 1997).

Το δεύτερο μεγάλο πρόβλημα είναι η κλιματική αλλαγή (climate change) και οι επιπτώσεις που αναμένεται να φέρει στις ανθρώπινες κοινωνίες και το περιβάλλον, φυσικό και τεχνητό. Η αύξηση της μέσης ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η μείωση των περιόδων βροχοπτώσεων και η αύξηση της έντασης, η αύξηση των θερμών ημερών στο έτος και η λειψυδρία, είναι επακόλουθα που αναμένεται ότι θα επηρεάσουν καταλυτικά τις ανθρώπινες κοινωνίες και δραστηριότητες σε όλο τον κόσμο (Oiver, 2005 ; Μελίδης, 2008 ; Τράπεζα της Ελλάδος, 2011 ; Giannakopoulos et al, 2011).

Η μείωση των εκκμεταλεύσιμων φυσικών πόρων είναι ένα από τα τεράστια ζητήματα που εδώ και πολλά χρόνια έχουν απασχολήσει μεγάλους περιβαλλοντικούς οργανισμούς, όπως και κάθε Κράτος ξεχωριστά.

Οργανισμοί όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, ο UN, ο WHO, ο OECD, ο FAO, το IPCC και άλλοι δημόσιας ή ιδιωτικής φύσεως φορείς, όπως το WWF και η GreenPeace, έχουν προσανατολιστεί ήδη στην ενημέρωση του κοινού για τις επιπτώσεις της υπερβολικής παρέμβασης του ανθρώπου στους φυσικούς πόρους και στην προώθηση πολιτικών προσαρμογής στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (FAO,1985, 1992, 1997 ; WHO, 1973, 1989, 2006 ; UN, 1987 ; WWF, 2006).

Παγκοσμίως, έχει γίνει αποδεκτό ότι πρέπει να υπάρξουν αλλαγές στον τρόπο αξιοποίησης των φυσικών πόρων αλλά και των υλικών που προκύπτουν από την καθημερινή χρήση σε αστικό και αγροτικό περιβάλλον (Αγγελάκης και Τσομπάνογλου, 1995 ; Μελίδης, 2008).

Καθώς η φύση από μόνη της δεν παράγει σκουπίδια, έστω και αργά, έγινε το παράδειγμα για την επιστημονική κοινότητα, ώστε να προωθηθούν νέες μεθοδολογίες αξιοποίησης των αποβλήτων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι απόφασεις της ΕΕ για την εφαρμογή μεθόδων ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης, προσανατολίστηκαν σε αυτή την λογική, δηλαδή ότι η φύση από μόνη της δεν παράγει απόβλητα και διαθέτει μηχανισμούς για να επαναχρησιμοποιεί κάθε υλικό του βιωτικού ή αβιωτικού περιβάλλοντος (Odum, 1971 ; Αριανούτσου και άλλοι, 2003 ; ΕΕ, 2013 ; Para et al., 2017).

Αυτή η λειτουργία, αποδώθηκε στα ανθρώπινα δεδομένα με τον όρο "Κυκλική Οικονομία" και δεν είναι τίποτα άλλο από την απλή λογική, ότι κάθε υλικό που προκύπτει από μία πρωτογενή παραγωγή και χρήση, πρέπει να υπόκειται σε μία διαδικασία που να το καθιστά επαναχρησιμοποιήσιμο και να εξαντλείται στο μέγιστο ο ωφέλιμος χρόνος ζωής του (ΕΕ, 2011 ; ΕΕ, 2014).

Η Κυκλική Οικονομία (Κ.Ο.) είναι ένας ολόκληρος τρόπος σκέψης που βασίζεται σε αρχές και μεθοδολογίες, προσαρμοσμένες στον τελικό στόχο, δηλαδή στην μέγιστη δυνατή χρήση, ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση κάθε υλικού, στην λογική ότι δεν υπάρχει τίποτα για πέταμα και όλες οι οικονομικές δραστηριότητες μπορούν να συνεργασθούν ώστε η κάθε μία να είναι στενά συνδεδεμένη με την άλλη ως προς τα υλικά και την ενέργεια. Είναι μία λογική, που εισήχθη στην καθημερινή πρακτική πριν περίπου από 50χρόνια και σταδιακά αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε με ποικίλες μεθοδολογίες (Mc Arthur, 2017).

Η Κ.Ο. έχει μεγάλη εφαρμογή σε τοπική κλίμακα και αθροιστικά σε κλίμακα επιπέδου Δήμων, Περιφέρειας, Κράτους κ.λπ. Λειτουργεί αθροιστικά, επαυξάνοντας την θετική επίδραση για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων και έχει ιδιαίτερη σημασία για την εφαρμογή των πολιτικών αειφορίας όπως αυτές περιγράφηκαν και προσδιορίστηκαν αρχικά στην Έκθεση Brundland (U.N., 1987 ; ΕΕ, 2018).

Όλες οι μεθοδολογίες βασίζονται στην στόχευση επαναχρησιμοποίησης στερεών και υγρών αποβλήτων, από διάφορες δραστηριότητες, όπως από αστικές περιοχές, βιομηχανικές περιοχές, γεωργικές εφαρμογές κ.λπ. Μερικές από αυτές είναι η ανακύκλωση των βασικών ρευμάτων αστικών αποβλήτων, όπως είναι το χαρτί, το γυαλί κ.λπ αλλά και η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων αστικών περιοχών, όπως είναι τα υγρά λύματα, που αποτελούν πηγή νερού κατάλληλου για αρδεύσεις και για οργανικό εμπλουτισμό του εδάφους και των καλλιεργειών, υπό την προϋπόθεση ότι προηγείται η κατάλληλη επεξεργασία και εξυγίανση (Odum, 1971 ; Αγγελάκης και Τσομπανόγλου, 1995 ; Λαβουτά, 2008; Αγραφιώτη, 2010).

Σε αυτή την Μεταπτυχιακή Διατριβή, επικεντρωνόμαστε στην εφαρμογή της Κ.Ο. στον νησί της Κρήτης και ιδιαίτερα στην διερεύνηση της χρήσης του νερού και της λυματολάσπης που προκύπτουν από την επεξεργασία αστικών λυμάτων από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ ή βιολογικοί καθαρισμοί) που λειτουργούν στο νησί.

1.2. Διασαφηνίσεις - Προσδιορισμός και Διατύπωση Κεντρικών Εννοιών

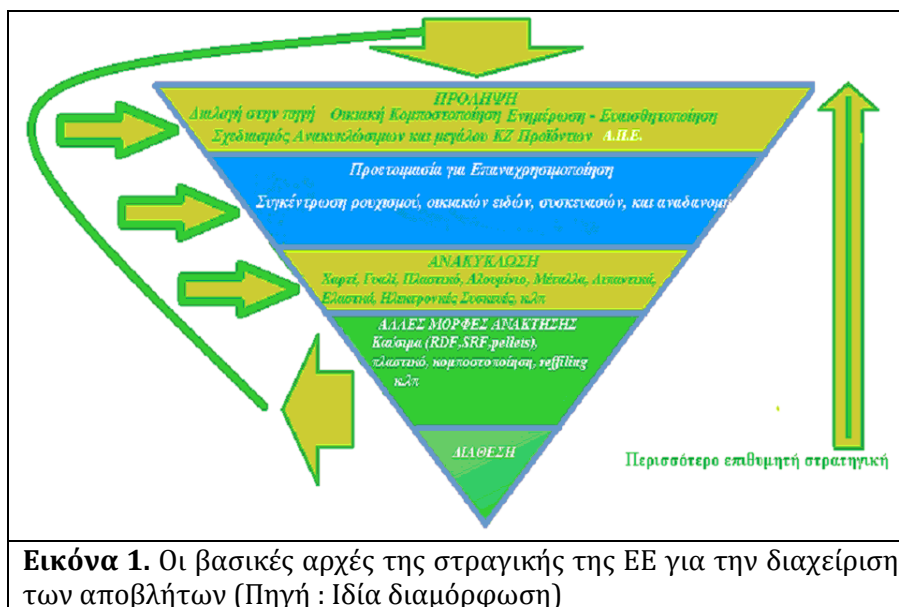
Η βασικές έννοιες που πρέπει να εξεταστούν στο πρώτο μέρος, είναι η έννοια της Αειφορίας, η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας και η μεταξύ του διασύνδεση.

1.2.1. Αειφορία

Η αειφορία είναι μία έννοια πολιτικής διαχείρισης του φυσικού περιβάλλοντος και των πόρων που παρέχει για την επιβίωση του ανθρώπου. Παρουσιάστηκε για πρώτη φορά επίσημα μέσα από την Έκθεση της Επιτροπής Brundtland το 1987 και χρειάστηκε μία περίοδος σχεδόν δέκα ετών μέχρι να γίνει αποδεκτή από τις κρατικές αρχές της ΕΕ και να ενταχθεί στην καθημερινή σκέψη χάραξης αναπτυξιακής πολιτικής (ΕΕ, 2014 ; Drewes et al , 2017).

Το σημείο ορόσημο της Έκθεσης Brundtland είναι η παράγραφος 27, στην οποία αναφέρεται ότι : *«...Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. The concept of sustainable development does imply limitations imposed by the present state of technology and social organization*

on environmental resources and by the ability of the biosphere to absorb the effects of human activities....» (U.N., 1987)



Η αειφορία είναι μία σύνθετη έννοια που δεν μπορεί να αποδοθεί μονολεκτικά. Περιέχει τουλάχιστον τρεις θεμελιώδεις διαστάσεις, την κοινωνική, την οικονομική και την περιβαλλοντική, οι οποίες εμπλέκονται στις παρακάτω συνιστώσες:

- Στην μελλοντικότητα, που αναφέρεται στην υποχρέωση προστασίας των φυσικών πόρων ώστε να είναι διαθέσιμοι στις επόμενες γενεές.
- Στην ισότητα μεταξύ των ανθρώπων και των γενεών, δηλαδή όλοι πρέπει να έχουν πρόσβαση στο κεφάλαιο που ονομάζεται "περιβάλλον".
- Στο δικαίωμα και την υποχρέωση της δημοκρατικής συμμετοχής όλων στην λήψη αποφάσεων για την διαχείριση του περιβάλλοντος (U.N., 1987).

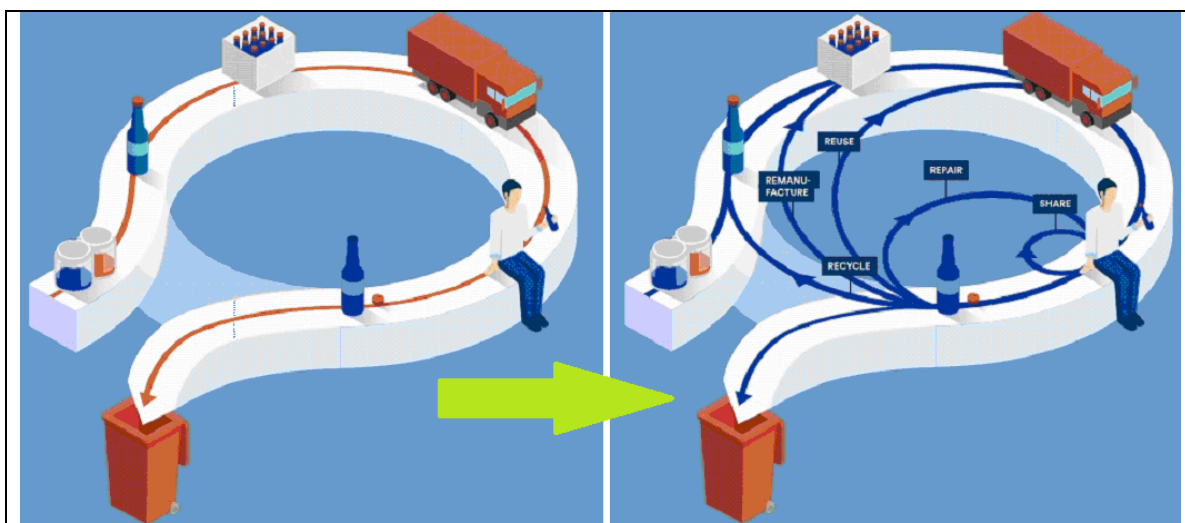
1.2.2. Κυκλική Οικονομία

Η Κυκλική Οικονομία, εσήχθη ως έννοια πολιτικού και οικονομικού σχεδιασμού από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μόλις το 2014, με στόχο να ενταχθεί στην λογική της αειφόρου ανάπτυξης και να μειωθεί η πίεση προς τους πρωτογενείς φυσικούς πόρους του πλανήτη (ΕΕ, 2014^α ; ΕΣΔΑ, 2014 ; ΕΣΣΠΔΑ, 2015).

Το σύγχρονο οικονομικό μοντέλο της Γραμμικής Οικονομίας «παίρνω - φτιάχνω - απορρίπτω» ή "take - make - eat - throw away" είναι προφανές από τα μέχρι τώρα αποτελέσματα, ότι δεν ανταποκρίνεται σε μία μελλοντική προσέγγιση διαχείρισης των φυσικών πόρων και των αναγκών των ανθρώπινων κοινωνιών (ΕΕ, 2013^α ; ΕΕ, 2014^β ;).

Η Κυκλική Οικονομία στοχεύει στο να ξεπεράσει το γραμμικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης και να εντάξει στην καθημερινή πρακτική του σχεδιασμού της παραγωγής και χρήσης προϊόντων, νέες αρχές σύμφωνα με τις οποίες η αξία των πρώτων υλών, των προϊόντων και των υπηρεσιών θα ακολουθεί έναν κύκλο αλληλοσυσχετιζόμενων δραστηριοτήτων. Ο στόχος είναι, τα υλικά και τα προϊόντα να παραμένουν στην χρήση της οικονομίας για όσο γίνεται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αυξάνοντας τον ωφέλιμο χρόνο ζωής και μειώνοντας την ανάγκη για χρήση νέων φυσικών πόρων (European Commission, 2004 ; ΕΕ, 2014^β).

Η Κυκλική Οικονομία σαν μοντέλο περιλαμβάνει την επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή, την ανακαίνιση και την ανακύκλωση των υπαρχόντων υλικών και προϊόντων, που σημαίνει ότι τελικά τα απόβλητα πάσης φύσεως θα μειωθούν αλλά θα αποτελέσουν και επιπλέον πόρο για την συνέχιση της οικονομικής δραστηριότητας σε τοπική και ευρύτερη κλίμακα, μικροοικονομίας και μακροοικονομίας (ΕΕ, 2014^{αγ} ; Roberto Merli et al, 2017).



Εικόνα 2. Πέρασμα από την Γραμμική στην Κυκλική Οικονομία. Είναι προφανές ότι η Κυκλική Οικονομία αποτελεί ένα εξαιρετικά σύνθετο μοντέλο σχεδιασμού οικονομικής δραστηριότητας που περιλαμβάνει όλες τις δυνατές παραμέτρους (πολιτική, ανάπτυξη, περιβάλλον, φυσικοί πόροι, κοινωνίες, ανάγκες, ενέργεια, χρόνος ζωής κ.λπ).
(Πηγή: EU, 2018^ε <http://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/circulareconomy/#collapseDefinitions>)

Οι βασικές αρχές της Κυκλικής Οικονομίας, άρχισαν να διαμορφώνονται από την δεκαετία του 60' όταν ο Boulding (1966) πρότεινε την δημιουργία ενός κλειστού οικονομικού συστήματος που θα μπορούσε να αξιοποιήσει στο μέγιστο τους φυσικούς πόρους που χρειάζεται ο άνθρωπος. Αργότερα, άρχισε να εφαρμόζεται στην Κίνα,

εξαιτίας των προβλημάτων που προκαλούσε η αλματώδης ανάπτυξης της οικονομίας της (Donald et al, 2015 ; Merli et al, 2017).

Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας σταματάει την μονοκατευθυνόμενη οικονομία ροής και διαχειρίζεται τα πάσης φύσεως απόβλητα ως νέες πηγές υλικών και ενέργειας. Χώρες όπως η Ιαπωνία, η Σουηδία η Κίνα και η Γερμανία, έγιναν άριστα παραδείγματα εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας και μαζί με την Κίνα, έγιναν πρωτοπόρες στην διάδοση αυτής της οικονομικής φιλοσοφίας (Mathews and Tan, 2011; ΥΠΕΚΑ, 2018).

Σε σύγκριση με τις άλλες χώρες, η Κίνα έκανε ένα βήμα παραπέρα, συνδυάζοντας την βιομηχανική παραγωγή με την αστική ανάπτυξη και την παραγωγή αποβλήτων, και δημιούργησε τα «βιομηχανικά πλαίσια συμβίωσης» ή "βιομηχανικά πάρκα", δηλαδή εκτεταμένα σύνολα κυκλικών οικονομικών δραστηριοτήτων διαφορετικής φύσης και περιεχομένου, όπου το ένα τροφοδοτεί το άλλο (Mathews and Tan, 2011 ; Zaman, 2014).

Ο όρος της Κυκλικής Οικονομίας εμφανίστηκε πιο πρόσφατα το 1990 σε μελέτη των Pearce και Turner σχετικά με την σύνδεση των οικονομικών δραστηριοτήτων και των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Σε αυτή την μελέτη έγινε κατανοητό ότι κάθε οικονομικό σύστημα έχει επίδραση σε κάθε άλλη παράμετρο της καθημερινής ζωής, δραστηριότητας και περιβάλλοντος (EE, 2017 ; EU, 2018).

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, και θα αναλυθεί στην συνέχεια, η Κυκλική Οικονομία είναι ένας σύνθετος και πολύ περιεκτικός όρος που περιλαμβάνει πολλές αλληλοσυσχετιζόμενες αρχές, κανόνες και μεγάλη ευελιξία και προσαρμοστικότητα στις ανάγκες και τις δυνατότητες του χώρου και του κοινωνικού συνόλου. Οι περισσότερες έννοιες της Κυκλικής Οικονομίας προσδιορίστηκαν πολύ πρόσφατα. Τέτοιες έννοιες είναι η αρχή του "αναγεννητικού σχεδιασμού", η αρχή της "οικονομίας απόδοσης", η αρχή "Cradle - to - Cradle" η αρχή της "βιομηχανικής οικολογίας και η αρχή της "οικονομίας διαμοιρασμού (Λαβουτά, 2008 ; Αγραφιώτη, 2010 ; Mathews and Tan, 2011 ; Donald et al, 2015 ; EE, 2014^β ; Μελίδης, 2018).

1.2.3. Υγρά Αστικά Απόβλητα και οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων

Τα υγρά αστικά απόβλητα συνιστούν μία μεγάλη ποικιλία χημικών, ανόργανων και οργανικών υλικών, που προέρχονται από οικιακή, βιομηχανική, γεωργική κλπ χρήσεις και δραστηριότητες.

Κατηγορίες υγρών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνουν:

Υλικά διαρρέοντα από σηπτικές δεξαμενές (βοθρολύματα).

- Απόβλητα ανθρώπινων δραστηριοτήτων (blackwater, οικιακά).
- Διαρροές από βιολογικούς καθαρισμούς (ΕΕΛ).
- Βιομηχανικά Απόβλητα.
- Οργανικά Απόβλητα.
- Γεωργικά Απόβλητα.
- Απόβλητα υψηλής ή χαμηλής οξύτητας (pH), κλπ.

(<http://www.prosodol.gr/?q=el/node/212> ; Αγραφιώτη, 2010 ; Μελίδης, 2018).

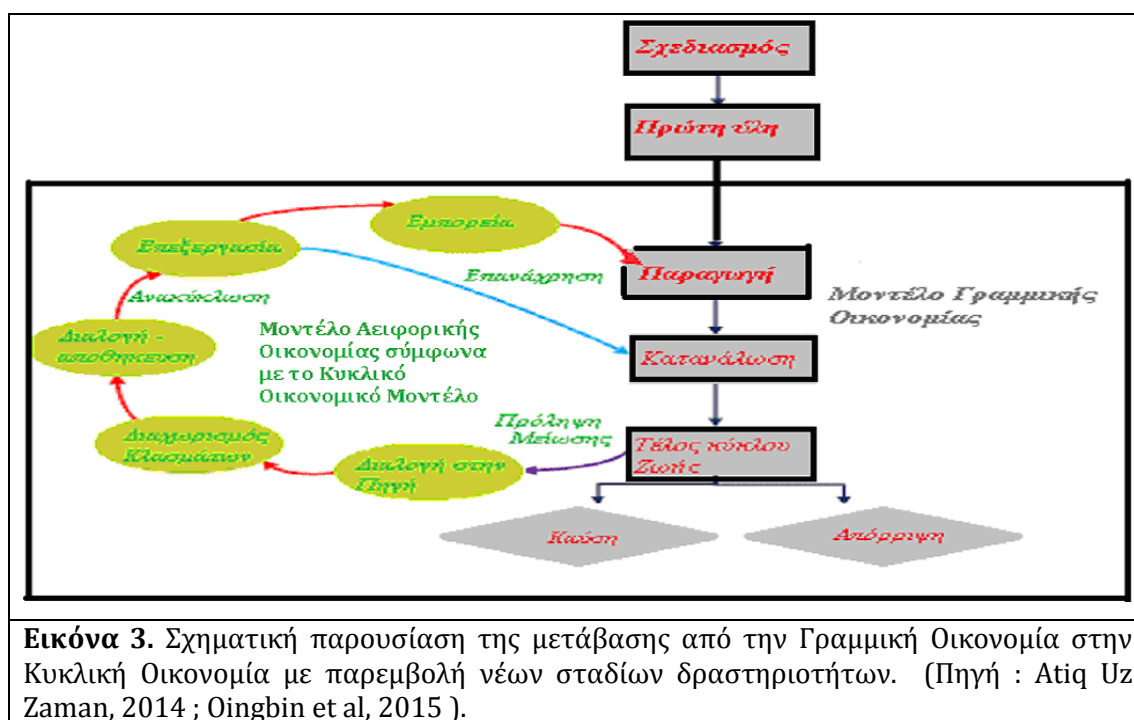
Σε αυτή την Διατριβή το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα υγρά απόβλητα (Υγρά Αστικά Λύματα, ΥΑΛ) που προέρχονται από εγκαταστάσεις υγιεινής, οικίες, ξενοδοχειακές επιχειρήσεις, πλυντήρια κλπ και κυρίως από αστικό ιστό και όχι από βιομηχανικές δραστηριότητες.

Τα υγρά απόβλητα συγκεντρώνονται κυρίως μέσω σταθερού υπογείου δικτύου (δίκτυο αποχέτευσης) και επεξεργάζονται σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού (ΕΕΛ), όπου υφίστανται δύο η περισσότερα στάδια καθαρισμού και απαλλαγή από αιωρούμενα στερά μεγάλου μεγέθους, μολυσματικούς παράγοντες, οργανικό φορτίο κλπ. Γι'αυτό και στο τελικό στάδιο προκύπτει υγρό προϊόν, γκρι νερό και στερεό προϊόν, η λυματολάσπη. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, το γκρι νερό και η λυματολάσπη, μπορούν να διατεθούν ξανά για χρήση με σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη (ΥΠΕΚΑ, 2014 ; ΥΠΕΚΑ, 2018 ; <http://www.prosodol.gr/?q=el/node/212>).

1.3. Κυκλική Οικονομία και Αειφορία

Η λογική του γραμμικού οικονομικού μοντέλου έχει ένα χρονικό σημείο λήψης της πρώτης ύλης, ένα χρονικό σημείο δημιουργίας του προϊόντος, μία περίοδο χρήσης και την τελική απόρριψη όταν ολοκληρωθεί η περίοδος της ωφέλιμης ζωής του. Αυτή η οικονομική διαχείριση έχει οδηγήσει στην μείωση των φυσικών πόρων, και τελικά στην δημιουργία σημαντικών κινδύνων για την διατήρηση της βιοποικιλότητας της ζωής, την διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και την επιβίωση των ανθρώπινων κοινωνιών (ΕΕ, 2014^α ; UN, 1987 ; Zaman, 2014 ; EU^{a,b}, 2018).

Η Κυκλική Οικονομία, βασίζεται στην λογική ότι ο χρόνος ωφέλιμης ζωής ενός προϊόντος ή ενός υλικού δεν τελειώνει μετά την συμβατική χρήση του. Μπορεί να συνεχιστεί είτε με επανάχρηση του προϊόντος, είτε με την ανακύκλωσή του, είτε με την μετατροπή και επισκευή του. Η τελική απόρριψη ενός προϊόντος ή ενός υλικού, θα συμβεί μόνο όταν εξαντληθούν όλες οι δυνατότητες χρήσης του (Λαβουτά, 2018 ; ΕΕ, 2018^{a,b} ; E.U., 2018^a).



Μέσα από την μεθοδολογία της Κυκλικής Οικονομίας, επιτυγχάνεται ο έλεγχος της εκκμετάλευσης, η διατήρηση των πρωτογενών φυσικών πόρων και η ποιοτική αναβάθμιση των προϊόντων, καθώς επενδύεται χρόνος στον καλύτερο σχεδιασμό τους. Με αυτόν τον τρόπο είναι πιο εύκολη η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση. Τέλος, επιτυγχάνεται ο καλύτερος σχεδιασμός και λειτουργία όλου του συστήματος υπηρεσιών και ενεργειών των οργανωμένων κοινωνιών (αγαθά, διατροφή, στέγαση, εκπαίδευση, υγεία, ψυχαγωγία, χρήση γης, αέρια ρύπανση, έκλυση ρυπαντών πάσης φύσεως, κλιματική αλλαγή, κανόνες αειφορίας) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014^{α,β} ; Καλλία Αντωνίου, 2009, 2014 ; Λαβουτά, 2018^{α,β} ; ΕΕ, 2018^{γ,δ}).

Η Κυκλική Οικονομία στην ΕΕ, λειτουργεί σε ένα πλαίσιο που βασίζεται σε κατευθυντήριες οδηγίες. Η ΕΕ έχει εκδόσει το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ISO 37120: 2014 ("Sustainable development of comminitirs - indicators for cty services and quality of life"),

σύμφωνα με το οποίο, προκειμένου να σχεδιαστεί ένα πλάνο λειτουργίας κυκλικής οικονομίας, λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής κριτήρια:

- Ποσοστό του πληθυσμού που προσφέρεται για συλλογή Αστικών Στερεών Αποβλήτων και Υγρών Αποβλήτων.
- Παραγόμενα και συλλεγόμενα ΑΣΑ/κάτοικο.
- Ποσοστό ΑΣΑ που ανακυκλώνονται από τα συλλεχθέντα ή απορρίπτονται σε επίπεδο κοινότητας.
- Ποσοστό Υγρών Λυμάτων που δεν επεξεργάζονται σε ΕΕΛ.
- Ποσοστό Υγρών Λυμάτων που επεξεργάζονται σε ΕΕΛ.
- Αξιολόγηση της μεθοδολογίας που ακολουθεί μία επιχείρηση ή ένας οργανισμός ώστε να περάσει σε πρακτικές κυκλικής οικονομίας.
- Δημιουργία μετρήσιμων δεικτών (intex) προκειμένου να αξιολογείται η αποτελεσματικότητα της μεθόδου και η εγγύτητα στην λογική της κυκλικής οικονομίας.
- Σχεδιασμός σε εθνικό επίπεδο για τον καθορισμό στόχων με βάση τις ανάγκες και η προσαρμογή σε λογικές κυκλικής οικονομίας σε διάφορες δραστηριότητες.

Η Κυκλική Οικονομία συνδέεται άμεσα με την Οικονομία Διαμοιρασμού, δηλαδή την δημιουργία δράσεων που απευθύνονται σε επαναχρησιμοποίηση από όλο το κοινωνικό σύνολο ή από όσο γίνεται μεγαλύτερο μέρος αυτού, όπως και τελικά συνδέεται με τον σχεδιασμό Βιώσιμων και Έξυπνων Πόλεων, που φέρουν τα χαρακτηριστικά της αειφορικής διαχείρισης (Μελίδης, 2018 ; ΕΕ, 2018^c).

Στην Ελλάδα έχει συσταθεί η Επιτροπή ΕΛΟΤ /τε2/0 8 προκειμένου να αξιοποιηθούν πρότυπα για την εφαρμογή των αρχών της Κυκλικής Οικονομίας στην περιβαλλοντική διαχείριση και να εισάγονται και να προσαρμόζονται οδηγίες, μελέτες και πρότυπα σχέδια που εκπονούνται από διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης (Καλλία Αντωνίου, 2009, 2013 ; Μελίδης, 2018).

Η Επιτροπή έχει ως στόχο να καταγράφει τις εθνικές ανάγκες και τα πρότυπα ώστε να προσδιορίζει τις έννοιες και μεθόδους κυκλικής οικονομίας που χρειάζεται η Ελλάδα, να καθορίζει τις αρχές και τα κριτήρια και τον βαθμό κυκλικότητας για την χρήση προϊόντων και υπηρεσιών και υλικών, για την ανακύκλωση, ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση προϊόντων. Εισαγάγει, επεξεργάζεται και προσαρμόζει τις

Ευρωπαϊκές Οδηγίες στις ελληνικές ανάγκες, υποστηρίζει πολιτικά και επιχειρηματικά εγχειρήματα, υποστηρίζει τον κανονιστικό και ελεγκτικό ρόλο της Δημόσιας Διοίκησης, αναπτύσσει προδιαγραφές λειτουργίας για τον δημόσιο τομέα, τα έργα, τις υπηρεσίες και τα υλικά. Τέλος επεξεργάζεται και προτείνει συστήματα διαχείρισης που προωθούν την κυκλικότητα στην παροχή υπηρεσιών και την χρήση υλικών στον ιδιωτικό τομέα, όπως και αποτιμά τα αποτελέσματα των εφαρμογών κυκλικής οικονομίας σε δημόσιο και ιδιωτικό τομέα (Καλλία - Αντωνίου, 2009, 2013 ; Μελίδης, 2018 ; European Commission, 2011, 2013).

Όλα τα παραπάνω κρίνονται απαραίτητα καθώς είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει διακρατική μεταφορά τεχνογνωσίας και εμπειρίας επάνω σε μεθοδολογίες κυκλικής οικονομίας. Με άλλα λόγια, μία χώρα που καταφέρνει να δημιουργήσει ένα σύστημα μέγιστης χρήσης των πρωτογενών φυσικών της πόρων και των υλικών που παράγει, και να σχεδιάσει υπηρεσίες που εξοικονομούν φυσικούς πόρους και καλύπτουν τα κριτήρια της αειφορικής διαχείρισης, αποτελεί πάντα πρότυπο για τις υπόλοιπες (ΕΕ, 2018^c ; Μελίδης, 2018 ; European Commission, 2011, 2013).

Πλέον η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας έχει αρχίσει να εφαρμόζεται διευρυμένα στα όργανα λήψης αποφάσεων και αποτελεί αντικείμενο πολλών μελετητών. Η Κυκλική Οικονομία, αλλάζει τους κανόνες του παιχνιδιού σε όλους τους τομείς και οδηγεί στην ανάγκη επανσχεδιασμού της παραγωγικής διαδικασίας και των προϊόντων. Με αυτόν τον τρόπο, αποσυνδέονται οι πρωτογενείς φυσικοί πόροι από την οικονομική ανάπτυξη. Η Κίνα έχει υιοθετήσει προσέγγιση από την κορυφή προς την βάση, ενώ άλλες χώρες έχουν υποστηρίξει πολιτικές από τη βάση προς την κορυφή. Η Κίνα ενσωμάτωσε την ΚΟ ως κεντρικό στόχο του 11ου και 12ου πενταετούς σχεδίου για την Εθνική Οικονομική και Κοινωνική της Ανάπτυξη. Το 2009 εξέδωσε τον "*Νόμο για την Προώθηση της Κυκλικής Οικονομίας*" (Su et al., 2015).

Ενα σύστημα κυκλικής οικονομίας διατηρεί την προστιθέμενη αξία των προϊόντων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα με στόχο να μειωθούν ή και να εξαλείφουν τα απόβλητα. Ακόμη και όταν ένα προϊόν έχει φθάσει στο τέλος του κύκλου ζωής του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατ' επανάληψη και να δημιουργηθεί περαιτέρω αξία. Απαιτούνται αλλαγές σε ολόκληρες τις αλυσίδες αξίας, από τον σχεδιασμό των προϊόντων έως νέα επιχειρηματικά μοντέλα και μοντέλα αγοράς, απαιτούνται νέοι τρόποι μετατροπής των αποβλήτων σε χρήσιμους πόρους και ενέργεια, καθώς και

απαιτούνται νέοι τρόποι καταναλωτικής συμπεριφοράς. Αυτό συνεπάγεται συστημική αλλαγή, καινοτομία με νέες τεχνολογίες, κοινωνική οργάνωση, νέοι τρόποι χρηματοδότησης και νέες πολιτικές. Είναι αυτονόητο ότι σε ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας, θα συνεχίσουν να υπάρχουν στοιχεία γραμμικότητας, αλλά οι πρωτογενείς απαραίτητοι πόροι και τα απόβλητα θα μειωθούν κάθετα (European Commission, 2004, 2011, 2013).

Η βιομηχανία έχει αντιληφθεί την πολύ μεγάλη σημασία που έχει ο ανασχεδιασμός της παραγωγικής διαδικασίας. Υπολογίζεται ότι μία αλλαγή πολιτικής προς μία κυκλική οικονομία μπορεί να μειώσει τις ανάγκες εισροών σε υλικά κατά 17 %-24 % μέχρι το 2030. Αποτελεσματικότερη χρήση φυσικών πόρων μπορεί να δημιουργήσει εξοικονόμηση 630 δισεκατομμυρίων ευρώ/έτος για την βιομηχανία της Ευρώπης και μείωση κατά 8% του ετήσιου κύκλου εργασιών, μειώνοντας τις ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 2%-4%.. Επίσης μπορεί να προκύψει ενίσχυση του ΑΕΠ της ΕΕ έως κατά 3,9%, με τη δημιουργία νέων αγορών και νέων προϊόντων και τη δημιουργία αξίας για τις επιχειρήσεις (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014^γ ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^{α,β}).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, πρότεινε το 2011, ένα πλαίσιο δράσης για πολλούς τομείς οικονομίας και πολιτικής. Δημιούργησε έναν Οδικό Χάρτη που εντάχθηκε στο "*έβδομο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον (7ο ΠΔΠ)*". Μέσα από αυτό το ελπιδοφόρο βήμα η ευρωπαϊκή οικονομία ανμένεται να γίνει πιο ανταγωνιστική και να καλυψει όλες τις μεγάλες προκλήσεις του μέλλοντος ιδιαίτερα ως προς τις μεγάλες οικονομικές δυνάμεις της Κίνας, των ΗΠΑ και της Ρωσίας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011, 2013^β, 2017^α).

Για την περίοδο 2000 - 2011 υπήρξε αύξηση κατά 20% στην παραγωγή πόρων. Εκτιμάται ότι αυτό πορεί να είναι αποτέλεσμα της ύφεσης που επήλθε μετά το 2006, αλλά η διατήρηση ανάλογων ρυθμών, μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω αύξηση κατά 30 % έως το 2030 και μπορεί να ενισχύσει το ευρωπαϊκό ΑΕΠ κατά περίπου 1%, δημιουργώντας δύο εκατομμύρια περισσότερες θέσεις εργασίας. Σε αυτό το στάδιο, υπάρχει ήδη η πολιτική ωριμότητα, ώστε κάθε νέα οικονομική πολιτική να συμβαδίζει με τους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κατασκευών και την διασφάλιση της πρόσβασης σε πρώτες ύλες με ισορροπημένο τρόπο, μειώνοντας ταυτόχρονα τις επιπτώσεις στο περιβάλλον (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011, 2013^β, 2017^α).

Ένα μεγάλο φάσμα μέτρων που έχουν ήδη δοκιμαστεί, έχουν αποδείξει ότι τα οφέλη είναι πολλαπλάσια και μπορούν να εφαρμοστούν με συστηματικό τρόπο προοθώντας την πράσινη απασχόληση με νέες θέσεις εργασίας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013^β, 2017^α).

1.4. Συγκρότηση Ευνοϊκού Πλαισίου Άσκησης Πολιτικής

Οι αγορές είναι η κινητήρια δύναμη της οικονομίας. Οποιοδήποτε κόστος επικεντρώνεται στις πρώτες ύλες και την ενέργεια, αυξάνει το κόστος των εισροών του ιδιωτικού τομέα και το τελικό κόστος προϊόντων και υπηρεσιών. Έτσι ο ιδιωτικός τομέας στην Ευρώπη και αλλού, έχει αρχίσει να προσαρμόζεται στις αλλαγές προς μία κυκλική οικονομία. Παραυτά τα προβλήματα είναι πολλά και σχετίζονται κυρίως με την αποδοτική χρήση των πόρων. Τα περισσότερα οφείλονται σε δυσκαψία διοικητικών διαδικασιών ή νομοθετικών κενών. Γι' αυτό η ΕΕ και τα Κράτη μέλη, συνεχώς αναδιαρθρώνουν ή συμπληρώνουν τα νομικά τους πλαίσια ώστε να δημιουργούνται νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011, 2014^α, 2017^α).

Μερικοί από τους φραγμούς που υπάρχουν ακόμη στο σύστημα, και θα συνεχίσουν να υπάρχουν μέχρι να υπάρξει συνολικά αποφασιστική πολιτική προσαρμογής, είναι οι υποδομές, τα παλιά επιχειρηματικά μοντέλα, η τεχνολογία και η παγιωμένη συμπεριφορά της αγοράς, που τείνουν να συντηρήσουν το γραμμικό μοντέλο οικονομίας. Επιπλέον, οι ιδιωτικές εταιρίες ίσως ακόμη να μην διαθέτουν την απαραίτητη πληροφορία ώστε να αποκτήσουν εμπιστοσύνη για να μεταβούν σε λύσεις κυκλικής οικονομίας. Το χρηματοπιστωτικό σύστημα ακόμη και σήμερα, ενώ υποτίθεται ότι συμμετέχει ενεργά στον σχεδιασμό και την προώθηση πολιτικών κυκλικής οικονομίας, πολλές φορές δεν προβλέπει την ενίσχυση επιχειρηματικών δράσεων που αποβλέπουν στην βελτιώση της παραγωγικότητας μέσω κυκλικής οικονομίας, όπως και προτιμά να αγνοεί καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα γιατί θεωρούνται πιο επικίνδυνα και πολύπλοκα. Με αυτόν τον τρόπο, το ίδιο το τραπεζικό σύστημα αποτρέπει πολλούς επενδυτές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011).

Πεπερασμένες και τετριμένες επίσης καταναλωτικές συνήθειες, εμποδίζουν την ανάπτυξη και προώθηση νέων προϊόντων και υπηρεσιών. Τέτοια εμπόδια μπορεί να διατηρούν ένα πλαίσιο αγοράς στο οποίο οι τιμές δεν ανταποκρίνονται στο πραγματικό κόστος της χρήσης των πρωτογενών πόρων. Σε τέτοιες περιπτώσεις διαπιστώνεται

κυρίως έλλειψη πολιτικής και σχεδιασμού, εκ μέρους της Πολιτείας περισσότερο παρά εκ μέρους του ιδιωτικού τομέα, καθώς οι γενικοί κανονες μπαίνουν από το Κράτος και όχι από μία κοινωνία. Η κοινωνία καλείται να ενημερωθεί, να αλληλεπιδράσει και στο τέλος να αποδεχτεί ή να απορρίψει, οπότε ακολουθεί η αναπροσαρμογή. Η κυκλική οικονομία, μπορεί να εφαρμοστεί σταδιακά, μόνο μέσα από διαδικασίες feedback, καθώς πραγματεύεται πολλές καινοτόμες μεθόδους και υπηρεσίες που πρώτα πρέπει να γίνουν κοινωνικά αποδεκτές (European Commission, 2011, 2013 ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^α).

Τέλος, σημειώνεται και πάλι, ότι το εγχείρημα της μετάβασης προς πολιτικές κυκλικής οικονομίας, απαιτεί τόσο κεντρικό σχεδιασμό, όσο και διμερείς και συνολικές επιμέρους συνεργασίες, ανταλλαγή εμπειριών, τεχνογνωσίας και δημιουργία κινήτρων. Εργαλεία αποτελούν η έξυπνη νομοθεσία, η καινοτόμα οικονομία, τα αγορακεντρικά μέσα πολιτικής, οι αλυσίδες πρώτων υλών και προϊόντων, η διάχυση της πληροφόρησης προς κάθε κατεύθυνση, ο εθελοντισμός, τα ΜΜΕ η χρήση προδραστικών καταναλωτών και η συμβουλευτική στήριξη των επιχειρήσεων (Καλλία - Αντωνίου, 2013 ; European Commission 2013).

1.5. Περιγραφή του Προβλήματος

Η Κρήτη, είναι ουσιαστικά το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας. Η οικονομία της καλύπτει όλες τις πτυχές των οικονομικών δραστηριοτήτων και εξελίσσεται στον πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή τομέα (ΕΛΣΤΑΤ, 2015).

Είναι ένα από τα ελάχιστα ελληνικά νησιά με μεγάλη αγροτοκτηνοτροφική παραγωγή. Είναι βασικό ελαιοπαραγωγό νησί, με ιδιαίτερη παραγωγή στον Νομό Ηρακλείου και έχει μεγάλη συνεισφορά στο Εθνικό ΑΕΠ μέσω του τριτογενούς τομέα (Τουρισμός, παροχή υπηρεσιών). Κάθε καλοκαίρι, δέχεται αριθμό επισκεπτών πολλαπλάσιο των μονίμων κατοίκων του (ΦΕΚ Β, 3465 / 8-12-2012 ; ΕΣΔΑΚ, 2012 ; ΕΛΣΤΑΤ, 2015).

Παρ' ότι είναι ένα νησί με έντονη γεωργική δραστηριότητα (αγροτική και κτηνοτροφική παραγωγή), η εποχικός πολλαπλασιασμός του πληθυσμού του, δημιουργεί πιέσεις στο χερσαίο και υδάτινο περιβάλλον εξαιτίας των αυξημένων αναγκών σε νερό και της παραγωγής αστικών αποβλήτων, στερεών (ΑΣΑ) και υγρών (ΥΑΑ) (ΠΕΣΔΑΚ, 2012 ; ΕΛΣΤΑΤ, 2015 ; ΕΛΣΤΑΤ, 2018).

Καθώς το νησί βρίσκεται στο νότιο άκρο της Ελλάδας, έχει ένα κλίμα που συνδυάζει τα μεσογειακά και υποτροπικά χαρακτηριστικά. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις, η εγγυτητά του στο Λυβικό Πέλαγος και την Αφρική οδηγεί στην εμφάνιση επιδράσεων από τις Αφρικανικές ερήμους (Giannakopoulos et al, 2011 ; ΤτΕ, 2011 ; ΥΠΕΚΑ, 2014).

Όλα τα παραπάνω, μεταφράζονται σε πιέσεις που αφορούν το υδατικό δυναμικό του νησιού και την φέρουσα ικανότητα και ποιότητα του έδαφους. Το νησί πάσχει από τοπικά και γενικά προβλήματα λειψυδρίας, τα οποία οφείλονται σε παρελθοντικές χρήσεις αλλά και στην γεωγραφική του θέση και το γεωλογικό του υπόστρωμα. Επίσης, αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα ρύπανσης του επιφανειακού εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα, εξαιτίας της περιοδικής αύξησης των υγρών αποβλήτων, και ιδιαίτερα των αστικών λυμάτων. Η αυξημένη αγροτική δραστηριότητα του νησιού, έχει επιβαρύνει ποικιλοτρόπως τους φυσικούς υδροφορείς όσο και το έδαφος, προκαλώντας φαινόμενα νιτρορρύπανσης, αλατοποίησης και τελικά μερικής ερημοποίησης (ΕΔΑΠΚ, 2014 ; ΥΠΕΚΑ, 2018. <<http://www.ypeka.gr>>, Υδατικοί Πόροι / Διαχείριση Λυμάτων ; ΕΛΣΤΑΤ, 2018 <<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>>, Στατιστικά Θέματα/Πληθυσμός / Γεωργία / Απόβλητα).

1.6. Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης

Η Κρήτη αποτελεί μία σχετικά κλειστή οικονομία, που καλύπτει τις δραστηριότητες και των τριών τομέων της οικονομίας. Επιπλέον δέχεται τις πιέσεις της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής και της μέχρι σήμερα σπατάλης των φυσικών πόρων, ιδιαίτερα ως προς την έλλειψη νερού και την υποβάθμιση του εδάφους.

Οι βασικές γεωργικές δραστηριότητες διενεργούνται στο 40% της έκτασης του νησιού. Μόλις το 35% αυτών αρδεύεται, το 86,7% των υδατικών πόρων χρησιμοποιούνται στην γεωργία και το 13.3% χρησιμοποιείται στην βιομηχανία, και στα νοικοκυριά. Το νερό που χρησιμοποιείται, προέρχεται κυρίως από υπόγειους υδροφορείς και λιγότερο από επιφανειακά νερά και απορροές. Αυτό σημαίνει ότι η κυρίως πίεση από υδροληψίες μεταφέρεται στο υπέδαφος και επηρεάζει τον κύκλο του νερού δημιουργώντας κινδύνους υφαλμύρωσης και τελικά αλατοποίησης των επιφανειακών

καλλιεργούμενων εδαφών (Βασιλάκη, 2008 ; Borboudaki et al, 2005 ; Αγραφιώτη, 2010 ; ΠΕΣΔΑΚ, 2012 ; ΕΛΣΤΑΤ, 2018).

Στο νησί λειτουργούν σήμερα 19 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) και ένας αριθμός μικρότερων σταθμών. Κάποιοι από αυτούς είναι ήδη απαρχαιωμένοι και ελλειπώς αποτελεσματικοί (π.χ. Ανωγείων) ενώ άλλοι λειτουργούν με πολύ καλές προδιαγραφές (π.χ. Ηρακλείου, Ελούντας, Χανίων). Σε κάποιους επίσης, προωθούνται διαδικασίες επέκτασης και αναβάθμισης μέσω προγραμμάτων ΕΣΠΑ, που εντάσσονται στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα της Περιφέρειας Κρήτης για την βελτίωση των περιβαλλοντικών υποδομών του νησιού (ΠΕΣΔΑΚ, 2014 - 2020).

Η μελέτη αυτή, επικεντρώνεται στο να προσδιορίσει την επάρκεια των υφιστάμενων εγκαταστάσεων, την καταληλότητα των εκκροών τους (γκρι νερό και λυματολάσπη) για την χρήση στην γεωργική δραστηριότητα του νησιού, και να ορίσει ένα πλαίσιο αναβάθμισης του υπάρχοντος δικτύου ΕΕΛ, σύμφωνα με την αυξομείωση του πληθυσμού και των δραστηριοτήτων σε ετήσια κλίμακα, με επικέντρωση στον γεωργικό τομέα (ΠΕΣΔΑΚ, 2012 ; ΥΠΕΚΑ-ΕΓΥ, 2010, 2013, 2015).

1.7. Σκοποί και Στόχοι της Διατριβής

Μέσα από αυτή την Μεταπτυχιακή Διατριβή, διερευνάται μία μεθοδολογία εφαρμογής των αρχών της Κυκλικής Οικονομίας, στην διαχείριση των υγρών και στερεών αποβλήτων που προκύπτουν από την επεξεργασία αστικών λυμάτων στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (Βιολογικοί Καθαρισμοί) που λειτουργούν στην Κρήτη.

Οι ΕΕΛ που λειτουργούν στις διάφορες περιοχές της Κρήτης, παράγουν μεγάλες ποσότητες νερού (γκρι νερό) που θα μπορούσε να καλύψει αρδευτικές ανάγκες συνολικά για την αγροτική παραγωγή του νησιού, εφ' όσον καλύπτονται οι απαραίτητες προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί από την ΕΕ.

Η εύκολη μεθοδολογία απόρριψης σε φυσικούς αποδέκτες (έδαφος και θάλασσα) του παραγόμενου από τους ΕΕΛ γκρι νερού, παρ' ότι δεν δημιουργεί κινδύνους για το φυσικό περιβάλλον, αποτελεί μία σπατάλη ενός φυσικού πόρου. Σε αυτή την περίπτωση, οι αρδευτικές ανάγκες της αγροτικής παραγωγής θα πρέπει να καλυφθούν

μόνο από τους υπόγειους υδροφορείς. Στην περίπτωση όμως της χρήσης του γκρι νερού οδηγούμαστε σε μία τεράστια εξοικονόμηση του αναντικατάστατου αυτού φυσικού πόρου (ΕΓΥ, 2010, 2013, 2015).

Στην ίδια λογική, βρίσκεται η χρήση της ξηρής επεξεργασμένη λάσπης, που προκύπτει από τους ΕΕΛ. Αυτό το υλικό, μπορεί να καλύψει ανάγκες εμπλουτισμού των καλλιεργειών και η χρήση του να περιορίσει, αφ' ενός την οργανική ρύπανση στο νησί, αφ' ετέρου την χρήση χημικών λιπασμάτων σε εκτατικές, ημιεντατικές και εντατικές καλλιέργειες, οδηγώντας σε ένα μοντέλο που πλησιάζει περισσότερο στην βιολογική γεωργία ή στην ημιεντατική γεωργία (Καλογεράκης και Νικολαΐδης, 2008).

Στόχος αυτής της Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι να διερευνήσει το κατά πόσο τα υλικά βιολογικής επεξεργασίας των ΕΕΛ μπορούν να χρησιμοποιηθούν επαρκώς ποιοτικά και ποσοτικά για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών και αναγκών εδαφικού εμπλουτισμού (Καλογεράκης και Νικολαΐδης, 2008 ; ΕΓΥ, 2013, 2015 ; ΠΕΣΔΑΚ, 2012).

Επιδιώκεται να υπάρξει μία συνεισφορά στον σχεδιασμό της αειφορικής διαχείρισης του φυσικού περιβάλλοντος του νησιού, την οικολογική ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής και της προστασίας των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων του και την εισαγωγή στην λογική της κυκλικής οικονομίας.

2^ο Κεφάλαιο

2.1. Θεσμικό Πλαίσιο Διαχείρισης Λυμάτων στην Ελλάδα και την ΕΕ

2.1.1. Γενική Νομοθεσία

Αρχικά υπήρξε η Οδηγία 91/271/ΕΟΚ «για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων» πο αφορά την διαχείριση των Υγρών Αστικών Αποβλήτων, η οποία έθεσε τις βάσεις για την διαμόρφωση των πρώτων πολιτικών στην Ευρώπη για την διαχείριση και την προστασία των υδάτων και των φυσικών πόρων (7^η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Εφαρμογή της Οδηγίας για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων, 2013 ; Καλλία - Αντωνίου 2013 ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017).

Η Οδηγία παρέχει τις κατευθύνσεις για την προστασία των επιφανειακών και υπογείων υδάτων και του εδάφους από εκκροές μη επεξεργασμένων ή ελλειπώς επεξεργασμένων λυμάτων και αποβλήτων αστικής ή βιομηχανικής (ορισμένων κλάδων) προέλευσης. Προβλέπει την διαβάθμιση περιοχών σε χαμηλής και υψηλής ευαισθησίας και ευπάθειας, οι οποίες πρέπει να προσδιορίζονται από κάθε Κράτος μέλος κάθε τέσσερα χρόνια.

Προκειμένου ένα Κράτος μέλος να ορίσει μία περιοχή ως αποδέκτη υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων, οφείλει προηγουμένως να έχει τεκμηριώσει ότι καλύπτει όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές και ότι ανήκει στις περιοχές χαμηλής ευαισθησίας, ώστε η απόρριψη των υγρών αποβλήτων να μην επηρεάσει το φυσικό περιβάλλον (Καλλία - Αντωνίου 2009, 2013 ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013, 2014^α).

Σημαντικό κριτήριο κατηγοριοποίησης μίας περιοχής είναι να υπάρχει φέρουσα ικανότητα παραγωγής ποιοτικής τροφής. Λαμβάνεται υπ' όψιν ο εξυπηρετούμενος αριθμός κατοίκων, ενώ η τοπική κοινωνία έχει την υποχρέωση να παρέχει τρία στάδια επεξεργασίας των αποβλήτων (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια).

Η Οδηγία προβλέπει ότι:

- ✚ Η συλλογή και η επεξεργασία λυμάτων πρέπει να συμβαίνει σε οικισμούς >2000 Ισοδύναμου Πληθυσμού (ΙΚ).
- ✚ Η δευτεροβάθμια επεξεργασία και η απόρριψη γίνεται σε οικισμούς με >2000 ΙΚ.
- ✚ Για περιπτώσεις οικισμών με >10000 Ι.Κ. πρέπει να ακολουθείται επεξεργασία περισσότερων σταδίων και η απορροές να μην γίνονται σε συγκεκριμένες ευαίσθητες περιοχές και τις λεκάνες απορροής τους.
- ✚ Οι τοπικές αρχές έχουν την ευθύνη παρακολούθησης της απόδοσης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας.
- ✚ Οι τοπικές αρχές έχουν την ευθύνη του ελέγχου και της διάθεσης της ιλύος.

Η εφαρμογή της Οδηγίας είναι προϋπόθεση επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων που θέτονται στην Οδηγία πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, ΕΕ L 327 για τα ύδατα και η Οδηγία 2008/56/ΕΚ, ΕΕ L 164 για τη θαλάσσια στρατηγική (Καλλία - Αντωνίου 2009, 2013 ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013, 2014^α ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^γ).

Η πρόοδος που έχει συντελεστεί τα τελευταία 25 χρόνια οδήγησε στην βελτίωση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων (ποτάμια, λίμνες) και των θαλασσών (9η Έκθεση Ε.Ε., 2017). Επίσης η εφαρμογή της Οδηγίας συνέβαλε στην επίτευξη στόχων για την ποιότητα του πόσιμου νερού (μπλε νερό, Οδηγία 98/83/ΕΚ, ΕΕ L 330), για τα ύδατα κολύμβησης (Οδηγία 2006/7/ΕΚ και 76/160/ΕΟΚ), της Οδηγίας-πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/ΕΚ, ΕΕ L 327) και της Οδηγίας-πλαισίου για τη θαλάσσια στρατηγική (2008/56/ΕΚ, ΕΕ L 164) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011, 2013^β, 2014^{α,β,γ,δ}).

Η Οδηγία 86/278 «Για την προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα του εδάφους, από τη χρήση της ιλύος στη γεωργία», ορίζει περιορισμούς και προϋποθέσεις για την μείωση των επιπτώσεων στο έδαφος στο νερό και στον άνθρωπο από την γεωργική παραγωγή και από την χρήση της ιλύος εδαφοβελτιωτικού.

Πρόσφατα έχει εφαρμοστεί η Οδηγία 2008/98 ΕΚ για την ιεράρχηση των αποβλήτων και τον χαρακτηρισμό τους.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αξιολόγησε πρόσφατα (9η Έκθεση Ευρωπαϊκής Επιτροπής, 2017), ότι σύμφωνα με τα στοιχεία που παρείχαν τα κράτη μέλη, τα αποτελέσματα της εφαρμογής της οδηγίας είναι θετικά ως προς την διάθεση και χρήση των

επεξεργασμένων λυμάτων. Προηγήθηκε εμπειριστατωμένος διάλογος με τα κράτη μέλη και χρήση τεχνολογιών πληροφορικής που χρησιμοποιεί η ΕΕ και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, προκειμένου να γίνει ολοκληρωμένη επεξεργασία των δεδομένων. Εκτιμάται ότι οι στόχοι που έχουν τεθεί προσεγγίζονται από τα κράτη μέλη και η πρόοδος είναι γενικά σημαντική (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^{α,β}).

Η Έκθεση του 2014, αναφέρει ότι στην ΕΕ υπάρχουν 23500 "οικισμοί" σύμφωνα με την Οδηγία, για την επεξεργασία αστικών λυμάτων, και πάνω από 2.000 μονάδες Ισοδύναμου Πληθυσμού (Μ.Ι.Π.). Το συνολικό παραγόμενο φορτίο αυτών των οικισμών αντιστοιχεί σε 604 εκατομμύρια Μ.Ι.Π., αποτελούμενο από οικιακά λύματα, ορισμένα βιομηχανικά λύματα και όμβρια ύδατα.

Σε σύγκριση με την προηγούμενη Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, υπάρχει μία διαφορά αύξησης 500 εκατομμυρίων Μ.Ι.Π. που οφείλεται στην προσθήκη της Πολωνίας και της Ιταλίας. Σε αυτές τις χώρες, περίπου 580 πόλεις με πάνω από 150.000 κατοίκους η κάθε μία, παρήγαγαν συνολικό φορτίο 256 εκατομμυρίων Μ.Ι.Π., δηλ. το 42 % του συνόλου, ποσό αρκετά μεγάλο συγκριτικά με τις παραγόμενες ποσότητες των άλλων χωρών.

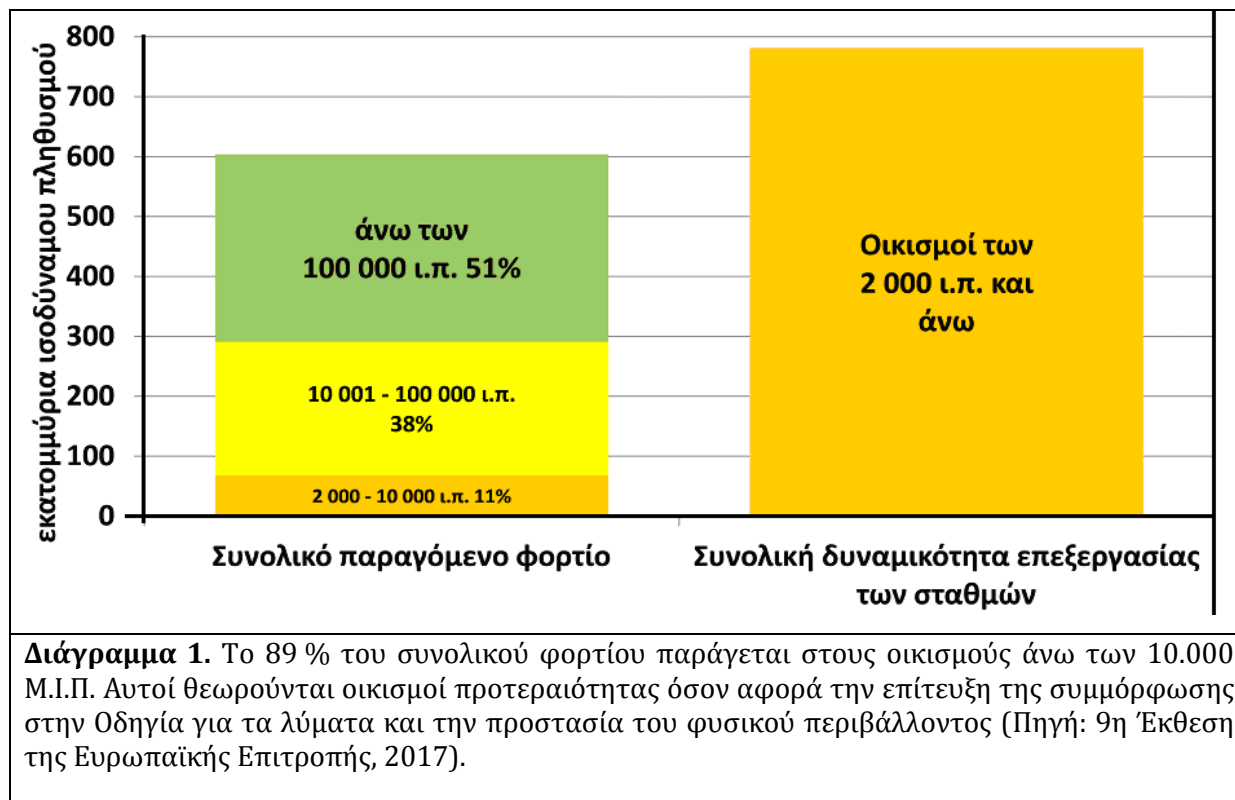
Μέχρι το 2014, η συμμόρφωση των κρατών μελών ως προς την Οδηγία ήταν σημαντική.

- Το 94,7 % των λυμάτων συλλέγεται μέσω δικτύων αποχέτευσης είτε μέσω εναλλακτικών μεμονωμένων ή άλλων συστημάτων (IAS).
- Το 88,7 % των λυμάτων υπόκειται σε δευτεροβάθμια επεξεργασία.
- Το 84,5 % των λυμάτων συνεχίζει σε πέραν της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας για την αφαίρεση αζώτου (N) και/ή φωσφόρου (P), όταν απαιτείται.

Παρ' αυτά, μεταξύ των κρατών της ΕΕ υπάρχουν σημαντικές διαφορές κυρίως όσον αφορά την συμμόρφωση με τις απαιτήσεις για αυστηρότερη επεξεργασία των λυμάτων. Στην τελευταία Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2017) τα ποσοστά συμμόρφωσης μειώθηκαν λίγο συγκριτικά με της προηγούμενης Έκθεσης (98,4 % για τη συλλογή, 91,9 % για τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και 87,9 % για την αυστηρότερη επεξεργασία), αλλά τα αριθμητικά στοιχεία που παρέχονται είναι πλέον πιο ακριβή και αντικειμενικά. Αυτό συμβαίνει διότι:

- Υπήρξαν νέες προθεσμίες συμμόρφωσης στην ΕΕ-13.
- Στα International Accounting Standards συμπεριελήφθη και η Ρουμανία που έχει χαμηλότερα ποσοστά συμμόρφωσης.

- Βελτιώθηκαν οι διαδικασίες συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων.



Η συνολική εγκαταστημένη δυναμικότητα για τη επεξεργασία αστικών λυμάτων στην ΕΕ είναι περίπου 780 εκατομμύρια Μ.Ι.Π., ποσότητα μεγαλύτερη από το φορτίο που παράγεται σε επίπεδο ΕΕ. Αυτό θα έπρεπε να είχε ως αποτέλεσμα την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών επεξεργασίας των παραγόμενων λυμάτων σε επίπεδο ΕΕ, παρά τις διαφορές που θα παρουσιάζει η κατάσταση από τη μία χώρα στην άλλη ή από πόλη σε πόλη. Υπάρχουν περιπτώσεις υπερδιαστασιολόγησης των μονάδων επεξεργασίας, αλλά και περιπτώσεις ανεπαρκούς συλλογής και/ή σύνδεσης με τις ήδη υφιστάμενες μονάδες, τα δίκτυα αποχέτευσης και/ή με άλλα κατάλληλα συστήματα συλλογής και μεταφοράς λυμάτων και αυτοί οι παράγοντες μειώνουν την αποτελεσματικότητα των μονάδων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014^α, 2017^{α,β}).

Το ποσοστό συμμόρφωσης στην ΕΕ όσον αφορά τη συλλογή ανέρχεται στο 94,7 %. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μείωση κατά 3,7 εκατοστιαίες μονάδες σε σχέση με την προηγούμενη Έκθεση, οφείλεται στην προσθήκη της Ιταλίας και της Πολωνίας και στις ακριβέστερες τιμές που έδωσε η Ρουμάνια. Συνολικά τα κράτη μέλη διατήρησαν ή βελτίωσαν τα ποσοστά συμμόρφωσης ως προς την οδηγία, εκτός από τη Ρουμάνια, την Κύπρο και σε μικρότερο βαθμό, την Τσεχική Δημοκρατία. Για 19 Κράτη Μέλη της ΕΕ τα

ποσοστά συμμόρφωσης με την Οδηγία έφτασαν μεταξύ 98 % και 100 %, ενώ μόνο τέσσερα κράτη εξακολουθούν να παρουσιάζουν ποσοστά, κάτω από 70 % (Ρουμάνια, Βουλγαρία, Σλοβενία και **Ελλάδα**) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^α).

Η εφαρμογή νέων μεθόδων πληροφορικής για την συλλογή των δεδομένων, βάση των διεθνών λογιστικών προτύπων (IAS), ως εναλλακτική της κεντρικής συλλογής, έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί ο χρόνος συλλογής κατά μέσο όρο σε σύγκριση με την 8^η Έκθεση Προόδου. Υψηλότερες τιμές συμμόρφωσης σύμφωνα με τα IAS διαπιστώνονται στη Σλοβακία, στην Ελλάδα, στην Ουγγαρία, στην Πολωνία και στη Τσεχική Δημοκρατία. Ένα άλλο σημείο που πλέον όμως διερευνά η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι το κατά πόσο τα πρότυπα IAS (μητρώο, άδειες, παρακολούθηση και επιθεώρηση, είδη και συναφής περιβαλλοντική προστασία) ευθυγραμμίζονται με τις απαιτήσεις της Οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013^β, 2014^{α,β}, 2017^{α,β,γ,δ}).

2.1.2. Εθνική Ελληνική Νομοθεσία

- ✚ Ο Ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α / 16-10-1986), «*Νόμος Πλαίσιο για το Περιβάλλον*». Θέτει κανόντες ως προς οτιδήποτε έχει σημασία για την ορθολογική περιβαλλοντική διαχείριση και τους κανόνες απόρριψης αποβλήτων στερεών ή υγρών. Κατά σειρά, τροποποιήσεις και βελτιώσεις αποτελούν τα εξής : Ν. 2742/1999, (ΦΕΚ 207/Α/7.10.1999), Ν. 3010/2002, (ΦΕΚ 91/Α/25.4.2002), Ν. 3146/2003, (ΦΕΚ 176/Α/2.7.2003), Ν. 3536/2007, (ΦΕΚ 42/Α/23.2.2007), Ν. 4014/2011, (ΦΕΚ 209/Α/21.9.2011), Ν. 4042/2012, (ΦΕΚ 24/Α/13.2.2012), Ν. 4315/2014, (ΦΕΚ 269/Α/29.12.2014).
- ✚ Η Κ.Υ.Α. 69269/5387/1990 στην οποία γίνεται κατάταξη των έργων και των δραστηριοτήτων σε κατηγορίες που καθορίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα απαραίτητα σχέδια περιβαλλοντικών μελετών σε συνάρτηση με τον Ν. 1650 / (Φ.Ε.Κ. Β 678 /25-10-90).
- ✚ Η Υγειονομική Διάταξη Ε1 β /221, «*Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων*» (Φ.Ε.Κ. Β 138 /24-12-1965). Υπερκαλύφθηκε στην πορεία από τις Οδηγίες 2008/98 και 99 και τους Κανονισμούς της ΕΕ, αλλά ακόμα ισχύει.
- ✚ Η Εγκύκλιος Α5 / 4690 / ΕΓΚ . 62 / 26-4-1980 που αναφέρεται στην Οδηγία Εφαρμογής της Υγειονομικής Διάταξης Ε1 β /221. Περιγράφει τους όρους και τις προϋποθέσεις για την αδειοδότηση για την διάθεση αστικών λυμάτων και

- βιομηχανικών αποβλήτων. Περιέχει αναλυτικές τιμές φυσικοχημικών χαρακτηριστικών που πρέπει να διαθέτουν τα απορριπτομενα απόβλητα του Κλάδου τροφίμων και ποτών, τα βρώσιμα λίπη και έλαια (BOD₅, COD, αιωρούμενα στερεά, λιποσταγονίδια, pH, θειϊκά, θειούχα, άζωτο, φωσφόρος, κ.λπ στοιχεία).
- ✚ Η Εγκύκλιος ΥΜ/2985/29-5-1991 για την Οδηγία Εφαρμογής της Υγειονομικής Διάταξης Ε1β/221/65 για τις προϋποθέσεις διάθεσης λυμμάτων και αποβλήτων σε έδαφος, υδάτινους αποδέκτες και δίκτυα αποχέτευσης.
 - ✚ Η Εγκύκλιος 242 / 27-1-1992 για την αδειοδότηση και έγκριση μελετών επεξεργασίας κα διάθεσης υγρών αποβλήτων.
 - ✚ Η Κ.Υ.Α. 145116 / 2011 (Φ.Ε.Κ. Β 354 / 8-3-2011) σε συνδυασμό με τον Ν 4014 / 2014 που ορίζει ότι σε όλη την Ελληνική Επικράτεια, τα ελαιοτριβεία πρέπει να ακολουθούν την διαφασική μέθοδο επεξεργασίας. Ειδικά για τις περιπτώσεις διάθεσης αποβλήτων ελαιοτριβείων, υπάρχει εκτεταμένο νομικό πλαίσιο εξαιτίας της επικινδυνότητα των απορριπτόμενων υγρών αποβλήτων τους (κατσίγαρος). Η αρχική ΚΥΑ τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 191002/2013, με την οποία η αίτηση του χρήστη ή του φορέα διαχείρισης προς την Διεύθυνση Υδάτων απαιτεί και γνωμοδότηση για άδεια επαναχρησιμοποίησης. Επίσης, προβλέπεται και διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης.
 - ✚ Η ΚΥΑ 114218/1997 που καθορίζει Τεχνικές Προδιαγραφές Διαχείρισης της Ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Καθορίζονται τα εξής στάδια επεξεργασίας: Πάχυνση, βιολογική χώνευση, βελτίωση, αφυδάτωση και ξήρανση, καύση λυματολάσπης, νυν-κομποστοποίηση.
 - ✚ Η Εγκύκλιος 431 / 30-3-2012 για την δημιουργία της Εθνικής Βάσης Δεδομένων των ΕΕΛ, σύμφωνα με την 5673/400/1997 ΚΥΑ με θέμα "Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων" που εκδόθηκε σε συνέχεια της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ και τροποποιήθηκε με την 19661/1982/1999 ΚΥΑ και την 48392/939/2002 ΚΥΑ. Σύμφωνα με την Εγκύκλιο, οι τοπικές αρχές είναι υποχρεωμένες να αναρτούν στην σελίδα του ΥΠΕΚΑ τα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα των ΕΕΛ της περιοχής τους.

✚ Η ΚΥΑ 191002/2013 (ΦΕΚ Β' 2220), η οποία καλύπτει το κενό απουσίας σχετικής ευρωπαϊκής νομοθεσίας, προωθεί την αξιοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων και θέτει κανόνες για την διασφάλιση της δημόσιας υγείας μέσα από τον καθορισμό κριτηρίων και ορίων. Η ΚΥΑ έχει εφαρμογή σε αστικά και ορισμένες κατηγορίες βιομηχανικών λυμάτων (μαζί με την ΚΥΑ 5673/400/97) και αφορά άρδευση για γεωργική χρήση, ενίσχυση υπογείων υδροφορέων, αστική και περιαστική χρήση, χρήση στην βιομηχανία, απόρριψη σε υδατικά συστήματα (βάση του άρθρου 7 ΠΔ 51/2007). Επίσης, αναφέρεται σε υγρά βιομηχανικά απόβλητα (εκτός αυτών της ΚΥΑ 5673/400/97) που αφορούν βιομηχανική χρήση και μόνο, περιορισμένη χρήση για άρδευση μέσω υπεδάφιου αρδευτικού συστήματος, τροφοδότηση των υδροφορέων (που δεν εντάσσονται στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2007 μόνο μέσω διήθησης). Η ΚΥΑ δεν ασχολείται με ανακύκλωση βιομηχανικών αποβλήτων και επαναχρησιμοποίηση τους για πόση και σε πισίνες ή άλλες οικιακές χρήσεις (Καλλία - Αντωνίου, 2009, 2013).

Ειδικότερα, η ΚΥΑ 191002/2013, ακολουθεί κανόνες του WHO, και διακρίνει την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση και απεριόριστη άρδευση. Στην πρώτη περίπτωση, εντάσσονται καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από επεξεργασία ή δεν καταναλώνονται από τον άνθρωπο ή δεν έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, για την άρδευση δεν επιτρέπεται καταιονισμός, πρόσβαση του κοινού κατά την άρδευση, και θέτονται όρια **E. Coli \leq 250 EC/100 ml και BOD₅ < 25mgr/lit και SS < mgr/lit**. Τέλος, υπάρχει αυστηρή προϋπόθεση επεξεργασίας σε δεύτερο βαθμό και τελική απολύμανση της εκκροής πριν την χρήση (Μελίδης, 2018 ; WMO, 1983, 1989, 2006 ; <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=WGtQVsk9ulY%3d&tabid=251&language=el-GR>).

Για την περίπτωση της απεριόριστης άρδευσης, προβλέπεται χρήση σε όλες τις καλλιέργειες και επιτρέπονται διάφορες μέθοδοι χρήσης επιπλέον του καταιονισμού. Δεν τίθενται περιορισμοί πρόσβασης για το κοινό και τα αντίστοιχα μικροβιολογικά και βιοχημικά όρια είναι **E. Coli \leq 5 EC/100 ml για το 80% των δειγμάτων, BOD₅ \leq 10 mgr/lit για το 80% των δειγμάτων, SS \leq 10 mgr/lit για το 80% των δειγμάτων, και επιπλέον θολότητα του υγρού \leq 2 ntu συν υποχρεωτική δευτεροβάθμια και**

τριτοβάθμια επεξεργασία και τελική απολύμανση του απορριπτόμενου (Νταράκας, 2014 ; Μελίδης, 2018).

Πίνακας 1. Καθορισμός προδιαγραφών για την την χρήση ιλύος σε γεωργικές δραστηριότητες σύμφωνα με την Οδηγία 86/278/ΕΕ και την ελληνική νομοθεσία (ΥΠΕΚΑ, 2018, ΚΥΑ 80568/4225/91)			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ		Οδηγία 86/278/ΕΕ	ΚΥΑ 80568/4225/91
Βαρέα μέταλλα στην ιλύ (mg/kg DS) Παράρτημα ΙΒ	Cd	20-40	20-40
	Cr	*	Cr(III): 500, Cr(IV): 10
	Cu	1000-1750	1000-1750
	Hg	16-25	16-25
	Ni	300-40	300-40
	Pb	750-1200	750-1200
	Zn	2500-4000	2500-4000
Βαρέα μέταλλα στο έδαφος (mg/kg DS) Παράρτημα ΙΑ	Cd	1-3	1-3
	Cr	*	*
	Cu	50-140	50-140
	Hg	1-1.5	1-1.5
	Ni	30-75	30-75
	Pb	50-300	50-300
	Zn	150-300	1150-300
Βαρέα μέταλλα που μπορούν να εισάγονται στα καλλιεργημένα εδάφη με βάση ένα μέσο όρο 10 ετών (kg/ha/έτος)	Cd	0,15	0.15
	Cu	12	12
	Ni	3	3
	Pb	15	15
	Zn	30	30
	Hg	0.1	0.1
	Cr	*	*
Επιφάνειες που απαγορεύεται η χρήση ιλύος	Σε χορτολιβαδικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι ή σε καλλιέργειες ζωοτροφών προτού παρέλθει ορισμένη προθεσμία και που δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 3 εβδομάδες		
	Σε καλλιέργειες οπωροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης (εξαιρούνται καλλιέργειες οπωροφόρων δέντρων).		
	Σε εδάφη προοριζόμενα για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος και που συνήθως καταναλώνονται ωμά, επί δέκα μήνες πριν αρχίσει η συγκομιδή και κατά τη συγκομιδή		
Συχνότητα δειγματοληψιών	Βαρέα μέταλλα στην ιλύ	6 μήνες	6 μήνες
	Οργανικές ενώσεις	*	*
	Έδαφος	Πριν την 1η εφαρμογή	Πριν την 1η εφαρμογή

Τόσο για την απεριόριστη όσο και για την περιορισμένης χρήση άρδευσης, το νερό πρέπει να πληρεί όλους τους προβλεπόμενους περιορισμούς για μέταλλα, στοιχεία, αγρονομικά χαρακτηριστικά ως προς την άρδευση με απόβλητα και τις μέγιστες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας σε απόβλητα, όπως ακριβώς αναφέρονται στην ΚΥΑ.

Η αρδευτική χρήση, προϋποθέτει περιβαλλοντική αδειοδότηση για τον χρήστη ή τον φορέα και ικανότητα διαχείρισης του ανακτημένου νερού. Όταν η άδεια έχει αντικατασταθεί από την ΑΕΠΟ, οι Διευθύνσεις Υδάτων πρέπει να γνωμοδοτήσουν για την υπάρχουσα Μελέτη Περιβαλλοντικής Σκοπιμότητας. Για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων προκειμένου για αύξηση του ύψους του υδροφόρου ορίζοντα ή την αντιμετώπιση υφαλμύρισης υπογείων υδάτων, προβλέπονται οι διατάξεις της Οδηγίας με χρήση όπως για την περίπτωση της άρδευσης.

Στην περίπτωση της άρδευσης μέσα στον αστικό ιστό, για πάρκα, νησίδες, πλατείες, περιαστικό πράσινο κλπ, προβλέπεται η χρήση νερού μόνο από αστικά και υγρά απόβλητα βιομηχανικών τομέων που αναφέρονται στην ΚΥΑ 5673/400/97. Οι εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης λυμάτων, ειδικά για γεωργικούς σκοπούς άρδευσης, έχουν ήδη αναπτυχθεί και εφαρμόσται σε πολλές χώρες της λεκάνης της Μεσογείου (ΕΣΔΑ, 2014 ; Μελίδης, 2018).

Διάθεση ιλύος από ΕΕΛ, προβλέπεται μόνο για γεωργική χρήση (ΚΥΑ 80568/4225/1991). Η ΚΥΑ 50910/2727/2003 ενσωμάτωσε στην ελληνική νομοθεσία τον Ευρωπαϊκό Κώδικα Αποβλήτων (ΕΚΑ), όπου αναφέρεται ότι «*απόβλητα από τον καθαρισμό λυμάτων*» και «*λάσπες σηπτικών δεξαμενών*» εντάσσονται στα Δημοτικά Απόβλητα.

Στόχος του Εθνικού Σχεδιασμού για τις ιλύες από ΕΕΛ είναι το τελικό υψηλό ποσοστό αξιοποίησης με αντίστοιχη μείωση του ποσοστού τελικής διάθεσης. (ΕΣΔΑ, 2014 ; ΕΣΠΔΔΑ, 2015 ; <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=WGtQVsk9uIY%3d&tabid=251&language=el-GR>).

2.1.3. Νομοθετικές Προβλέψεις για την Αξιοποίηση της Ιλύος

Απευθείας χρήση σε αγροτικές εφαρμογές, σύμφωνα με τους περιορισμούς της ΚΥΑ 80568/4225/91:

- ✚ Επανάταξη στο φυσικό περιβάλλον σε «τραυματισμένα» οικοσυστήματα και επιφανειακά ανάγλυφα, με την προϋπόθεση ότι η ιλύς θα είναι σταθεροποιημένη ή θα έχει υποστεί συν-επεξεργασία με άλλα μη επικίνδυνα βιο-αποικοδομήσιμα απόβλητα, όπως το οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων (compost).
- ✚ Εήραση της ιλύος και χρήση αυτής ως καυσίμου στη βιομηχανία.
- ✚ Υγειονομική ταφή της ιλύος, εάν πληροί τα κριτήρια της Απόφασης 2003/33.

Όσον αφορά την Οδηγία 86/278/ΕΕ η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναφέρει ότι στην ΕΕ-15 η συμμόρφωση φτάνει το 88% και όσον αφορά την Ελλάδα, τα δεδομένα είναι πολύ ενθαρρυντικά καθώς έχει αυξηθεί ο αριθμός των ΕΕΛ και υπάρχει σχεδιασμός και επέκταση και δημιουργία νέων. Ανακοπή στην πορεία υπήρξε εξαιτίας της οικονομικής κρίσης μετά το 2009, αλλά πλέον υπάρχουν σημάδια γρήγορης ανάκαμψης μέσω της απορρόφησης ευρωπαϊκών πόρων.

Με την ΚΥΑ 5673/400/1997, εναρμονίστηκε η εθνική νομοθεσία με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ. **Η ΚΥΑ προβλέπει ότι για την απόρριψη εκροής το μέγιστο όριο σε Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο(BOD₅), είναι τα 25mg/l, και τα 125mg/l για το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD) (Καλλία - Αντωνίου, 2013 ; ΥΠΕΚΑ, 2014 ; Μελίδης, 2018).**

Σε αρκετές περιπτώσεις, αποφάσεις περιφερειακών αρχών θέτουν ακόμη πιο αυστηρά όρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής.

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 5673/400/1997, όλοι οι οικισμοί θα έπρεπε έως το 2005 να έχουν πλήρη δίκτυα αποχέτευσης και ΕΕΛ ή να συνδεθούν με υφιστάμενα έργα όταν βρίσκονται στο όριο των >2.000 ΙΚ. Η οδηγία θεωρεί ότι οι "οικισμοί" (agglomerations) είναι περιοχές που ο πληθυσμός έχει επαρκείς οικονομικές και λοιπές δραστηριότητες οι οποίες είναι συγκεντρωμένες ώστε τα υγρά λύματα να μπορούν να συλλέγονται και να μεταφέρονται μέσω δικτύου σε ΕΕΛ ή κατόπιν σε σημείο απόρριψης (Καλλία - Αντωνίου, 2013 ; ΕΣΔΑ, 2014).

Για οικισμούς με αριθμό κατοίκων < 2.000 δεν υφίσταται υποχρέωση για δημιουργία δικτύου ή ΕΕΛ, αλλά υπάρχει πρόβλεψη για υποχρέωση ελάχιστης επεξεργασίας των απορριπτόμενων υγρών αποβλήτων για λόγους προστασίας των αποδεκτών και του υπόγειου υδροφόρου.

Πίνακας 2. Παραγωγή Ιλύος στις 28 χώρες ΕΕ σε χιλιάδες τν ξηράς ουσίας (ds)
(: όπου υπάρχει σημαίνει ότι τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα)(Πηγή : Eurostat, 2018)

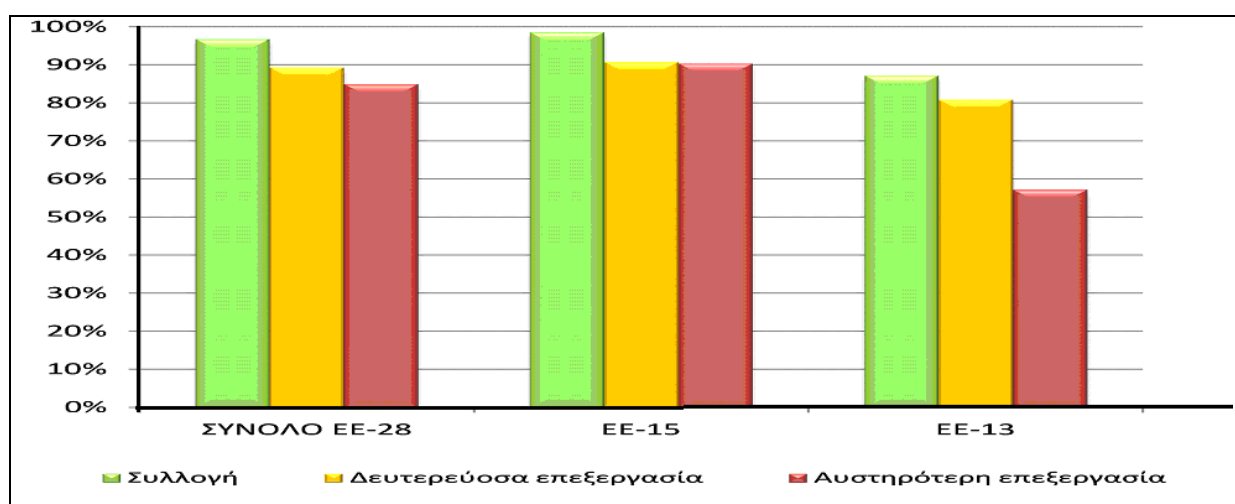
GEO/TIME	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Belgium	140	:	176	:	157	:	:	:
Bulgaria	43	39	50	51	59	60	55	57
Czech	220	207	196	218	263	260	239	210
Denmark	108	:	141	:	:	:	:	:
Germany	2053	1950	1894	1946	1849	1809	1837	1821
Estonia	22	22	19	18	22	19	:	:
Ireland	103	107	90	86	72	65	54	58
Greece	136	152	:	147	119	113	116	:
Spain	1156	1205	1205	:	1083	:	:	:
France	1087	:	966	:	987	887	962	:
Croatia	:	30	30	31	42	32	16	18
Italy	:	:	1103	:	:	:	:	:
Cyprus	8	9	7	7	7	6	6	7
Latvia	19	22	21	20	20	23	:	:
Lithuania	:	:	51	52	45	41	41	43
Luxembourg	13	:	10	:	8	:	:	9
Hungary	172	149	170	168	159	170	167	157
Malta	0	1	1	6	11	10	9	8
Netherlands	353	350	351	351	346	339	344	:
Austria	254	:	263	:	266	:	239	:
Poland	567	563	527	519	533	540	556	568
Portugal	:	344	:	:	339	:	:	:
Romania	79	121	82	114	85	173	192	210
Slovenia	20	27	30	27	26	27	28	29
Slovakia	58	59	55	59	59	57	57	56
Finland	144	149	143	141	141	:	:	:
Sweden	214	212	204	200	208	208	201	198
United Kingdom	1814	1761	1419	:	1137	:	:	:

Με την ΚΥΑ 19661/1982/2-8-99 δημιουργήθηκε ο πρώτος κατάλογος ευαίσθητων περιοχών στην Ελλάδα και επικαιροποιήθηκε και συμπληρώθηκε με την ΚΥΑ 48392/939/2002. Η Ελλάδα έκρινε ότι δεν είναι περιβαλλοντικά σκόπιμη η χρήση του όρου "λιγότερο ευαίσθητη περιοχή" όταν πρόκειται για εξυπηρετούμενο πληθυσμό Μ.Ι.Π.>10.000. Έτσι οι ΕΕΛ σχεδιάζονται ώστε να καλύπτουν προδιαγραφές για δύο κατηγορίες περιοχών, τις **κανονικές** και τις **ευαίσθητες**, καλύπτοντας τις απαιτήσεις της Οδηγίας. Αντίστοιχα για εξυπηρετούμενο πληθυσμό Μ.Ι.Π.<10.000 δεν υφίσταται

διάκριση σε κανονικές και ευαίσθητες περιοχές όσον αφορά τον απαιτούμενο βαθμό επεξεργασίας, γίνεται όμως διάκριση ως προς τις κατηγορίες του υδάτινου αποδέκτη σε αποδέκτη με **γλυκά νερά και εκβολές ποταμών** και σε αποδέκτη με **παράκτια νερά** (Αγραφιώτη, 2010 ; Καλλία - Αντωνίου, 2013 ; ΕΣΔΑ, 2014 ; Νταράκας, 2014).

2.1.4. Θεσμικό Πλαίσιο για την Δευτερογενή Επεξεργασία

Σύμφωνα με το αρ. 4 της Οδηγίας Οδηγία 86/278/ΕΕ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα πρέπει προηγουμένως να υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια ή ανάλογης δυναμικότητας επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία εξασφαλίζει τον χειρισμό του 88,7 % των λυμάτων της ΕΕ, ποσοστό που παρουσιάζει μείωση κατά 3,2 % σε σχέση με την προηγούμενη Έκθεση (8η). Τα 17 Κράτη Μέλη είχαν επιτύχει ποσοστά συμμόρφωσης μεταξύ 90% και 100 %, ενώ τέσσερα κράτη (Μάλτα, Ρουμάνια, Βουλγαρία και Σλοβενία) πρέπει ακόμη να κάνουν προσπάθεια για συμμόρφωση, αφού τα ποσοστά τους ήταν κάτω από 70 %,. Η Ιταλία σημειώνει αργή πρόοδο καθώς σημείωσε αύξηση, από 68 % στην όγδοη έκθεση σε 75 %, αλλά ακόμη είναι κάτω από τον μέσο όρο της ΕΕ-13 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^δ).



Διάγραμμα 2. Ποσοστά συμμόρφωσης με την Οδηγία Οδηγία 86/278/ΕΕ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Οι μέσες τιμές εκφράζονται και σταθμίζονται με βάση το ρυπαντικό φορτίο για κάθε Κράτος Μέλος της ΕΕ (Πηγή: Έκθεση ΕΕ, 2017).

2.1.5. Θεσμικό Πλαίσιο για την Τριτογενή Επεξεργασία

Αυστηρότερη τριτοβάθμια επεξεργασία εφαρμόζεται σε λύματα που απορρίπτονται σε περιοχές που καλύπτουν το 76 % του εδάφους της επικράτειας των χωρών της ΕΕ. Η

επεξεργασία αυτή εφαρμόζεται από 15 Κράτη Μέλη ενώ τα υπόλοιπα 13 έχουν προσδιορίσει ορισμένες μόνο περιοχές ως «ευαίσθητες», οι οποίες έχουν αυξηθεί τελευταία σύμφωνα και με τα στοιχεία της 9ης έκθεσης. Έτσι πλέον, η συνολική έκταση του εδάφους των χωρών της ΕΕ που χαρακτηρίζεται ως «ευαίσθητο» έχει αυξηθεί κατά 4 %, γεγονός που βελτιώνει την προσπάθεια για προστασία των υδάτων.

Η συμμόρφωση για την αυστηρότερη επεξεργασία λυμάτων οικισμών που απορρίπτουν λύματά σε «ευαίσθητες περιοχές» ανέρχεται σε 84,5 %, παρουσιάζοντας μείωση κατά 3,4 % σε σχέση με την προηγούμενη Έκθεση. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι διαθέσιμα πιο ακριβή στοιχεία για την εφαρμογή μεθόδων συλλογής βάσει των διεθνών λογιστικών προτύπων (IAS), αλλά και επειδή η Ιταλία, η Πολωνία και η Ρουμάνια εμφανίζουν συμμόρφωση κάτω από τον μέσο όρο της ΕΕ. Τα επίπεδα συμμόρφωσης για τα 15 Κράτη Μέλη είναι μεταξύ 85% και 100 % (ενδεικτικά, η Κύπρος, η Εσθονία, η Ουγγαρία, η Λετονία και η Λιθουανία). Εξακολουθούν να υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των Κρατών μελών, τα ποσοστά των οποίων κυμαίνονται κάτω του 70 % έως και την πλήρη συμμόρφωση. Χώρες όπως Βουλγαρία, Μάλτα, Ιρλανδία και Ρουμάνια σημειώνουν ποσοστά κάτω από 20 % (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011, 2013^β, 2014^{α,β}, 2017^{α,β,γ,δ}).

2.2. Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων

Η λογική της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων, παρουσιάζει οφέλη οικονομικά και οφέλη που σχετίζονται με την εξοικονόμηση υδατικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο η επαναχρησιμοποίηση απαιτεί μία προσεκτική και ολοκληρωμένη μεθοδολογία που στοχεύει στην εξάλειψη πάσης φύσεως κινδύνων για τον άνθρωπο και το φυσικό περιβάλλον. (ΕΓΥ, 2010, 2013, 2015).

Στην Ελλάδα βρίσκεται πλέον σε γενικά αποδεκτό πλαίσιο η λογική της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς. Αιτία είναι τόσο οι ανάγκες της παραγωγής που θα αρχίσουν πάλι να αυξάνονται μετά το πέρας της οικονομικής κρίσης, όσο και τα εν γένει προβλήματα λειψυδρίας. Το 83% των επεξεργασμένων λυμάτων στην Ελλάδα παράγονται σε περιοχές με προβλήματα στο

υδατικό δυναμικό τους και χρησιμοποιούνται τόσο για την κάλυψη αρδευτικών όσο και τουριστικών αναγκών κατά τους θερινούς μήνες (Angelakis and Durham, 2006 ; ΕΣΔΑΑ, 2014).

Οι έρευνες που μέχρι σήμερα έχουν γίνει, έχουν δείξει ότι όσον αφορά τα ανακτούμενα θρεπτικά συστατικά, το όφελος είναι μικρότερο συγκριτικά με την εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνεται. Παρ'αυτά, η ανάκτηση θρεπτικών δεν είναι μία αδιάφορη διαδικασία σε μία μεγαλύτερη κλίμακα. Επομένως, όσον αφορά την χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων, αυτή θα πρέπει να αξιολογείται σε συνάρτηση με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής (Angelakis, 2007 ; ΕΣΔΑ, 2014).

Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων εγκυμονεί κινδύνους για την δημόσια υγεία και την ασφάλεια των τροφίμων, όταν γίνεται αρδευτική χρήση, γι' αυτό γίνονται εκτεταμένοι έλεγχοι, ειδικά σε χώρες με αυστηρά υγειονομικά πλαίσια (ΗΠΑ). Υπάρχουν διαφωνίες για τα καταλληλότερα ασφαλή όρια, ιδιαίτερα για εν δυνάμει τοξικά στοιχεία όπως τα βαρέα μέταλλα και οργανικές μολυσματικές ουσίες . Η έρευνα ακόμη δεν έχει αποφανθεί για την πλήρη ασφάλεια της υγείας μετά από μακροχρόνια χρήση προϊόντων που έχουν αρδευθεί με επεξεργασμένο νερό, καθώς οι φυσικές διαδικασίες εξελίσσονται αργά και λειτουργούν αθροιστικά. Όσον αφορά τα οφέλη στους παραγωγούς από την χρήση νερού και ιλύος για άρδευση και εμπλουτισμό, αυτά θα πρέπει να αξιολογούνται με βάση την εναλλαγή των καλλιεργειών και λαμβάνοντας υπόψη τις υπολειμματικές επιδράσεις στις επόμενες καλλιέργειες, που μπορεί να είναι σημαντικές ακόμη και για κινητά στοιχεία, όπως το άζωτο (Bountoux and Courtois, 1996 ; Nasim et al, 2017).

Γενικά ακόμη υπάρχουν ερευνητικές επιφυλάξεις για την άμεση επαναχρησιμοποίηση νερού για ύδρευση ενώ σοβαροί ενδιασμοί υπάρχουν και για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων όταν τα νερά εφοδιάζουν υδροταμιευτήρες συστημάτων υδροδότησης. Καλύτερες προοπτικές παρουσιάζει η επαναχρησιμοποίηση για άρδευση, για αστικές και γεωργικές χρήσεις ή για τον εμπλουτισμό υδάτινων σωμάτων, για αναψυχή και για ορισμένες εφαρμογές στην βιομηχανία (Ali Yacine et al, 2012 ; Vergine et al., 2014 ; Cardoni et al., 2015 ; German Environment Agency, 2016).

Μόλις οκτώ Κράτη Μέλη της ΕΕ δηλώνουν ότι επαναχρησιμοποιούν μέρος των επεξεργασμένων λυμάτων (Ελλάδα, Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία, Ιταλία, Μάλτα, Κύπρος, Ισπανία, Βέλγιο). Το ποσοστό των επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων λυμάτων κυμαίνεται από 0,08 % στο Ηνωμένο Βασίλειο έως 97 % στην Κύπρο, με τον μέσο όρο στην ΕΕ να ανέρχεται στο 2 % (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^γ).

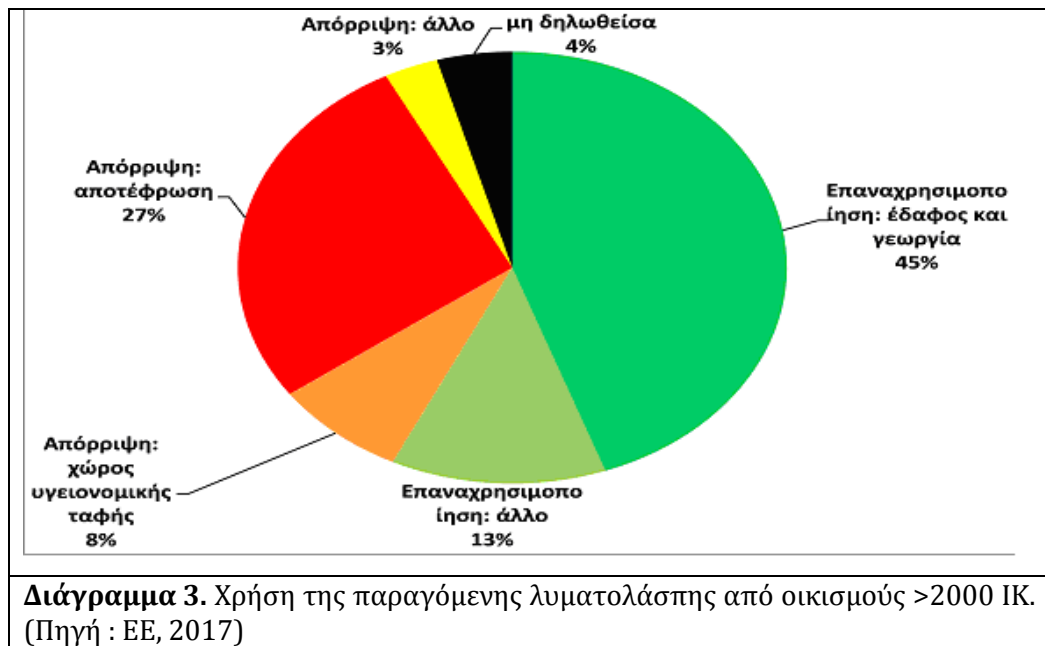
Η επαναχρησιμοποίηση αφορά κυρίως την γεωργία και λιγότερο την βιομηχανία και την αναπλήρωση του υδροφόρου ορίζοντα. Πρόσφατα η Κροατία, η Ουγγαρία, η Σλοβακία και η Ρουμάνια δήλωσαν προτίθενται να επαναχρησιμοποιούν τα λύματα. Η δε Λετονία και η Αυστρία απορρίπτουν αυτό το ενδεχόμενο λόγω της μεγάλης διαθεσιμότητας γλυκού νερού. Μόλις τέλος 14 Κράτη Μέλη ανέφεραν ότι δεν επαναχρησιμοποιούν τα λύματά τους (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^δ).

2.2.1. Στοιχεία για την Παραγωγή και Επαναχρησιμοποίηση της Λυματολάσπης

Οι 28 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν είναι συνεπής με την υποβολή στοιχείων κάθε χρόνο στην Eurostat για την χρήση της λυματολάσπης. Μόνο οι 14 από τις 28 χώρες της ΕΕ διαθέτουν πλήρη δεδομένα.

Με βάση τα στοιχεία της 9^η έκθεσης (2017) μπορούν να επισημανθούν ορισμένα δεδομένα σχετικά με τη διαχείριση της λυματολάσπης στην ΕΕ:

- 8,7 εκατ. τόνοι ξηρής στερεής λυματολάσπης παρήχθησαν στην ΕΕ, ποσοστό που αναλογεί σε 17 kg ανά κάτοικο.
- Η Βουλγαρία, η Κύπρος, η Ιταλία, η Πορτογαλία και η Ρουμάνια κατέγραψαν ποσότητες κάτω από 10 kg ανά κάτοικο, που υποδηλώνει ανεπαρκές επίπεδο συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων.
- Το 58 % της παραγόμενης λυματολάσπης επαναχρησιμοποιήθηκε, κυρίως σε χρήσεις στη γεωργία.



Σε αυτή την περίπτωση η συμβολή προς την κατεύθυνση της κυκλικής οικονομίας είναι σημαντική διότι:

- Ποσότητα μεγαλύτερη από το 50% του φωσφόρου που αφαιρείται από τα λύματα ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται.
- Η ποσότητα επαναχρησιμοποιούμενου αζώτου και φωσφόρου που επανέρχεται στο έδαφος φτάνει τους 250.000 τόνους, αντίστοιχα. Η τιμή του αζώτου και του πεντοξειδίου του φωσφόρου κυμαίνεται από 900 έως 1300 ευρώ/τόνο. Έτσι τεκμαίρεται ότι η ανακύκλωση αυτών των θρεπτικών μέσω της λυματολάσπης οδηγεί σε όφελος άνω των 550 εκατ. ευρώ (τιμές για το 2014).
- Ένα ποσοστό 27 % της λυματολάσπης αποτεφρώνεται ή χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς, σε χώρες όπως η Αυστρία, η Γερμανία και οι Κάτω Χώρες.
- Η εφαρμογή της τεχνολογίας χώνευσης συμβάλλει στη μείωση της συνολικής παραγωγής ιλύος και ταυτόχρονα έχει εφαρμογές όπως η παράγωγη βιοαερίου για ενεργειακή χρήση. Τέτοιες μορφές ενέργειας θεωρούνται ως ΑΠΕ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^{α,β,γ,δ} ; EUROSTAT, 2018).

2.2.2. Οδηγία για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων και τα Ύδατα

Η εφαρμογή της επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε Κράτη Μέλη της ΕΕ, αύξησε τις ποσότητες της παραγόμενης ιλύος από υγρά αστικά λύματα προοριζόμενης για ασφαλή διάθεση. Από μια παραγωγή περίπου 5,5 εκατομμυρίων kg ξηράς ουσίας το 1992

φτάσαμε το 2012 στα 9,8 εκατομμύρια kg. Χρήσεις της ιλύος που παράγεται είναι ως συμπληρωματικό λίπασμα. Επομένως, εάν αξιοποιηθεί το σύνολο της ιλύος ως μορφή λιπάσματος, θα βελτιώσουμε τη γονιμότητα του εδάφους αυξάνοντας την οργανική ύλη εκπληρώνοντας ως εκ τούτου τις απαιτήσεις της βιοοικονομίας και της κυκλικής οικονομίας (Bravdo,1996 ; Bedbabis et al., 2014 ; Chen et al, 2017).

Η διαδικασία σταθεροποίησης της ιλύος των επεξεργασμένων λυμάτων, τροποποιεί την αξία του λιπάσματος και συνεπώς τη δόση εφαρμογής για την εκπλήρωση των αναγκών των καλλιεργειών Η τελική σταθερή μορφή της για να διατεθεί για χρήση, επιλέγεται ανάλογα με τον όγκο της παραγωγής ιλύος. Για να επιλεγεί η μέθοδος της κομποστοποίησης στην περιοχή επεξεργασίας, χρειάζεται την ύπαρξη υλικών ή καταλοίπων που είναι κατάλληλα για να αναμειγνύονται με την ιλύ. Οι πιο συνηθισμένες επεξεργασίες της ιλύος που παράγεται είναι για τη μείωση του μικροβιακού φορτίου, των οσμών.

Τα υψηλότερα επίπεδα βαρέων μετάλλων, παθογόνων ουσιών και ανεπιθύμητων οργανικών ενώσεων στη λάσπη προκαλούν επίσης ανησυχίες για το περιβάλλον, για τον πληθυσμό, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους επιστήμονες (Inbar, 2007)

Επισημαίνονται τρεις προϋποθέσεις που περιορίζουν τη χρήση της ιλύος στη γεωργία, μέγιστες τιμές συγκέντρωσης στην ιλύ, μέγιστες τιμές συγκέντρωσης στο έδαφος και μέγιστη ποσότητα βαρέων μετάλλων που μπορεί να εφαρμοστεί ως για περίοδο δέκα ετών σε kg ανά εκτάριο ανά έτος (Jinping et al., 2016 ; Fijalkowski, 2017).

Ωστόσο, υπάρχει συμφωνία μεταξύ των υπευθύνων χάραξης πολιτικής, και των εκπροσώπων όλων των εμπλεκόμενων, ότι τα κατώτατα όρια των βαρέων μετάλλων θα πρέπει να περιοριστούν περαιτέρω, τροποποιώντας την οδηγία της ΕΕ 86/278/CEE. Για το λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε εγγράφο εργασίας για την ιλύ το 2000 το οποίο δεν εφαρμόστηκε τελικά λόγω του κόστους και των προβλημάτων που σχετίζονται με τα προτεινόμενα περιοριστικά όρια. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σύμφωνα με την Έκθεση της για τις Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της χρήσης στη Γη, αξιολόγησε αυτά τα όρια και έθεσε διάφορα σενάρια με πιο στενά όρια από το προαναφερθέν σχέδιο, εκτιμώντας το κόστος εφαρμογής που έχουν. Στα δύο σχέδια, εισήχθησαν αυστηρότερα πρότυπα, ειδικά για τα βαρέα μέταλλα, σε σύγκριση

με την οδηγία 86/278 / ΕΟΚ ενώ η εφαρμογή της ιλύος των επεξεργασμένων λυμάτων έχει απαγορευτεί σε εδάφη όπου το pH είναι μικρότερο από πέντε (Mantovi P. et al, 2005 ; Kefeni et al, 2017).

Η Έκθεση πρότεινε διάφορα σενάρια με λιγότερα και πιο στενά όρια για να παράσχει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να αποφασίσει εάν απαιτείται ή όχι αναθεώρηση της Οδηγίας 86/278 / ΕΟΚ . Θέτει τη βάση για πιθανή νέα αναθεώρηση. Ωστόσο, η Οδηγία δεν τροποποιήθηκε λόγω της έλλειψης συναίνεσης μεταξύ των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι δεν είναι εύκολο να θεσπιστούν αυστηρότερα όρια σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο, που να είναι αποδεκτά από όλους (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^δ).

Η παραγωγή υψηλής ποιότητας ιλύος, είναι το πρώτο ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους. Η αξιολόγηση των εδαφών είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι τα επίπεδα αλκαλικότητας και βαρέων μετάλλων είναι ουσιώδη για την αξιολόγηση του εδάφους. Ιλύς που μεταφέρει ρυπαντές ή τοξικά στοιχεία μπορεί με τη χρήση της να προκαλέσει προβλήματα υγείας στους χρήστες των προϊόντων. Η αξιολόγηση είναι πιο σημαντική σε περιοχές με υψηλή ζήτηση λιπασμάτων λόγω των καλών περιβαλλοντικών συνθηκών ανάπτυξης (θερμοκρασία, υγρασία, ακτινοβολία) και σε όξινα εδάφη, λόγω του ότι τα βαρέα μέταλλα διατίθενται περισσότερο σε όξινα εδάφη.

Στην Ευρώπη, υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις εδαφών, στις οποίες η ανάπτυξη των φυτών περιορίζεται λόγω της οξύτητάς του εδάφους. Η κυριαρχία παραγόντων που καθορίζουν το όξινο pH του γεωργικού εδάφους στην ηπειρωτική κλίμακα πρέπει να αντισταθμιστεί με προσθήκη ασβεστολιθικών προσμίξεων, οι οποίες μπορούν να αντικατασταθούν από την ιλύ των αστικών λυμάτων.

Ο ψευδάργυρος είναι βαρύ μέταλλο με την υψηλότερη συγκέντρωση και ταυτόχρονα είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο. Ανεπάρκεια ψευδαργύρου συμβαίνει όταν υπάρχει υπερβολικό ασβέστιο στο έδαφος (Allen et al, 1998 ; Mamais et al., 1999 ; Tao et al., 2012 ; Maksimova et al., 2015 ; Tóth Gergely et al, 2016 Mosquera et al, 2016 ; Zhang et al., 2017 ; Rodríguez et al, 2018).

Η βελτίωση της ποιότητας του νερού πολλών ποταμών της ΕΕ, λόγω της εφαρμογής της Οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, με εξαίρεση ορισμένους ποταμούς, π.χ. στις νότιες και ανατολικές χώρες της ΕΕ, μπορεί να αποδειχθεί μέσω παραμέτρων αξιολόγησης, όπως το BOD₅, το αμμώνιο ή το ορθοφωσφορικό άλας. Είναι πιο δύσκολο να εξαχθούν ανάλογα συμπεράσματα για την καλή οικολογική κατάσταση ενός οικοσυστήματος, η οποία λαμβάνει υπόψη τη βιολογική παράμετρο (Metcalf & Eddy, 2003 ; Larsen, Udert, & Lienert, 2013).

2.3. Υγρά Απόβλητα και Περιβάλλον

Τα υγρά απόβλητα είναι αποτέλεσμα της χρήσης του νερού από τον άνθρωπο. Πηγές υγρών αποβλήτων είναι οι κατοικίες, τα ιδρύματα, επαγγελματικές, εμπορικές, βιομηχανικές και τουριστικές εγκαταστάσεις κλπ. Η γρήγορη βιομηχανική, οικιστική και τουριστική ανάπτυξη, οδηγεί σε μεγάλη κατανάλωση νερού. Το νερό αυτό χαρακτηρίζεται ως γκρί νερό συγκριτικά με το φυσικό νερό που χαρακτηρίζεται ως μπλέ νερό (Βλυσίδης, 2007 ; Νταράκας, 2014).

Η περιεκτικότητα των υγρών αποβλήτων σε ρυπαντές και μολυσματικές ουσίες, τα καθιστούν ακατάλληλα και επικίνδυνα για απευθείας απόρριψη σε φυσικούς αποδέκτες. Η τοξικότητα των βαρέων μετάλλω που περιέχουν και το φορτίο της ογανικής ουσίας, δηλητηριάζουν τους ζωντανούς οργανισμούς μέσω διαδικασιών βιοσυσσώρευσης, όσο και προκαλούν διατάραξη φυσιολογικών βιοχημικών κύκλων (Βλυσίδης, 2007 ; Νταράκας, 2014).

Τα βαρέα μέταλλα ή άλλα ιχνοστοιχεία που περιέχονται στα αστικά και ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα, πέραν του ότι παρεμβαίνουν σε βιολογικές διαδικασίες, μπορεί να σχηματίζουν και άλατα στο έδαφος που καθιστούν μη προσλήψιμα για τα φυτά πολλά θρεπτικά συστατικά. Στο έδαφος επίσης η τοξικότητα μπορεί να αδρανοπήσει ή και να σκοτώσει χρήσιμους μικροοργανισμούς (μυκόρριζες, αθρόποδα, κ.λπ) (Chartzoulakis et al., 2015.).

Πίνακας 3. Ρύπανση και Μόλυνση του νερού που προκαλούν τα υγρά λύματα (Πηγή : Νταράκας, 2010)

Ρύπανση (Επιβάρυνση του νερού με ύλη ή ενέργεια)			Μόλυνση (Επιβάρυνση με παθογόνους μικροοργανισμούς)
Συμβατικοί ρύποι	Μη συμβατικοί ρύποι	Θερμική ρύπανση	Μικροοργανισμοί
Οργανική ύλη	Βαριά μέταλλα	(Θερμά απόβλητα νερά βιομηχανιών)	Ιοί
Ενώσεις του αζώτου (NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻)	Τοξικές οργανικές ενώσεις (Ζιζανιοκτόνα, Εντομοκτόνα, Παρασιτοκτόνα, Διοξίνες, Φαινόλες, Χλωροφαινόλες, Χλωριωμένοι ΗC, ΤΗΜ, Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΡΑΗ)		Βακτήρια
Ενώσεις του φωσφόρου (PO ₄ ³⁻)	Αρσενικό (As)		Μύκητες
	Θειούχα (S ²⁻)		Πρωτόζωα
	Κυανιούχα (CN ⁻)	Ελμινθες	
	Ραδιενεργά στοιχεία		

Πίνακας 4. Γενικά χαρακτηριστικά υγρών αστικών λυμάτων (σε mgr/lt η συγκέντρωση του ρυπαντικού φορτίου κατά την είσοδο, σε gr/κάτοικο/ημέρα η συγκέντρωση της παραγόμενης ρύπανσης (Πηγή : Νταράκας, 2010)

Είδος	Ανόργανα		Οργανικά		ΣΥΝΟΛΟ		BOD ₅	
	mg/lt	gr/κατ. ημ	mg/lt	gr/κατ. ημ	mg/lt	gr/κατ. ημ	mg/lt	gr/κατ. ημ
Καθιζάνοντα στερεά	130	20	270	40	400	60	130	21
Αιωρούμενα στερεά	70	10	130	20	200	30	80	14
Διαλυμένες ουσίες	330	50	330	50	660	100	150	25
ΣΥΝΟΛΟ	530	80	730	110	1260	190	360	60

Όταν τα απόβλητα απορρίπτονται ανεπεξέργαστα σε υδάτινο αποδέκτη, τότε το οργανικό φορτίο καθώς οξειδώνεται προκαλεί αναερόβιες συνθήκες επικίνδυνες για την υδρόβια ζωή. Η συγκέντρωση επίσης στα επιφανειακά στρώματα του νερού εμποδίζει τις διαδικασίες φωτοσύνθεσης στην στήλη του νερού. Τα στερεά των

λυμάτων καθιζάνουν στον πυθμένα δημιουργώντας ένα αδιαπέραστο στρώμα ιζήματος, θανατηφόρο για την βενθική ζωή. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του Σαρωνικού Κόλπου, που πριν την δημιουργία και λειτουργία του ΕΕΛ Ψυτάλλειας, είχε μετατραπεί σε μία νεκρή θαλάσσια περιοχή, δεχόμενος τα λύματα από το δίκτυο αποχέυτησης της Αττικής.

Όσον αφορά την λειτουργία και την αισθητική παρουσία του τοπίου, η απόρριψη των λυμάτων στο έδαφος ή σε κοντινούς επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, παράκτια ζώνη), προκαλεί ποικιλία προβλημάτων. Πέραν της οσφρητικής και αισθητικής ρύπανσης που μπορεί να προκαλείται, υπάρχει πάντα κίνδυνος πρόσκαιρης και απότομης αύξησης των πληθυσμών ορισμένων πλαγκτονικών φυτικών ειδών, δημιουργώντας το φαινόμενο της άνθισης των αλγών. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται κυρίως στα νιτρικά και φωσφορικά άλατα που περιέχουν τα αστικά και ορισμένα βιοτεχνικά λύματα και προκαλεί επίσης αναερόβιες συνθήκες για τους οργανισμούς που διαβιούν στην στήλη του νερού (Mamais et al., 1999 ; Αριανούτσου και άλλοι, 2003).

Η λειτουργία των ΕΕΛ είναι αναγκαία για την εξάλειψη τέτοιων προβλημάτων και κινδύνων για τον άνθρωπο και τους ζωντανούς οργανισμούς όσο για τα οικοσυστήματα. Η φύση, όση φέρουσα ικανότητα και να διαθέτει, δεν μπορεί να ανταποκριθεί στους ρυθμούς απόρριψης λυμάτων που εμφανίζουν οι ανθρώπινες κοινωνίες, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζονται τόσο τα τοπία, όσο και οι υδάτινοι αποδέκτες και η βιοποικιλότητα (Αριανούτσου και άλλοι, 2003).

Η μεθοδική και συστηματική επεξεργασία των αστικών λυμάτων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Σε κάθε περίπτωση ακόμη και αν οι εκροές των ΕΕΛ δεν προορίζονται για οποιαδήποτε χρήση, είναι απαραίτητο να προηγείται η κατάλληλη επεξεργασία. Γι' αυτό παγκοσμίως έχει γίνει αποδεκτό ότι η ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει έργα για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη διάθεσή τους προς χρήση ή τελική απόρριψη, είτε πρόκειται για το νερό, είτε για την ιλύ (λυματολάσπη), που πρέπει να είναι απαλλαγμένα από μολυσματικό και ρυπαντικό φορτίο στον μέγιστο δυνατό βαθμό (Νταρακάς 2014 ; Cambridge Econometrics et al., 2014 ; Ahmad et al., 2017).

2.3.1 Αναφορά στα Υγρά Απόβλητα Ελαιουργείων

Κάθε χρόνο, στις περιοχές με έντονη ελαιοκομική δραστηριότητα (Πελοπόννησος, Κρήτη, Κέρκυρα κ.λπ) αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της διάθεσης των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων.

Πίνακας 5. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά Υ.Α.Ε. (Πηγή: Danellakis et al, 2011)		
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΤΥΠΟΣ ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΟΥ	
	Κλασσικό	Φυγοκεντρικό
Αλατότητα (mmhos/cm)	8 - 16	8 - 16
PH	4,5 - 5	4,7 - 5,2
Ρυπογόνο δυναμικό:		
COD (Kg/m³)	120 - 130	45 - 60
BOD (Kg/m³)	90 - 100	35 - 48
Στερεά αιωρούμενα (%)	0,1	0,9
Στερεά ολικά (%)	120	6,0
Οργανικά	10,5 (6,4 - 9,5)*	5,5 (3,9 - 5,8)
Ανόργανα	1,5 (0,6 - 1,3)	0,5 (0,5 - 0,75)
Οργανική ουσία (%)		
Ολικά σάκχαρα	2,0 - 8,0 (1,7 - 7,2)	0,5 - 2,6 (0,4 - 1,2)
Αζωτούχες ουσίες	0,5 - 2,0 (0,16)	1,7 - 0,4 (0,1 - 0,3)
Οργανικά οξέα	0,5 - 1,0	0,2 - 0,4
Πολυαλκοόλες	1,0 - 1,5	0,3 - 0,5
Πηκτίνες, Τανίνες κ.λ.π.	1,0 - 1,5	0,2 - 0,5
Πολυφαινόλες	2,0 - 2,4	0,3 - 0,8
Λίπη	0,03 - 1,0	0,5 - 2,3
Ανόργανα στοιχεία (%)		
P	0,11 (0,05)	0,03 (0,01 - 0,04)
K	0,72 (0,6)	0,27 (0,3 - 0,5)
Ca	0,07 (0,02)	0,02 (0,01 - 0,02)
Mg	0,04 (0,03)	0,01 (0,015)
Na	0,09 (0,002)	0,03 (0,005)
CO₃	0,37	0,10
SO₃	0,04	0,015
Cl₂	0,03	0,01
SiO₂	0,005	0,002

Το υγρό απόβλητο που παράγεται από την επεξεργασία του ελαιόκαρπου για την παραγωγή ελαιολάδου, ο κατσίγαρος, είναι πλούσιο τόσο σε οργανικό φορτίο όσο και σε μία μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών.

Αυτά τα απόβλητα, δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στους φυσικούς αποδέκτες εξαιτίας του μεγάλου οργανικού τους φορτίου και των βαρέων μετάλλων που περιέχουν. Επίσης προκαλούν οπτική και οσφρητική ρύπανση. Τέτοια απόβλητα μπορούν να διαταράξουν σοβαρά την ισορροπία φυσικών αποδεκτών μίας περιοχής ή

και έως και μόνιμα την ισορροπία σε ένα οικοσύστημα. Η οπτική ρύπανση οφείλεται κυρίως σε ταννίνες και στον πολυμερισμό φαινολικών ενώσεων που μπορούν να απορροφούν συγκεκριμένα μήκη κύματος του φωτός.

Ένα μέσης δυναμικότητας ελαιουργείο, μπορεί να προκαλέσει οργανική ρύπανση που μπορεί να συγκριθεί με αυτή μίας πόλης 30.000 κατοίκων ! Το οργανικό φορτίο, παρομοίως όπως ισχύει με τα αστικά λύματα, δημιουργεί ένα αδιαπέραστο από το φως φιλμ στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης ή επικάθεται στον πυθμένα και δημιουργεί ανερόβιες συνθήκες (Danellakis et al, 2011).

Αυτή η κατηγορία των αποβλήτων έχει χαρακτηριστεί φυτοτοξική καθώς όταν διατίθενται σε καλλιεργούμενα εδάφη προκαλεί προβλήματα στην βλάστηση των σπερμάτων και στην ανάπτυξη των αρτίβλαστων και των νεαρών φυτών. Αντίθετα, όταν διοχετεύονται σε μικρές ποσότητες στο έδαφος, λειτουργούν ως ενισχυτικά της φυτικής ανάπτυξης. Πρόσφατα (2016) εκδόθηκε οδηγία για την καταλληλότητα των ΥΑΕ για άρδευση αμπελώνων, αλλά ακόμη υπάρχουν επιφυλάξεις.

Ένα μέσης δυναμικότητας ελαιουργείο παράγει 8 – 15 κυβικά υγρών αποβλήτων και υπολογίζεται ότι μόνο στην Κρήτη παράγονται κάθε χρόνο 700.000 τόνοι τέτοιων υγρών αποβλήτων.

Τα ΥΑΕ συνίστανται κατα 80 – 95% από νερό, 5 – 15% από στερεά αιρούμενα συστατικά, κατά το 1/2 - 2/3 από οργανικά συστατικά, από ανόργανα άλατα, πολυφαινόλες, λιπαρές ουσίες, και ταννίνες. Είναι γνωστό ότι οι φαινολικές ενώσεις, τα οξέα και τα μέταλλα, έχουν την ικανότητα να διαταράξουν την μικροβιακή και μυκητιακή ισορροπία του εδάφους εξαιτίας των δραστικών χημικών ομάδων που περιέχουν (Danellakis et al, 2011).

Το τελικό υγρό απόβλητο των ελαιουργείων περιέχει επίσης μικροοργανισμούς έως 105 κύτταρα / ml (ψευδομονάδες, ζύμες, μύκητες κ.λπ). Αυτό το γεγονός σε συνδυασμό με την ύπαρξη φαινολών, δημιουργεί πρόβλημα στην τελική επεξεργασία του αποβλήτου. Επιπλέον, παράγοντες όπως ο χρόνος αποθήκευσης του καρπού πριν την επεξεργασία, η παρουσία φυτοφαρμάκων ελαιοκομίας, το κλίμα, η περιοχή και η σύσταση του

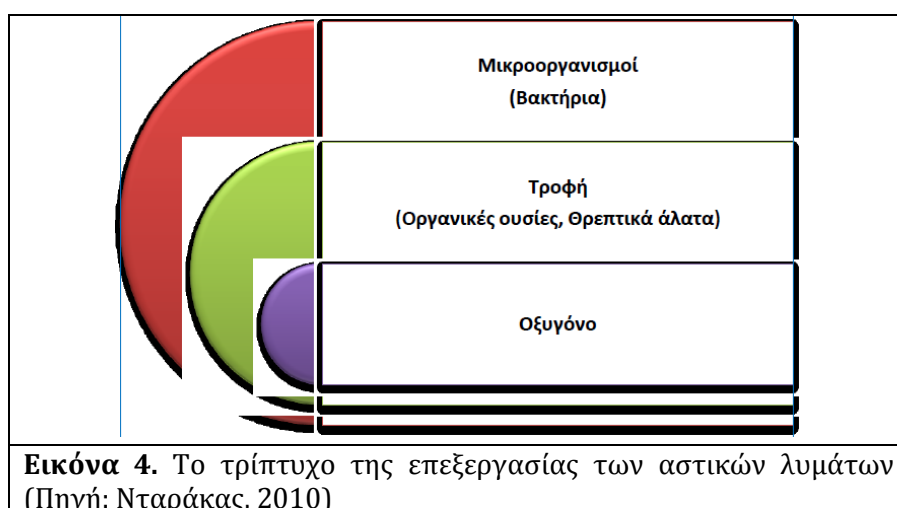
εδάφους, είναι στοιχεία που προσθέτουν στο πρόβλημα της επεξεργασίας καθώς μεταφέρονται χημικά και βαρέα μέταλλα στον αποδέκτη.

Το ζήτημα της τελικής διαχείρισης των αποβλήτων ελαιουργείων, ακόμη δεν έχει λυθεί οριστικά, καθώς υπάρχει μεγάλη διαθέσιμη νομοθεσία, αλλά και διαχωρίζονται πλήρως από τα αστικά λύματα. Τα εποχικά προβλήματα όμως που δημιουργούνται από την ανεξέλεγκτη διάθεσή τους, πιθανών ορίζουν ότι θα πρέπει να επεξεργαστεί η πιθανότητα επεξεργασίας σε ΕΕΛ αστικών λυμάτων ή σε παραπλευρες εγκαταστάσεις που θα έχουν διασυνδεθεί με σταθερό δίκτυο συλλογής και μεταφοράς, όπως συμβαίνει με τα αστικά υγρά λύματα (Danellakis et al, 2011 ; Sotirios Sklavos et al, 2015).

2.4. Επεξεργασία των Υγρών Αποβλήτων

2.4.1. Σύσταση των Υγρών Αστικών Αποβλήτων

Τα υγρά αστικά απόβλητα συνίστανται από οργανικές ουσίες όπως λίπη, πρωτεΐνες και υδατάνθρακες, έλαια, φαινόλες, επιφανειακά τανσιενεργές ουσίες και ανόργανες ουσίες όπως φωσφόρο, άζωτο, διάφορα άλατα και διάφορα στερεά. Περιέχουν ουσίες σε κολλοειδή μορφή, πολλούς διαφορετικούς μικροοργανισμούς (κολοβατηριοειδή και εντεροβακτηριοειδή), τοξικές ουσίες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία, διαλυμένα αέρια, όπως αμμωνία, υδρόθειο κ.λπ. Τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα επίσης μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών (πχ. βαρέα μέταλλα) που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία. Οι ουσίες αυτές είναι ρυπαντές για το φυσικό περιβάλλον επιβάλλεται από τη νομοθεσία η εξουδετέρωση και απομακρυνσή τους.



Πίνακας 6. Βασικά στάδια επεξεργασίας των υγρών αστικών λυμάτων (Πηγή: Νταράκας, 2010)

Συστήματα προεπεξεργασίας ή πρωτοβάθμιας επεξεργασίας		Συστήματα δευτεροβάθμιας ή βιολογικής επεξεργασίας	
- Εσχάρωση – Κοσκίνισμα - Εξάμμωση (αμμοσυλλέκτης) - Λυτοσυλλογή (ελαιοδιαχωριστήρες) - Επίπλευση - Πρωτοβάθμια καθίζηση		Αερόβια συστήματα	Αναερόβια συστήματα
		- Αντιδραστήρες αιωρούμενης βιομάζας (ενεργού υλός) - Αντιδραστήρες προσκολλημένης βιομάζας (Βιολογικοί υμένες) (Χαλικοδιυλιστήρια, Δισκοδιυλιστήρια)	- Σηπτικές δεξαμενές - Δεξαμενές Imhoff - Λίμνες και δεξαμενές σταθεροποίησης
Συστήματα χημικής επεξεργασίας		Συστήματα τριτοβάθμιας επεξεργασίας	
- Οξείδωση - Αναγωγή - Χημική κατακρήμνιση - Κροκίδωση – Ιζηματοποίηση		- Διήθηση - Μembrάνες - Αντίστροφη ώσμωση - Προσρόφηση - Ιοντοεναλλαγή	
Μέθοδοι απολύμανσης	Μέθοδοι διάθεσης της επεξεργασμένης εκροής	Τεχνολογίες επεξεργασίας υλός	
- Χλωρίωση (Cl ₂ , ClO ₂ , NaOCl, NaOCl ₂) - Υπεριώδης ακτινοβολία (UV) - Οζόνωση (O ₃)	- Διάθεση σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες - Διάθεση στο έδαφος (επιφανειακή απορροή, διήθηση στο έδαφος, άρδευση)	- Πάχυνση - Βιολογική σταθεροποίηση (αερόβια ή αναερόβια) - Αφυδάτωση (κλίνες ξήρανσης, ταινιοφιλτράτρες, φυγοκέντριση)	

Ο ποιοτικός έλεγχος των αστικών λυμάτων είναι υποχρεωτικός και συνεχής και η σύστασή τους καθορίζει τα στάδια επεξεργασίας που πρέπει να υποβληθούν πριν απορριφθούν ή επαναχρησιμοποιηθούν (Νταράκας, 2014).

➤ Τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι:

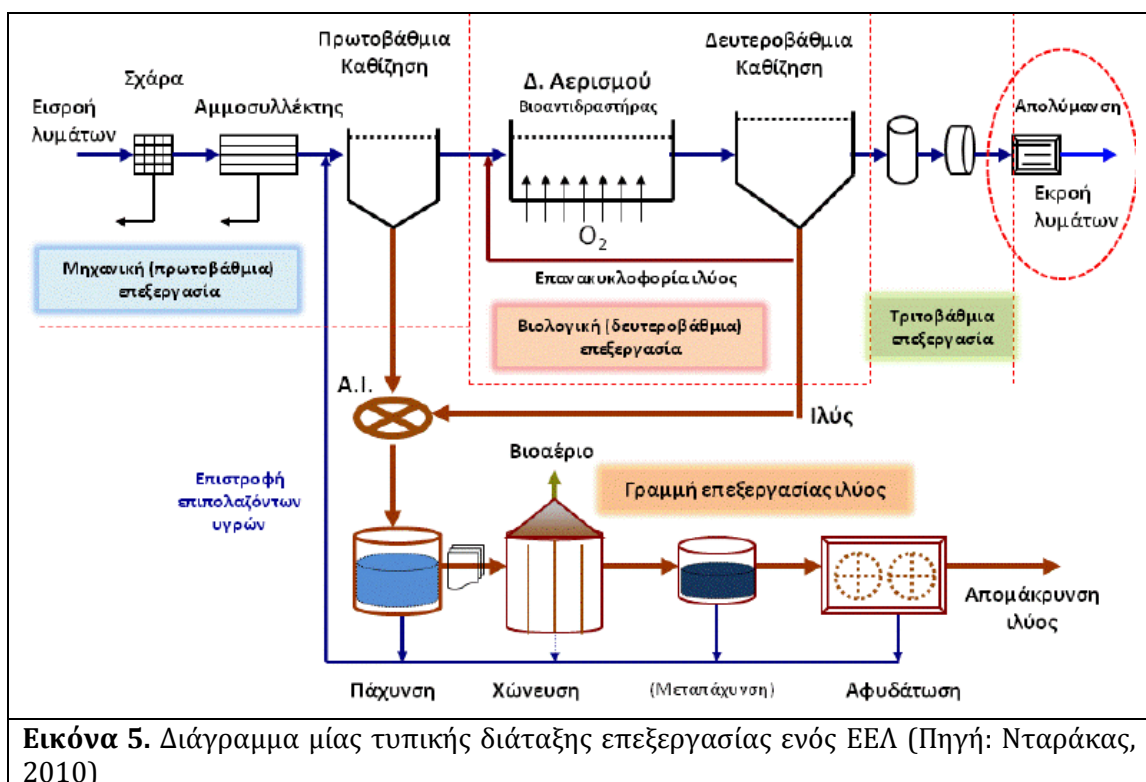
Η Θερμοκρασία, η Αγωγιμότητα, η Θολότητα, η Διαπερατότητα, το Χρώμα, η Οσμή, η Πυκνότητα, οι Στερεές Ουσίες.

➤ Τα Ανόργανα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι:

Το pH, η Αλκαλικότητα, τα Χλωριούχα, οι Αζωτούχες Ενώσεις, οι Φωσφορικές Ενώσεις τα Θειικά, Μέταλλα (Ca, Mg, K, Na, Cr, Cu, Co, Pb, Cd, Hg, Mo, Ni, Fe, Se, As, Zn), διάφορα Αέρια (O₂, CO₂, NH₃, H₂S, CH₄).

➤ Οργανικά χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων είναι:

BOD: Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο. Οξυγόνο που απαιτείται για τη βιολογική αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων των αποβλήτων. Διακρίνεται σε C και N - BOD, ανάλογα αν απαιτείται για την οξειδωτική αποικοδόμηση ανθρακούχων ή αζωτούχων οργανικών ενώσεων (Νταράκας, 2014).



COD: Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο. Οξυγόνο που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των αποβλήτων.

TOC: Ολικός Οργανικός Άνθρακας. Χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με το BOD, αλλά πολύ σπάνια, γιατί αφορά πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης.

Αυτές οι κατηγορίες οργανικών ενώσεων καθορίζουν τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά τον σχεδιασμό μίας Ε.Ε.Λ..

➤ Βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Αφορούν τους περιεχόμενους παθογόνους μικροοργανισμούς και είναι σημαντικοί για την προστασία της δημόσιας υγείας. Αφορούν κυρίως μικροοργανισμούς ανθρώπινης προέλευσης (εντεροβακτηριοειδή και κολοβακτηριοειδή).

Τα ολικά κολοβακτηριοειδή, και τα κολοβακτηριοειδή προέρχονται από τα κόπρανα και δίνουν μία εκτίμηση της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών και την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης των υγρών αποβλήτων στο τέλος της επεξεργασίας. Οι ειδικοί μικροοργανισμοί όπως τα Βακτήρια, οι Ιοί, τα Πρωτόζωα και οι Έλμινθες, συνδέονται με την λειτουργία της Ε.Ε.Λ. και την επαναχρησιμοποίηση της εκροής.

Τοξικότητα, Οξεία (άμεση) τοξικότητα (TUA) και Χρόνια τοξικότητα (TUC) βοηθούν στην εκτίμηση της τοξικότητας των υγρών αποβλήτων.

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προέρχονται από τον άνθρωπο ή τα ζώα (οικόσιτα και μη) που μπορεί να είναι υγιείς ή να νοσούν. Μέσω των οργανισμών αυτών (βακτήρια, έλμινθες, κλπ) εκτιμάται η καταληλότητα για χρήση και η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ενώ με άλλους ειδικούς μικροοργανισμούς εκτιμάται η λειτουργία της Ε.Ε.Λ. καθώς και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων μέσω των ελέγχων τοξικότητας (Νταράκας 2014).

2.4.2. Στάδια Επεξεργασίας

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει δίκτυο για τη συλλογή, την επεξεργασία και την διάθεσή τους. Τα υγρά απόβλητα συλλέγονται μέσω του συστήματος αποχέτευσης, το οποίο είναι δυνατόν να είναι χωριστικό (όταν δεν δέχεται όμβρια ύδατα) ή μικτό - παντοροϊκό (όταν δέχεται και όμβρια ύδατα) Όλο το δίκτυο του συστήματος αποχέτευσης συμβάλλει σε έναν Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (Κ.Α.Α.) ο οποίος καταλήγει σε ΕΕΛ.

Πολλές φορές στις Ε.Ε.Λ. καταλήγουν και βοθρολύματα με τη βοήθεια βυτιοφόρων όταν δεν υπάρχει άμεση διασύνδεση μέσω υπογείου δικτύου.

Πίνακας 7. Γενική εικόνα των διεργασιών που ακολουθούνται για την επεξεργασία των υγρών αστικών λυμάτων (Πηγή: Νταράκας, 2010)

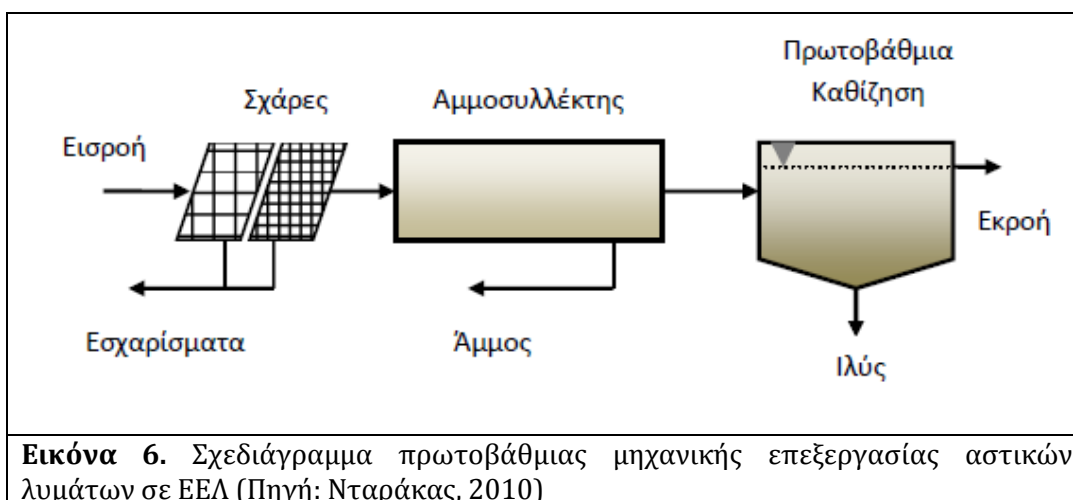
Διεργασίες αντιμετώπισης αιωρούμενων σωματιδίων (Suspended Solids, SS) και βιοαποικοδομήσιμων ουσιών σε αιωρούμενη μορφή	Διεργασίες αντιμετώπισης οργανικού φορτίου (διαλυμένων βιοαποικοδομήσιμων ουσιών που έχουν αρνητική επίδραση στο ισοζύγιο του διαλυμένου οξυγόνου και μετρώνται με BOD και COD)	Διεργασίες αντιμετώπισης ουσιών που συμβάλλουν στον ευτροφισμό [Ενώσεις του αζώτου (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) και του φωσφόρου (PO_4^{3-})]
<ul style="list-style-type: none"> - Εσχάρωση – Κοσκίνισμα - Εξάμμωση - Λιποσυλλογή - Επίπλευση - Καθίζηση - Φυγοκέντριση 	<ul style="list-style-type: none"> - Προεπεξεργασία ή πρωτοβάθμια επεξεργασία - Βιολογική επεξεργασία - Χημική επεξεργασία - Φυσική επεξεργασία 	<ul style="list-style-type: none"> - Βιολογική επεξεργασία - Χημική επεξεργασία

2.4.2.1. Προεπεξεργασία

Απομακρύνονται υλικά όπως πανιά, χαλίκια, άμμος, μικρά τεμάχια ξύλου και πλαστικού, λάδια, λίπη κ.λ.π. τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές ποικίλης φύσεως στον μηχανολογικό εξοπλισμό της Ε.Ε.Λ.

2.4.2.2. Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

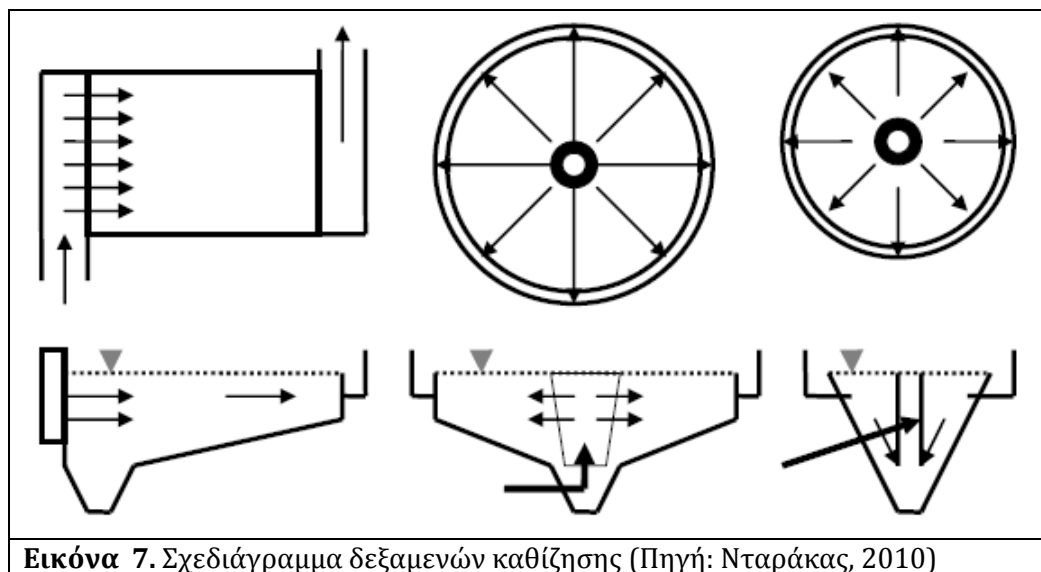
Περιλαμβάνει εσχарισμό, εξάμμωση (αμμοσυλλογή), λιποσυλλογή και πρωτοβάθμια καθίζηση. Σ' αυτό το τμήμα απομακρύνονται φερτές ύλες, ανόργανα συστατικά και από τις οργανικές ουσίες, αυτές που επιπλέουν και αυτές που καθιζάνουν (Αγγελάκης, 2004).



Εικόνα 6. Σχεδιάγραμμα πρωτοβάθμιας μηχανικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ΕΕΛ (Πηγή: Νταράκας, 2010)

Ο πρωτοβάθμιος καθαρισμός διενεργείται για:

- για την μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 40 – 50 %.
- για την μείωση του οργανικού φορτίου ως BOD₅ κατά 25 – 30 % (Νταράκας, 2014).



Εικόνα 7. Σχεδιάγραμμα δεξαμενών καθίζησης (Πηγή: Νταράκας, 2010)

2.4.2.3. Δευτεροβάθμια Επεξεργασία

Ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια επεξεργασία, απομακρύνει θρεπτικά συστατικά και βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες, ενώ επιτυγχάνεται η μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (S.S.). Κάποιες εγκαταστάσεις επιτυγχάνουν επιπλέον μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία διακρίνεται σε **αερόβια**, **αναερόβια** και **αερόβια-αναερόβια**, ανάλογα με τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται και είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών. Με την **αερόβια** επεξεργασία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς (Νταράκας, 2014).

2.4.2.3.1. Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία Αιωρούμενης Βιομάζας

2.4.2.3.1.1. Μέθοδος Ενεργού Ιλύος

Η ενεργός ιλύς αποτελείται από συσσωματώματα ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών που δεν έχουν ακόμα αποσυντεθεί, οργανικών αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν έχουν απομακρυνθεί στο στάδιο της προεπεξεργασίας των αποβλήτων, οργανικών ουσιών κολλοειδούς υφής, ενδιάμεσων προϊόντων βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων και αδρανών στερεών που δεν

επιδέχονται αποσύνθεση. Η διαδικασία συνίσταται από δύο βασικές διεργασίες, τον αερισμό και την καθίζηση (Νταράκας, 2014).

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας με αυτή την μέθοδο. Τα **ταχύρυθμα συστήματα** επεξεργασίας χρειάζονται μικρούς βιοαντιδραστήρες και μικρή μεταφορά οξυγόνου στην υγρή φάση, αλλά το ποσοστό βιοαποδόμησης του οργανικού φορτίου (BOD) είναι χαμηλό (50 - 80 %).

Στα **αργόρυθμα συστήματα** επιτυγχάνονται υψηλά ποσοστά καθαρισμού (> 90 %), αλλά απαιτούνται μεγάλοι βιοαντιδραστήρες και υψηλή παροχή οξυγόνου.

Τα **συστήματα παρατεταμένου αερισμού** στηρίζονται στην συνεχή προσφορά οξυγόνου, χωρίς ανάλογη προσφορά τροφής οδηγώντας την ύλη στο στάδιο της ενδογενούς αναπνοής (αυτοκατανάλωσης) με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελάχιστης ή καθόλου περίσσειας ύλους. Απαιτούν περισσότερο αερισμό, άρα μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Το ποσοστό βιοαποδόμησης του οργανικού φορτίου (BOD) μπορεί να φτάσει και το 97 % (Νταράκας, 2014).

Ακολούθως στη δεξαμενή οι οργανικές ενώσεις που δεν οξειδώθηκαν προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό, αλλά μετατράπηκαν σε βακτηριακή μάζα, καθιζάνουν και απομακρύνονται από το σύστημα. Ένα μέρος αυτής της βακτηριακής μάζας επιστρέφει από τη δεξαμενή καθίζησης στη δεξαμενή αερισμού και με τον τρόπο αυτό γίνεται η επανακυκλοφορία ύλους (βιομάζας). Ο σκοπός της επανακυκλοφορίας είναι να διατηρηθεί επαρκής συγκέντρωση ενεργού ύλους στη δεξαμενή αερισμού έτσι ώστε να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας στο χρονικό διάστημα που είναι επιθυμητό. Με αυτόν δηλαδή τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλή συγκέντρωση μικροοργανισμών ικανή για την προσρόφιση και αποικοδόμηση του εισερχόμενου οργανικού φορτίου. Η επανακυκλοφορία της βιομάζας, η οποία μπορεί να φτάσει σε ποσοστό και το 100 %, είναι σημαντικότερη παράμετρος ελέγχου που ρυθμίζει τη λειτουργία της διεργασίας.

Η απόδοση της μεθόδου της ενεργού ύλους :

- Ως προς την μείωση οργανικής ύλης ως BOD₅ : 85 – 95 %
- Ως προς την μείωση αιωρούμενων στερεών : 80 – 90 %

- Ως προς την μείωση βακτηρίων : 98 – 99 %.

2.4.2.3.1.2. Αντιδραστήρες Διαλείποντος Έργου Εναλλασσόμενων Κύκλων Λειτουργίας - SBR (Sequencing Batch Reactors)

Χρησιμοποιούνται σαν παραλλαγή της μεθόδου ενεργού ιλύος για την επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Είναι κατάλληλα για εφαρμογές επεξεργασίας λυμάτων που χαρακτηρίζονται από χαμηλή ή διακεκομμένη ροή. Σε ένα τέτοιο σύστημα τα υγρά απόβλητα εισάγονται σε έναν αντιδραστήρα, επεξεργάζονται ώστε να απαλλαχθούν από τις ανεπιθύμητες ουσίες και εκρέουν. Εξισορρόπηση, αερισμός και καθίζηση μπορούν να επιτευχθούν σε ένα και μόνο αντιδραστήρα. Πρόκειται για ένα σύστημα ενεργού ιλύος το οποίο λειτουργεί σε διαφορετικούς χρόνους και όχι σε διαφορετικούς χώρους, δηλαδή οι φάσεις της επεξεργασίας διαχωρίζονται χρονικά και όχι χωρικά (Νταράκας, 2014).

Οι αντιδραστήρες SBR χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρές παροχές καθώς σε μεγάλες απαιτείται πιο εξειδικευμένη λειτουργία. Δεδομένου ότι τα συστήματα καταλαμβάνουν σχετικά μικρό χώρο, είναι χρήσιμα για τις περιοχές όπου η διαθέσιμη γη είναι περιορισμένη. Επίσης τα συστήματα SBR βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε μεμονωμένες κατοικίες και οικισμούς με τη μορφή μονάδων compact (Νταράκας 2014).

2.5. Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία Προσκολλημένης Βιομάζας (Βιολογικά Φίλτρα)

2.5.1. Τα Χαλικοδυλιστήρια

Είναι βιοαντιδραστήρες που στα τοιχωματά τους αναπτύσσεται με το χρόνο βιολογική μάζα που περιβάλλει όλες τις ελεύθερες επιφάνειες. Χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για δεξαμενές, μέσα στις οποίες τοποθετείται χαλίκι. Οι βιολογικοί υμένες αναπτύσσονται πάνω στις στερεές επιφάνειες των υλικών πλήρωσης. Τα κενά μεταξύ των χαλικιών πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα για να μην φράσσονται από τη βιομάζα που αναπτύσσεται. Τα λύματα ραντίζονται στην επιφάνεια και ρέουν προς τα κάτω δια μέσου των κενών χώρων. Όσο διαρκεί η επαφή των λυμάτων με τη βιομάζα, γίνεται προσρόφηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα λύματα είτε σε αιώρηση είτε σε διάλυση, από τους βιολογικούς υμένες. Τα βακτήρια που σχηματίζουν τους βιολογικούς υμένες αποδομούν

τις οργανικές ουσίες των λυμάτων. Αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η παραγωγή βιομάζας και καταλοίπων της βιοαποδόμησης, δηλαδή ανόργανες ουσίες.

Οι ανόργανες αυτές ουσίες αποβάλλονται από τα κύτταρα των μικροοργανισμών. Η παραγωγή βιομάζας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του πάχους των βιολογικών υμένων και κατά συνέπεια την ελάττωση των κενών χώρων του διυλιστηρίου. Ένα τμήμα της βιομάζας χρησιμοποιείται σαν τροφή από τους μικροοργανισμούς που διαβιώνουν στο εσωτερικό των διυλιστηρίων. Το απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση των οργανικών ουσιών λαμβάνεται από τον αέρα. Με κατάλληλη διαμόρφωση του πυθμένα του διυλιστηρίου, δηλαδή πολλές οπές για την εκροή των λυμάτων και την κυκλοφορία του αέρα, εξασφαλίζεται καλός αερισμός του εσωτερικού του διυλιστηρίου. Η αύξηση της βιομάζας στο εσωτερικό του διυλιστηρίου έχει σαν αποτέλεσμα και τη μείωση του ελεύθερου χώρου μεταξύ των χαλικιών. Συνέπεια αυτού είναι ο κίνδυνος απόφραξης του χαλικοδιυλιστηρίου (Νταράκας, 2014).

2.5.2. Τα Δισκοδιυλιστήρια ή RBC (Rotating Biological Contactors)

Οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι ή δισκοδιυλιστήρια λειτουργούν και αυτά με τη μέθοδο της προσκολλημένης βιομάζας. Αποτελούνται από μία ημικυλινδρική σκάφη, στην οποία εισέρχονται τα υγρά λύματα και κατά μήκος της υπάρχει ένας περιστρεφόμενος άξονας στον οποίο είναι στερεωμένοι κυκλικοί δίσκοι ημιβυθισμένοι επάνω στην επιφάνεια των οποίων αναπτύσσονται οι βιολογικοί υμένες.

Όταν τα βακτήρια είναι βυθισμένα στα λύματα προσροφούν τις διαλυμένες σε αυτά οργανικές ουσίες και τις χρησιμοποιούν σαν τροφή με την συνεχή περιστροφή του δίσκου, εξέρχονται τα βακτήρια από τα λύματα και έρχονται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα από τον οποίο παίρνουν το απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων. Η παραγόμενη βιομάζα αποκολλάται από τις επιφάνειες των δίσκων λόγω της ταχύτητας περιστροφής. Το βασικό πλεονέκτημα των δισκοδιυλιστηρίων είναι το μικρό κόστος λειτουργίας τους.

2.5.3. Αναερόβια Επεξεργασία

Στην αναερόβια διεργασία η βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού γίνεται απουσία οξυγόνου με τη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών, που αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας τις οργανικές ενώσεις. Τα βασικότερα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας, είναι μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, υδρογόνο,

αμμωνία και βιομάζα. Η δημιουργία των προϊόντων εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας και τα εμπλεκόμενα είδη των μικροοργανισμών (Νταράκας, 2014 ; Healy et al, 2016).

Η αναερόβια αποικοδόμηση είναι πολύ αργή και ευαίσθητη διαδικασία και συμμετέχουν υποχρεωτικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί (αρχαιοβακτήρια και μεθανοβακτήρια) τα οποία χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, καθώς επίσης συμμετέχουν και μύκητες και πρωτόζωα. Τα θετικά της αναερόβιας διαδικασίας είναι η παραγωγή μεθανίου, το οποίο μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα, συνθέτει το βιοαέριο. Επίσης είναι ότι δεν απαιτεί αερισμό για να επιτυγχάνεται αποικοδόμηση δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων ουσιών. Επίσης υπάρχει πολύ χαμηλή παραγωγή ιλύος.

Αναερόβια επεξεργασία εφαρμόζεται ως επί το πλείστον για τη χώνευση ή ζύμωση της ιλύος η οποία προκύπτει από τα συστήματα καθίζησης και για την επεξεργασία πυκνών βιομηχανικών ή άλλων αποβλήτων (Νταράκας, 2014).

2.5.4. Αερόβια / Αναερόβια Επεξεργασία

Πρόκειται για συστήματα μικτής επεξεργασίας με τα οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση. Πραγματοποιείται σε δεξαμενές ή λίμνες σταθεροποίησης, όπου στο ανώτερο στρώμα διατηρούνται αερόβιες συνθήκες εξαιτίας του ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή φωτοσυνθετικής διαδικασίας, ενώ στο κατώτερο στρώμα επικρατούν αναερόβιες συνθήκες. Η εγκατάσταση είναι σχετικά μικρού βάθους λεκάνες με επίπεδο πυθμένα (Βλυσίδης, 2007 ; Νταράκας, 2014). Οι λίμνες σταθεροποίησης είναι κατάλληλες για μικρές εγκαταστάσεις, εφόσον υπάρχει αρκετή εδαφική έκταση με πρόσφορη τοπογραφική διαμόρφωση και κατάλληλη φύση του εδάφους για την αποφυγή ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Λειτουργούν υπό συνθήκες φυσικού ή τεχνητού αερισμού ή και αναερόβια. Μια αεριζόμενη λίμνη είναι στην ουσία ένας βιολογικός αντιδραστήρας πλήρους ανάμιξης, χωρίς επανακυκλοφορία, όπου πραγματοποιείται οξείδωση του οργανικού φορτίου.

2.5.5. Απομάκρυνση Θρεπτικών Αλάτων

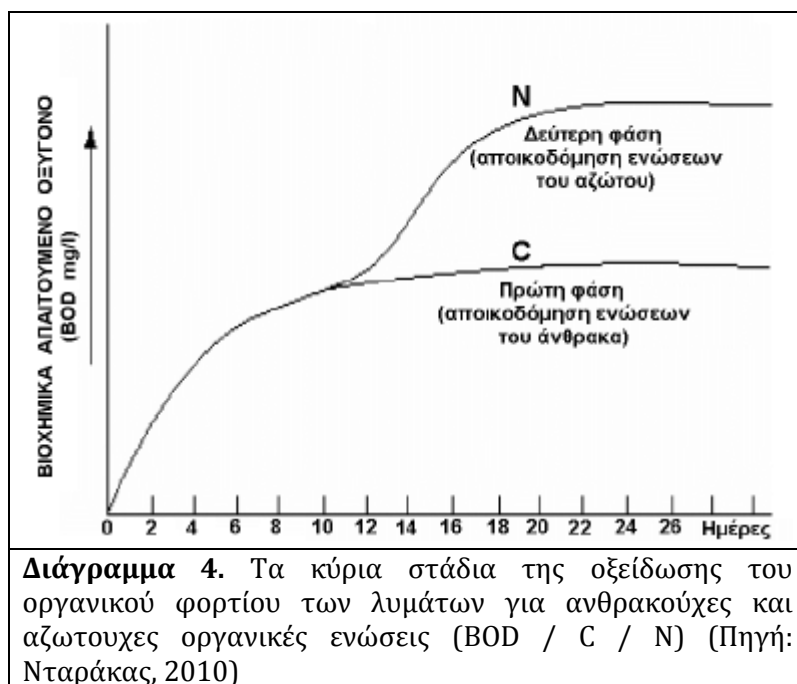
Τα θρεπτικά άλατα, δηλαδή αζωτούχες και φωσφορικές ενώσεις που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα, αποτελούν απαραίτητα συστατικά για την επιβίωση των βακτηρίων

στους βιοαντιδραστήρες, πρέπει όμως οπωσδήποτε να απομακρυνθούν ώστε να μην δημιουργήσουν προβλήματα αποξυγόνωσης και ευτροφισμού στον τελικό αποδέκτη (Νταράκας, 2014).

2.6. Τριτοβάθμια Επεξεργασία

Η τριτοβάθμια επεξεργασία αποσκοπεί στην απομάκρυνση των αιωρούμενων αλλά και των διαλυμένων ουσιών που παραμένουν στα απόβλητα. Αφαιρούνται στερεό οργανικό φορτίο, χρώματα, αμμωνιακά, νιτρικά φωσφορικά και άλλα άλατα, και άλλοι ρυπαντές όπως τα βαριά μέταλλα, το αρσενικό, οι τοξικές οργανικές ενώσεις, τα θειούχα, τα κυανιούχα κ.λ.π..

Η τριτοβάθμια επεξεργασία απαιτείται κυρίως για τις διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών και συνήθως περιλαμβάνει διήθηση, χρήση μεμβρανών-αντίστροφη ώσμωση, χημική επεξεργασία, διεργασίες προχωρημένης οξείδωσης, προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοανταλλαγή, απογύμνωση αερίου κ.λπ (Νταράκας, 2014).



2.6.1. Η Διήθηση

Η διήθηση περιλαμβάνει πολλές παραλλαγές όπως, διήθηση χώρου ή επιφάνειας, που βασίζονται στη διήθηση του νερού, διήθηση με βαρύτητα ή υπό πίεση, διήθηση με διάφορους συνδυασμούς διηθητικών μέσων (άμμος, ανθρακίτης, διάφορες συνθετικές ίνες και μεμβράνες). Τα πιο πολλά διυλιστήρια νερού αποτελούνται συνήθως από πολλές δίδυμες κλίνες άμμου ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης και τον όγκο του προς επεξεργασία νερού (Νταράκας, 2014).

2.6.2. Χρήση Μεμβρανών

Η εφαρμογή των μεμβρανών στην προχωρημένη επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία αλλά πολλά υποσχόμενη. Μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Με τις μεμβράνες επιτυγχάνεται πλήρης απομάκρυνση διαλυτών οργανικών και ανόργανων ρύπων από το νερό. Το νερό διαβιβάζεται υπό συνθήκες υπερπίεσης στην ημιπερατή μεμβράνη, οπότε γίνεται διαχωρισμός και οι ρυπαντές συμπυκνώνονται. Ενδεικτικά στις μεθόδους διαχωρισμού στερεών με μεμβράνες αναφέρεται η μικροδιήθηση (MF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,05 – 2,0 μm, η υπερδιήθηση (UF), με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 2,0 – 0,05 μm, και η νανοδιήθηση (NF) με μέγεθος πόρων μεμβράνης από 0,5 – 2,0 nm. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη ώσμωση (RO) θεωρητικά δεν έχουν πόρους. Η καλή λειτουργία των διατάξεων αντίστροφης ώσμωσης επηρεάζεται από την ύπαρξη πολλών κολλοειδών και αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία φράζουν τους πόρους της μεμβράνης. Η κύρια εφαρμογή της αντίστροφης ώσμωσης είναι η αφαλάτωση του νερού (Νταράκας, 2014).

2.6.3. Χημική Επεξεργασία

Η χημική επεξεργασία στοχεύει κυρίως στην **οξειδωση** ουσιών οι οποίες δεν αποικοδομούνται (οξειδώνονται) βιολογικά. Οι βασικές χημικές διεργασίες στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι η εξουδετέρωση, η χημική κατακρήμνιση, η κροκίδωση και η χημική απολύμανση. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών των διεργασιών είναι οι αυξημένες ποσότητες της ιλύος που προκύπτουν, και που οφείλονται τόσο στην προσθήκη χημικών και στα σχηματιζόμενα ιζήματα, όσο και στην αυξημένη

απομάκρυνση στερεών. Οι ποσότητες υλός από τη χημική επεξεργασία εξαρτώνται από τον χρησιμοποιούμενο χημικό παράγοντα και την ποσότητα που χρησιμοποιείται, τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων και την απόδοση των διαδικασιών επεξεργασίας.

Η Εξουδετέρωση συνίσταται στην απομάκρυνση της οξύτητας ή της αλκαλικότητας με κάποιο χημικό αντιδραστήριο το οποίο έχει αντίθετη σύσταση. Συνήθως γίνεται η εξουδετέρωση όξινων λυμάτων με βάσεις ή άλατα όπως είναι το υδροξείδιο του ασβεστίου το υδροξείδιο του νατρίου, το ανθρακικό ασβέστιο το οξείδιο του μαγνησίου και το ανθρακικό νάτριο .

Η Χημική Κατακρήμνιση ή Ιζηματοποίηση (precipitation), είναι ταυτόχρονα φυσική και χημική διεργασία που εφαρμόζεται στην επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων. Πρόκειται για διεργασία αδιαλυτοποίησης ορισμένων ανεπιθύμητων συστατικών του νερού με σχηματισμό αδιάλυτων ενώσεων, λόγω αλλαγής της διαλυτότητάς τους.

Επιτυγχάνεται με:

- μεταβολή του pH (αύξηση ή μείωση).
- προσθήκη κατάλληλων αντιδραστηρίων.
- αλλαγή του αριθμού οξειδωσης των στοιχείων που θα μετατραπούν σε ίζημα.

Πρωτεύοντα ρόλο στη διεργασία αυτή παίζει η ιονική ισχύς του νερού και η οξειδωτική βαθμίδα των περιεχομένων στοιχείων

Η Κροκίδωση - Συσσωμάτωση. Η κροκίδωση (coagulation) και η συσσωμάτωση (flocculation) είναι διεργασίες κατά τις οποίες τα κολλοειδή και αδρομερή αιωρούμενα σωματίδια του νερού προετοιμάζονται με κατάλληλα αντιδραστήρια για την αποσταθεροποίηση, τη συνένωση (συσσωμάτωση) και την απομάκρυνσή τους π.χ. με καθίζηση.

Τα κύρια στάδια της διεργασίας είναι τα εξής:

- Η προσθήκη χημικών μέσων, γνωστών ως κροκιδωτικών. Το στάδιο αυτό είναι το βασικό στάδιο της κροκίδωσης (coagulation).

- Η συνένωση των κολλοειδών σωματιδίων που προσεγγίζουν το ένα το άλλο με αποτέλεσμα τη δημιουργία ορατών συσσωματωμάτων. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται συσσωμάτωση ή θρόμβωση (flocculation).
- Απομάκρυνση των σχηματισμένων μεγάλων συσσωματωμάτων με καθίζηση (sedimentation) ή διήθηση.

Τα συνήθη κροκιδωτικά (coagulants) υλικά είναι το θεικό αργίλιο ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) και τα άλατα του σιδήρου (τριχλωριούχος σίδηρος $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ και θεικός σίδηρος $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Χρησιμοποιείται ακόμα η υδράσβεστος ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), διάφοροι πολυηλεκτρολύτες (πολυοξέα και πολυαμίδια με ηλεκτρικά ενεργές ομάδες όπως COOH^- , $\text{CH}_2\text{COH-CO}^-$, NH_2^- , κ.λ.π. που κυκλοφορούν με διάφορες εμπορικές ονομασίες σαν βοηθητικά συσσωμάτωσης.

2.6.4. Διεργασίες Προχωρημένης Οξειδωσης (Advanced Oxidation Processes -AOP)

Οξειδωση πολύπλοκων, δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων, οργανικών συστατικών που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Συνδέονται με το σχηματισμό και τη χρήση της ελεύθερης ρίζας υδροξυλίου (OH^-) ως ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο.

Ενδεικτικές διεργασίες προχωρημένης οξειδωσης είναι (Metcalf & Eddy, 2007^a):

- Χρήση όζοντος σε συνδυασμό με UV.
- Χρήση όζοντος σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου.
- Χρήση όζοντος σε συνδυασμό με υπεροξείδιο του υδρογόνου και UV.
- Φωτοκατάλυση (μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια) (Angelakis, and Rose, 2014).

2.6.5. Προσρόφηση

Προσρόφηση είναι το φαινόμενο μεταφοράς μάζας από την υγρή ή αέρια φάση στην επιφάνεια ενός στερεού. Τα σπουδαιότερα προσροφητικά μέσα είναι ο ενεργός άνθρακας, τα συνθετικά πολυμερή και κάποια προσροφητικά που βασίζονται στο πυρίτιο. Αυτά εφαρμόζονται για την απομάκρυνση οργανικών ενώσεων και ιχνοστοιχείων. Δεν προσροφώνται οι Αλκοόλες, οι Αλδεΐδες, οι Αμίνες και οι Γλυκόλες

2.6.6. Ιοντοανταλλαγή

Βασίζεται στην ικανότητα κάποιων υλικών - ορυκτών (ζεόλιθοι) ή συνθετικών (ρητίνες) να δεσμεύουν εκλεκτικά διάφορα ιόντα. Μέσα σε μία κυλινδρική δεξαμενή που περιέχει τον ιοντοεναλλάκτη, διέρχεται το νερό και ο ιοντοεναλλάκτης δεσμεύει τα προς απομάκρυνση ιόντα. Ένα ιόν ανταλλάσσεται με κάποιο άλλο, κρατείται προσωρινά στο μέσο και κατόπιν απελευθερώνεται στο διάλυμα αναγέννησης. Μετά από πολλές χρήσεις ο ιοντοεναλλάκτης (η ρητίνη) αναγεννάται για να επαναχρησιμοποιηθεί.

2.6.7. Απογύμνωση Αερίου

Συνίσταται στη μεταφορά μάζας ενός αερίου από την υγρή στην αέρια φάση και εφαρμόζεται κυρίως για την απομάκρυνση αερίων όπως το υδρόθειο, η αμμωνία και οι πτητικές οργανικές ενώσεις.

2.6.8. Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας

Πρόκειται για διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων που στηρίζονται στο έδαφος και στη φύση. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς μηχανισμούς επεξεργασίας και επιτυγχάνουν ικανοποιητική ποιότητα εκροής. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρά συστήματα επεξεργασίας (Νταράκας, 2014).

2.7. Επεξεργασία της Ιλύος

Οι διεργασίες που εφαρμόζονται είναι : η πάχυνση, η σταθεροποίηση και η αφυδάτωση. ή συνδυασμός αυτών (Αγγελάκης, 2004).

2.7.1. Πάχυνση

Με την πάχυνση της ιλύος επιδιώκουμε την μείωση του όγκου της με την ταυτόχρονη αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών της και απομακρύνοντας μέρος του νερού που περιέχει. Η πάχυνση διενεργείται με βαρύτητα, με επίπλευση με αέρα και με μηχανικά μέσα.

2.7.1.1 Παχυντές Βαρύτητας

Είναι δεξαμενές καθίζησης, όπου ο λόγος βάθος/διάμετρο, είναι μεγαλύτερος. Η ιλύς τροφοδοτείται συνεχώς, αναμειγνύεται ελαφρά από το δικτυωτό του σαρώθρου (ξέστρου), γίνεται διάσπαση της μάζας διευκολύνοντας την άνοδο των υγρών, ενώ η συμπυκνωμένη ιλύς καθιζάνει με τη βαρύτητα. Οι παχυντές με κανονικές συνθήκες λειτουργίας, μπορεί να απομακρύνουν μέχρι το 95% περίπου των στερεών με εξαίρεση ίσως το μείγμα πρωτοβάθμιας και ενεργού ιλύος, για το οποίο είναι δύσκολο να εξασφαλισθεί η απόδοση αυτή (Αγγελάκης, 2004).

2.7.1.2 Παχυντές με Επίπλευση

Είναι σκεπασμένες δεξαμενές, η εισερχόμενη ιλύς παρασύρεται στην επιφάνεια από τις φυσαλίδες πεπιεσμένου αέρα που εισάγεται στον πυθμένα. Στην επιφάνεια η ιλύς συμπυκνώνεται και απομακρύνεται με κατάλληλη διάταξη. Επιτυγχάνεται συμπύκνωση 3-5%. Η πάχυνση με επίπλευση έχει δύο βασικά πλεονεκτήματα, απαιτεί μικρότερη επιφάνεια και όγκο σε σχέση με τη πάχυνση βαρύτητας, είναι αποδοτικότερη για ιλύ με κολλοειδή χαρακτηριστικά (ενεργός ιλύς). Από οικονομική πλευρά είναι ενεργοβόρα (Αγγελάκης, 2004).

2.7.1.3. Παχυντές με Μηχανικά Μέσα

Είναι διαδομένη ως διεργασία και βασίζεται κυρίως στον φυσικό μηχανισμό της φυγόκεντρου δύναμης, όπου τα στερεά συστατικά της ιλύος διαχωρίζονται από το υγρό και συμπυκνώνονται. Στην περίπτωση αυτή η ιλύς τοποθετείται σε περιστρεφόμενο θάλαμο (Αγγελάκης, 2004).

2.8. Σταθεροποίηση

Οι διαδικασίες σταθεροποίησης ιλύος έχουν ως στόχο τη μετατροπή του προϊόντος σε επεξεργάσιμη μορφή για οποιαδήποτε χρήση ή διάθεση. Η σταθεροποίηση μειώνει τα παθογόνα και παράγει ένα προϊόν με λιγότερες οσμές. Συνήθως χρησιμοποιούνται η αναερόβια χώνευση, η αερόβια χώνευση, η κομποστοποίηση και η σταθεροποίηση με χρήση ασβεστού.

2.8.1 Αναερόβια χώνευση Ιλύος

Η αναερόβια διεργασία είναι μια σειρά διαφόρων συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από τα οποία απουσιάζουν το διαλυμένο οξυγόνο και τα νιτρικά. Η αναερόβια χώνευση της ιλύος, επιτρέπει την παραγωγή του βιοαερίου με ταυτόχρονη μείωση της οργανική ύλης από την υγρή φάση. Επίσης επιτρέπει να σταθεροποιηθούν όλα τα στερεά που υπάρχουν στην εισροή ή παράγονται στη διάρκεια της χώνευσης. Επίσης, η αναερόβια χώνευση επιδρά στην απενεργοποίηση των παθογόνων (Αγγελάκης, 2004).

2.8.2. Αερόβια χώνευση Ιλύος

Πραγματοποιείται ανάδευση - αερισμός της ιλύος για 10 περίπου ημέρες οπότε αποδομείται το 40-60% των πτητικών στερεών και παράγεται σχετικά σταθεροποιημένη ιλύς. Η αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος είναι ανάλογη βιολογική διαδικασία με αυτή του παρατεταμένου αερισμού. Η βιολογική δράση των αερόβιων μικροοργανισμών συνεχίζεται και μετά από τη φάση της σύνθεσης νέου κυτταρικού υλικού, μέχρις ότου επιτευχθεί αυτοοξείδωση και να φθάσουν σε καθαρά ενδογενή φάση (Αγγελάκης, 2004). Η αερόβια χώνευση είναι πιο ελαστική διαδικασία, είναι ενεργοβόρα είναι καταλληλότερη για την επεξεργασία ιλύος από βιομηχανικά απόβλητα. Η αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος είναι λιγότερο αποτελεσματική από τη αναερόβια χώνευση για την καταστροφή των παθογόνων παραγόντων (σε ποσοστό περίπου 85%). Η καταστροφή των αυγών παρασίτων είναι ακόμη πιο δύσκολη και απαιτεί αυξημένο κόστος για ενέργεια (Αγγελάκης, 2004).

2.8.3 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση είναι η μετατροπή της ιλύος σε ένα σταθερό και σχετικά ασφαλές τελικό προϊόν. Αυτό επιτυγχάνεται με την αερόβια θερμοφιλική σταθεροποίηση του οργανικού μέρους της, την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών της και τη μείωση του όγκου και του βάρους της με την εξάτμιση του νερού. Είναι ένα οργανικά σταθερό, απαλλαγμένο από οσμές και παθογόνα υλικό, που είναι περιβαλλοντικά ασφαλές, ομοιάζει στην υφή με χώμα, και έτσι είναι εύκολο να μεταφερθεί, αποθηκευθεί, πωληθεί και διατεθεί. Συνήθως διατίθεται ως βελτιωτικό του εδάφους χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Μειονεκτήματα είναι η δημιουργία σκόνης και οσμών κατά τη λειτουργία των εγκαταστάσεων, η απαίτηση σχετικά μεγάλων εκτάσεων γης

και το ότι μπορεί να επηρεάζεται, ανάλογα με το είδος, από κακές καιρικές συνθήκες, καθώς και η πιθανή δυσκολία ανεύρεσης αγοράς για την πώληση του τελικού προϊόντος.

2.8.4. Σταθεροποίηση Ιλύος με Ασβέστη

Η σταθεροποίησης ιλύος με ασβέστη αποσκοπεί στη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών και των οσμών, επιτυγχάνεται με τη δημιουργία συνθηκών ακατάλληλων για την επιβίωση των μικροοργανισμών ιλύος, δηλαδή στην περίπτωση αυτή, υψηλού pH με πρόσθεση ασβέστη. Η σταθεροποίηση με ασβέστη έχει χαμηλό αρχικό κόστος, απλότητα στην εφαρμογή της ενώ η σταθεροποίηση δεν είναι μόνιμη και δεν μειώνει τα στερεά της ιλύος. Η σταθεροποίηση με ασβέστη είναι ιδιαίτερα εφαρμόσιμη σε μικρές εγκαταστάσεις, και μάλιστα στις περιπτώσεις για τελική διάθεση της ιλύος στο έδαφος (Νταράκας, 2014).

2.9. Αφυδάτωση

Σκοπός της αφυδάτωσης είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών της ιλύος σε υψηλά επίπεδα, με την απομάκρυνση υγρασίας. Η ιλύς μετά την αφυδάτωση είναι σε μη υγρή κατάσταση και με μειωμένο όγκο, γεγονός που κάνει την μεταφορά της φθηνότερη και ευκολότερη, μειώνει το κόστος της επεξεργασίας (ιδιαίτερα της αποτέφρωσης) και δεν προκαλεί ρύπανση εξαιτίας αποστράγγισης αν διατίθεται στο έδαφος. Η αφυδάτωση γίνεται είτε με φυσική εξάτμιση και αποστράγγιση του νερού της ιλύς (όπως κλίνες και λίμνες ξήρανσης, ηλιακή ξήρανση) ή με διάφορα μηχανικά μέσα.

2.9.1. Κλίνες Ξήρανσης

Οι κλίνες ξήρανσης της ιλύος έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην Ελλάδα, όμως υπάρχει τάση να εγκαταλειφθούν. Οι κλίνες ξήρανσης είναι διατάξεις όπου γίνεται συγχρόνως διήθηση και εξάτμιση του περιεχόμενου νερού.

2.9.2 Λίμνες Ξήρανσης

Οι λίμνες ξήρανσης είναι μέθοδος αφυδάτωσης παρόμοια με τις κλίνες ξήρανσης όπου τον πρωταρχικό ρόλο στην αφυδάτωση ασκεί η εξάτμιση. Η απομάκρυνση της

αφυδατωμένης ιλύος γίνεται κάθε 1-3 έτη. Η ιλύς πρέπει να είναι σταθεροποιημένη για να μη παρουσιάζονται προβλήματα οσμών, εντόμων και άλλων οχλήσεων στην ευρύτερη περιοχή.

2.9.3. Ηλιακή Ξήρανση

Η μέθοδος της ηλιακής ξήρανσης επιτυγχάνει σημαντική μείωση του όγκου των Βιοστερεών (αύξηση του στερεού κλάσματος άνω του 70%), αποκλειστικά μέσω της ηλιακής ενέργειας, χωρίς τη χρήση πρόσθετων υλικών. Η ηλιακή ξήρανση μπορεί να εφαρμοσθεί, είτε σε παχυμένη ιλύ (περιεκτικότητα σε στερεά 2-5%), είτε σε αφυδατωμένη ιλύ (περιεκτικότητα σε στερεά έως 45%). Λόγω της ανάπτυξης θερμοκρασιών άνω των 50 °C για μεγάλο χρονικό διάστημα, θεωρείτε ότι η ιλύς υγιεινοποιείται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό (Νταράκας, 2014).

Το τελικό προϊόν παρουσιάζει μεγάλη θερμογόνο δύναμη, άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο σε επακόλουθη θερμική αξιοποίηση, είτε επί τόπου στην εγκατάσταση είτε σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις καύσης στερεών καυσίμων (European Commission, 2011).

2.9.4. Αφυδάτωση με Μηχανικά Μέσα

Η αφυδάτωση της ιλύος με μηχανικά μέσα είναι πολύ διαδεδομένη και βασίζεται στους δύο παρακάτω μηχανισμούς:

- Φυγοκεντρικοί διαχωριστές: Η ιλύς τοποθετείται σε περιστρεφόμενο θάλαμο και με την επίδραση της φυγοκέντρου δύναμης τα στερεά της ιλύος διαχωρίζονται από το υγρό και συμπυκνώνονται.
- Διήθηση: Η ιλύς τοποθετείται επάνω σε ένα διηθητικό μέσο και δημιουργείται μία διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών του μέσου, που έχει ως αποτέλεσμα να οδηγεί το νερό μέσα από αυτό ενώ τα στερεά να παραμένουν επάνω από αυτό. Αφυδάτωση με διήθηση γίνεται με τα φίλτρα κενού, τις ταινιοφιλτρόπρεσες και τα φίλτρα πίεσης.

2.10. Απολύμανση των Εκροών

Με την απολύμανση επιδιώκουμε την καταστροφή των βακτηρίων, των ιών και των λοιπών παθογόνων. Μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στις άλλα στάδια επεξεργασίας. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί εμφανίζουν διαφορετική ανθεκτικότητα στα διάφορα απολυμαντικά μέσα. Οι κύριες κατηγορίες ανθρώπινων εντερικών μικροοργανισμών οι οποίες παρουσιάζονται στα υγρά απόβλητα και πρέπει να θανατωθούν πριν τα υγρά απόβλητα διατεθούν στο περιβάλλον, είναι τα βακτήρια, τα πρωτόζωα, οι ωκύστες, οι κύστες, οι ιοί και οι έλμινθες (Νταράκας, 2014).

Το απολυμαντικό μέσο πρέπει να είναι δραστικό για όλες τις κατηγορίες μικροοργανισμών, να συμφέρει οικονομικά, να μην δημιουργεί παρενέργειες, να μη διευκολύνει την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ανεπιθύμητων ειδών και να μην δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για το προσωπικό και το περιβάλλον.

Συνήθης μέθοδος απολύμανσης σε μία εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι η χλωρίωση. Το χλώριο είναι τοξικό για τον άνθρωπο και τα ζώα αλλά στις χαμηλές συγκεντρώσεις που απαιτούνται για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών είναι αβλαβές. Το βασικό μειονέκτημα είναι η δυσμενής επίδραση του χλωρίου στο υδατικό περιβάλλον. Η επίδραση αυτή εκδηλώνεται άμεσα στις διάφορες μορφές ζωής (π.χ. ψάρια), εξαιτίας της τοξικότητας του χλωρίου ή έμμεσα, με το σχηματισμό οργανοχλωριούχων ενώσεων, από την αντίδραση του χλωρίου με τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων, που πιθανολογείται ότι είναι καρκινογόνος.

Πλέον αποφεύγεται η ανεξέλεγκτη χρήση χλωρίου μέσω της χρήσης μετρητή υπολειμματικού χλωρίου, αλλά και με εφαρμογή τεχνικών όπως η αποχλωρίωση. Τα προβλήματα που δημιουργούνται με την χλωρίωση έχουν οδηγήσει σε άλλες μεθόδους απολύμανσης, που δεν έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στις μεθόδους αυτές ανήκει η οζόνωση και η απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος (Zorpas, 2017).

2.10.1 Απολύμανση με Όζον

Το όζον έχει πολύ ισχυρότερη και ταχύτερη (300 - 3000 φορές) απολυμαντική και οξειδωτική δράση από το χλώριο για διάφορες τιμές θερμοκρασιών και pH, ενώ παράλληλα επιτυγχάνει αποτελεσματικότερη καταστροφή των ιών. Είναι όμως ασταθές και έτσι έχει μικρή διάρκεια απολυμαντικής δράσης, έχει μικρή υπολειμματική

δράση, αλλά απαιτεί να υπάρχει εγκατάσταση παραγωγής του στην εγκατάσταση επεξεργασίας των λυμάτων.

Κατά την απολύμανση με όζον δε δημιουργείται πρόβλημα τοξικότητας στον αποδέκτη που διοχετεύονται τα επεξεργασμένα απόβλητα γιατί το υπολειμματικό όζον είναι ελάχιστο και διασπάται μέχρι τα επεξεργασμένα απόβλητα να καταλήξουν στον αποδέκτη. Το ίδιο ισχύει και για τις ισχυρά ασταθείς τοξικές ουσίες, που είναι πιθανόν να δημιουργηθούν κατά την οζόνωση. Παράλληλα, εξαιτίας της ισχυρής οξειδωτικής του δράσης μειώνονται οι οσμές, η θολότητα και το χρώμα, αυξάνεται το διαλυμένο οξυγόνο του αποδέκτη και καταστρέφονται επικίνδυνες οργανικές ενώσεις. Τα παραπάνω δίνουν ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα στην μέθοδο, διότι παράγεται ένα καθαρό υγρό απόβλητο όπου η κοινωνική αποδοχή για την επαναχρησιμοποίηση, είναι εξασφαλισμένη (Νταράκας, 2014).

2.10.2 Απολύμανση με Ακτινοβολία UV

Η ακτινοβολία UV αποτελεί ένα φυσικό μέσο απολύμανσης, χωρίς να προκαλούνται περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτό συμβαίνει είτε γιατί δεν πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις είτε γιατί ο σχηματισμός παραπροϊόντων και ενώσεων από τη χρήση ακτινοβολίας UV είναι μικρός ή διασπώνται σε άλλες ακίνδυνες μορφές. Η υπεριώδης ακτινοβολία διαπερνά την κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών και απορροφάται από τα κυτταρικά συστατικά τους (π.χ. το DNA και το RNA) εξοντώνοντάς τους ή καθιστώντας τους ανίκανους να πολλαπλασιαστούν. Για να είναι αποδοτική η ακτινοβολία UV θα πρέπει να έχουν αφαιρεθεί σε υψηλά ποσοστά από τα απόβλητα τα αιωρούμενα στερεά, ώστε να μην παρεμβάλλονται μεταξύ της πηγής της ακτινοβολίας και των μικροοργανισμών (Νταράκας, 2014 ; US EPA, 2004)

2.11. Κυκλική Οικονομία και Υγρά Απόβλητα

Η Οδηγία-πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, "*για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων*" (Οδηγία 2000/60/ΕΕ) παρέχει κίνητρο για την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων απαιτώντας την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των υδάτων (Mayer, 2011 ; Sgroi et al, 2018).

Επιπλέον, με την υιοθέτηση της δέσμης κυκλικής οικονομίας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2015, ο στόχος για την αύξηση της επαναχρησιμοποίησης των πόρων έγινε ακόμη πιο συγκεκριμένος (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^{α,β,γ,δ}), για:

- Να προτείνει νομοθεσία για τον καθορισμό ελάχιστων απαιτήσεων για επαναχρησιμοποίηση νερού για άρδευση και επαναφόρτιση υπογείων υδάτων.
- Την προώθηση της ασφαλούς και οικονομικά αποδοτικής επαναχρησιμοποίησης των υδάτων, συμπεριλαμβανομένης της καθοδήγησης σχετικά με την ενσωμάτωση της επαναχρησιμοποίησης των υδάτων στον προγραμματισμό και τη διαχείριση, την ενσωμάτωση των βέλτιστων πρακτικών στις σχετικές «Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές» (BREFs) και στην στήριξη της καινοτομίας Partnership and Horizon 2020 και των επενδύσεων .

Οι αρχές της "κυκλικής οικονομίας" οδηγούν σε μια έννοια κλειστού βρόχου, όπου οι πόροι του συστήματος, η ενέργεια και τα υλικά επαναχρησιμοποιούνται πολλές φορές (ακόμη και αν πρόκειται για διαφορετικούς σκοπούς) με την ελάχιστη επεξεργασία που απαιτείται για κάθε μεταγενέστερη χρήση (Mathews and Tan, 2011 ; Jonathan Wilcoxa et al., 2016).

Μελέτες που έχουν γίνει κατά το παρελθόν, έχουν βοηθήσει στην ανάπτυξη τεχνολογιών για την ανάκτηση νερού και άλλων συστατικών από τα λύματα (π.χ. θρεπτικά συστατικά, ενέργεια, υλικά, κλπ.). Αυτά τα υλικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε διάφορα βιομηχανικά, αστικά και γεωργικά περιβάλλοντα. Έχουν προταθεί τεχνολογίες για την ανάκτηση νερού κατάλληλο για ψύξη και υλικών, όπως το υδροξείδιο του σιδήρου, ο φερρίτης, τα μέταλλα σπανίων γαιών, το θείο και το θειικό οξύ που βρίσκουν βιομηχανικές εφαρμογές.

Οι νέες πολιτικές που βασίζονται στην έννοια της κυκλικής οικονομίας μπορούν να οδηγήσουν σε ένα πιο βιώσιμο μοντέλο στη διαχείριση των λυμάτων με μια ενισχυμένη ανάκτηση πόρων. Όπως υπογραμμίστηκε από τα ιστορικά γεγονότα και την εξέλιξη των συστημάτων αποχέτευσης, η επεξεργασία των λυμάτων από τις αρχές του 20ού αιώνα μέχρι σήμερα παρουσιάζει κυκλική τάση. Τα αποκεντρωμένα συστήματα υιοθετήθηκαν για πρώτη φορά λόγω της κατανομής του πληθυσμού και της απουσίας συστημάτων

συλλογής, ενώ από τα μέσα του 19ου αιώνα κυριαρχούσαν τα συγκεντρωτικά συστήματα με τεράστια οφέλη τόσο για το περιβάλλον όσο και για την υγεία.

Σύμφωνα με την προσέγγιση της κυκλικής οικονομίας, η έννοια του διαχωρισμού και η επεξεργασία των λυμάτων, ανάλογα με των παραγωγό, δεν φαίνεται να είναι βιώσιμη. Τα συστήματα αποκεντρωμένης επεξεργασίας, βασισμένα στην προσέγγιση της πηγής, που συχνά υιοθετούνται στις αναπτυσσόμενες χώρες, είναι καταρχήν πιο βιώσιμα από τα συγκεντρωτικά συστήματα. Τα επεξεργασμένα λύματα μπορούν να διατεθούν στο περιβάλλον παραγωγής με μικρότερες επενδύσεις. Ορισμένες από αυτές τις αποκεντρωμένες λύσεις μπορούν να εφαρμοστούν και στις βιομηχανικές χώρες, παρόλο που ενδέχεται να απαιτήσουν επανάσταση στον καθημερινό τρόπο ζωής. Ωστόσο, απαιτείται περισσότερη έρευνα για την ανάπτυξη βιώσιμης διαμόρφωσης και φυσικής κλίμακας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας (Tchnobanoglous et al, 2013 ; Cambridge Econometrics et al., 2014 ; Theregowda. et al, 2016 ; Gikasa et. al., 2017 ; Kacprzak et. al., 2017).

Η κοινωνία συνηθως αποβλεπει στις κρατικές προσπάθειες για τη διαχείριση της επαναχρησιμοποίησης των υδάτων. Το γεγονός ότι όλα αναλαμβάνονται από το Κράτος, οδηγεί σε περιορισμένη ανάκτηση πόρων από τα λύματα, και καθώς παγκοσμίως έχουν εφαρμοστεί οι πιο σημαντικές μεθοδολογίες κυρίως για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού, ακόμη η έκταση της χρήσης είναι περιορισμένη. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, η έλλειψη χρηματοδότησης αποτελεί το κύριο εμπόδιο για την ευρεία εφαρμογή της πρακτικής επαναχρησιμοποίησης νερού και ανάκτησης υδατικών πόρων, αλλά και προβλήματα που σχετίζονται με την αποδοχή από τις κοινωνίες (Angelakis et. al., 1999 ; Fereres, Goldhamer and Parsons, 2003 ; Cambridge Econometrics et al., 2014 ; Woltersdorf L. et al, 2018).

Μια πρόσφατη μελέτη ανέφερε αρκετές συνεντεύξεις από τους κύριους παράγοντες της περιοχής των Βορειοδυτικών Ηνωμένων Πολιτειών, που αντιπροσωπεύουν ένα προοδευτικό πληθυσμό που αντιμετωπίζει αυστηρούς κανονισμούς ποιότητας των υδάτων. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι ο οικονομιικός παράγοντας ήταν πραγματικά το κύριο εμπόδιο στην εφαρμογή/επέκταση της έννοιας της ανάκτησης υδατικών πόρων και ότι από τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι δύσκολο να δημιουργηθούν έσοδα που θα συντηρούσαν ένα σύστημα ανατροφοδότησης. Δύο

μελέτες περιπτώσεων χρησιμοποιήθηκαν για να εξηγήσουν το πώς η οικονομία μπορεί να οδηγήσει την εφαρμογή της ανάκτησης πόρων μέσα από λύματα. Και στις δύο αυτές μελέτες, οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας υιοθέτησαν γενικά μια προσέγγιση αξιολόγησης των επιχειρηματικών περιπτώσεων που σχετίζεται με την ανάκτηση φωσφόρου από τα λύματα για την άμεση οικονομική αξιοποίηση του, και την έμμεση εξοικονόμηση κόστους μέσω της μειωμένης συντήρησης. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ανάκτηση πόρων είναι ένα απαραίτητο μελλοντικό παράδειγμα για τη διαχείριση των υδάτων και ότι τα πραγματικά εμπόδια δεν είναι ανυπέρβλητα, αρκεί να εφαρμοστούν κατάλληλες μεθοδολογίες ανάκτησης και ενημέρωσης του κοινού (Mc Cornick, Hijazi and Sheikh, 2004 ; Marecos, 2007 ; Wilcox, 2016).

Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων δεν είναι καθιερωμένη πιθανώς λόγω θεσμικών, κοινωνικών και οικονομικών φραγμών. Η υιοθέτηση της κυκλικής οικονομίας το 2015 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα μπορούσε να οδηγήσει σε αποδοτική και βιώσιμη χρήση του νερού. Μια ολιστική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη όλους τους παράγοντες επαναχρησιμοποίησης (πολιτικοί, κοινωνικοί, οικονομικοί, τεχνολογικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες) απαιτείται για μια βιώσιμη εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης. Νέες πολιτικές που βασίζονται στην έννοια της κυκλικής οικονομίας μπορούν να οδηγήσουν σε μια "μεταβολή των παραδειγμάτων" που ξεκινώντας από την αρχή του διαχωρισμού στην πηγή, θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα πιο βιώσιμο μοντέλο διαχείρισης των λυμάτων με ενισχυμένη ανάκτηση πόρων (Mavraki, Sitara and Loukatos, 2005 ; Fereres and Soriano, 2007).

Μια μελέτη σχετικά με τη νομοθεσία για τα ύδατα που δημοσιεύθηκε το 2015 από την Ευρωπαϊκή Κοινοβουλευτική Υπηρεσία Έρευνας σημειώνει ότι, μολονότι η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να συμβάλει στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ξηρασίας και της λειψυδρίας, δεν υπάρχει σαφής λόγος ρύθμισης για την προώθηση της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων σε επίπεδο ΕΕ, διότι σε πολλές περιπτώσεις η επαναχρησιμοποίηση του νερού βοηθά κυρίως στην επίλυση προβλημάτων σε συγκεκριμένες περιοχές της ΕΕ αντί να συμβάλει σημαντικά στην αειφόρο διαχείριση των υδάτων σε ευρύτερους όρους (Mavraki, Sitara and Loukatos, 2005 ; Angelakis, 2006 ; Canella et al., 2016 ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^α ; Masullo A., 2017).

2.12. Αξιοποίηση Υγρών Αποβλήτων

Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ως στρατηγική, είναι ταυτόσημη με την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης. Η πολύ σοβαρή επίδραση των υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον συνίσταται στην ποιοτική υποβάθμιση υδατικών πόρων, στη ρύπανση ακτών και θαλασσών, σε διάφορες μολύνσεις με μεταφορά διαφόρων παθογόνων, στην υποβάθμιση αστικών, κυρίως, περιοχών και στη δημιουργία αισθητικών και άλλων προβλημάτων. Η συνεχής πληθυσμιακή αύξηση, οδηγεί σε ρύπανση και υποβάθμιση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων νερών. Η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων και οι περιοδικές ξηρασίες καθιστούν αναγκαία τη διερεύνηση και ανάπτυξη νέων πηγών νερού. Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων πρέπει να ενταχθεί σε ένα πλαίσιο δραστικών διαχειριστικών μέτρων, με σκοπό τον περιορισμό του κινδύνου των δυσμενών επιπτώσεων του στο περιβάλλον από την ασφαλή διάθεση σε άλλες χρήσεις (Metcalf and Eddy, 2007 ; Mosquera et al, 2016 ; Mc Carthy et al., 2016).

2.13. Επαναχρησιμοποίηση

2.13.1. Επαναχρησιμοποίηση Νερού

Οι μεγαλύτερες ποσότητες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων αφορούν την άρδευση γεωργικών εκτάσεων και κοινόχρηστων χώρων, τη βιομηχανική χρήση, κ.α.. Οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη πριν την διάθεση του επεξεργασμένου νερού είναι:

- Η προστασία της δημόσιας υγείας.
- Η προστασία τους περιβάλλοντος.
- Η προστασία των καλλιεργειών.
- Η κοινωνική αποδοχή.

Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο καλύτερος τρόπος επαναχρησιμοποίησης, καθώς αποτελεί μία νέα πηγή νερού στο ισοζύγιο των ελλειμματικών περιοχών, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού των αποδεκτών (πχ ευτροφισμός). Επιπλέον, το έδαφος τροφοδοτείται με θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, που βοηθούν στην ανάπτυξη της καλλιέργειας και ελαχιστοποιούν την ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων, συμβάλλοντας έτσι,

εκτός από την εξοικονόμηση νερού και στην οικονομία στην εφαρμογή των λιπασμάτων (Garcia and Pargament, 2015 ; Healy et al, 2016).

Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων στην περίπτωση που εφαρμοστεί σωστά, αποτελεί μία σύγχρονη κατεύθυνση με σαφή οφέλη. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα παρουσιάζονται παρακάτω:

- Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων συμβάλλει στην αειφόρο και ορθολογιστική διαχείριση των υδατικών πόρων, όντας απόλυτα συντεταγμένη με την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης.
- Το ανακτημένο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τη γεωργία, καθώς αποτελεί μόνιμη οικονομική πηγή νερού και δεν επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες.
- Το κόστος τριτοβάθμιας επεξεργασίας για σκοπούς επαναχρησιμοποίησης εκροών κοστολογείται χαμηλότερο από εναλλακτικές πηγές αρδεύσιμου νερού.
- Τα επαναχρησιμοποιούμενα λύματα περιέχουν χρήσιμα θρεπτικά συστατικά για τη γεωργία, όπως άζωτο και φώσφορο, που συνεπάγεται μείωση της χρήσης λιπασμάτων, αν και έχει αποδειχτεί πως η συνεισφορά σε αυτό είναι μικρή.
- Ιδιαίτερα σημαντική συμβολή στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και της ευημερίας, καθώς ενισχύει το αστικό περιβάλλον μέσω άρδευσης πάρκων κ.τ.λ..
- Μέσω της επαναχρησιμοποίησης πραγματοποιείται έλεγχος της υπεράντλησης υπογείων και επιφανειακών νερών.
- Μείωση ενεργειακού κόστους σε σχέση με την άντληση υπογείου νερού και την αφαλάτωση.
- Συμβάλλει στην ορθολογική κατανομή των πόρων γλυκού νερού σε περιοχές με λειψυδρία.
- Βελτίωση της ποιότητας και ποσότητας των επιφανειακών και υπογείων υδάτων.
- Προσαρμογή στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, καθώς αυξάνονται τα συνολικά αποθέματα πόσιμου νερού.

- Μείωση της συνολικής απόρριψης και κατ' επέκταση της απόρριψης θρεπτικών ουσιών στο περιβάλλον και της απώλειας γλυκού νερού στη θάλασσα και τους ευαίσθητους αποδέκτες.
- Αποφεύγεται η διάβρωση του εδάφους σε άνυδρες περιοχές από τον άνεμο, καθώς προκύπτει αύξηση της υδρόβιας ζωής και των ζωνών πρασίνου.
- Ενισχύεται το οικοσύστημα με τη συμβολή στη δημιουργία ρευμάτων υγρότοπων και λιμνών (Feres, Goldhamer, and Parsons, 2003 ; Garcia and Pargament, 2015).

Το επίτευγμα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα και πρέπει να εξεταστεί από την σκοπιά όλων των παραμέτρων. Συνεπώς όπως σε κάθε περίπτωση, έτσι και σε αυτήν, υπάρχουν περιορισμοί και εν δυνάμει κίνδυνοι που πρέπει να αναφερθούν. Παρά την ύπαρξη τεχνολογικά ανεπτυγμένων, προχωρημένων επεξεργασιών των υγρών αποβλήτων, η μακροχρόνια ασφάλεια του ανακτημένου νερού και η επίδραση του στο περιβάλλον δύσκολα διασφαλίζεται (Metcalf & Eddy, 2003 ; Fatta, Anayiotou and Papadopoulos, 2005 ; Marecos, 2007 ; Cannella S. et al, 2016).

Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι από την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι οι εξής:

- Απειλή για τη δημόσια υγεία και τη ρύπανση του περιβάλλοντος, που απορρέουν από τη μη ασφαλή πρακτική επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, λόγω έλλειψης σαφών οδηγιών και της τυπικής εφαρμογής τους.
- Ρύπανση των επιφανειακών νερών, εάν δεν γίνει σωστή διαχείριση.
- Πιθανή ρύπανση του υποκείμενου υπόγειου υδροφορέα, που μπορεί να χρησιμοποιείται ως πηγή πόσιμου νερού.
- Υψηλού κόστους διανομή και αποθήκευση, απόσταση μεταξύ περιοχών προσφοράς- ζήτησης.
- Πιθανότατα η επαναχρησιμοποίηση των εκροών να μην είναι οικονομικά εφικτή, λόγω απαίτησης για επιπλέον σύστημα διανομής.

- Αρνητική άποψη και κοινωνική αποστροφή ως προς την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων καθώς και προσβολή της κοινής αισθητικής.
- Επίδραση της ποιότητας του νερού, ιδιαίτερα των αλάτων, στο έδαφος και στα φυτά.
- Συστατικά στα επαναχρησιμοποιημένα υγρά απόβλητα που μπορεί να προκαλέσουν επικαθήσεις, διάβρωση και ανάπτυξη μικροοργανισμών
- Διασταύρωση αγωγών ανακτημένου και πόσιμου νερού.
- Οργανικές ουσίες στα ανακτημένα νερά με τοξική δράση.
- Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων μπορεί να είναι εποχιακή, με αποτέλεσμα την υπερφόρτωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και διάθεσης κατά την περίοδο υψηλών βροχοπτώσεων.
- Η χρήση ελεγχόμενων περιοχών που περιλαμβάνει ουδέτερες ζώνες, μπορεί να αυξήσει το κόστος χρήσης.
- Παρουσία ολικών διαλυμένων στερεών και νιτρικών.
- Φαινόμενα ευτροφισμού λόγω ύπαρξης αζώτου και φωσφόρου.
- Παρουσία αναδυόμενων ρύπων, όπως φάρμακα, ενδέχεται να επηρεάσουν την οικολογική και ανθρώπινη υγεία.
- Τα έσοδα από την παροχή νερού και τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας λυμάτων θα μειωθούν καθώς η ζήτηση του πόσιμου νερού για μη πόσιμες χρήσεις και η απόρριψη των υγρών αποβλήτων ελαττώνεται.

Τέλος, κατά την χειμερινή περίοδο που δεν γίνονται αρδεύσεις, θα πρέπει να παρέχεται εναλλακτική λύση διάθεσης και να καθορίζεται ο αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων. Εν κατακλείδι, η αποτελεσματική επεξεργασία των λυμάτων με στόχο την επιστροφή καλής ποιότητας νερού στη φύση είναι γενικά, μια σύνθετη και υψηλού βαθμού δυσκολίας διεργασία. Σε αυτό συντελούν δύο βασικοί παράγοντες: πρώτον, τόσο η μικροβιολογική, όσο και η χημική σύσταση των λυμάτων που δεν είναι καθορισμένες και δύναται να υπόκεινται σε μεγάλες διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα να μην ορίζεται πάντα μονοσήμαντα το είδος της βέλτιστης επεξεργασίας, και δεύτερον, οι τεράστιοι προς επεξεργασία όγκοι νερού που απαιτούν την κατασκευή και λειτουργία ενός μεγάλου έργου.

Κατά την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα οι διεργασίες καθαρισμού με την χρήση μεμβρανών και πιστεύεται ότι πολύ σύντομα, όταν οι τεχνολογίες αναπτυχθούν περαιτέρω, θα είναι εφικτή η παραγωγή υψηλής ποιότητας ανακυκλωμένου ύδατος προς πόση, σε προσιτό κόστος (Λυμπεράτος Γ., 2003 ; Brissaud, 2008 ; Coats and Wilson, 2017 ; Woltersdorf L. et al, 2018).

2.13.2. Αξιοποίηση Ιλύος

Η ιλύς από τις μονάδες επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων αποτελεί ένα σημαντικά ιδιαίτερο προϊόν και η ασφαλής διάθεση του απασχολεί σήμερα όλο το σύγχρονο κόσμο. Η παρούσα παραγωγή ιλύος στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης εκτιμάται σε 8 - 10 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Διακρίνουμε τέσσερις βασικές μεθόδους διάθεσης ιλύος:

- Απόρριψη στη θάλασσα.
- Απόρριψη σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ).
- Εφαρμογή σε αγροτική γη.
- Καύση.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι συνηθέστερες μέθοδοι είναι η διάθεση σε αγροτική γη ή σε ΧΥΤΑ. Η διάθεση στη θάλασσα τείνει να εγκαταλειφθεί. Η διάθεση σε αγροτική γη είναι η πλέον επιθυμητή μέθοδος από πλευράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Όσον αφορά την διάθεση της ιλύος στην γεωργία θα πρέπει να εξασφαλίζονται:

- περιορισμένη εισαγωγή βαρέων μετάλλων στην αγροτική γη,
- χαμηλή συγκέντρωση συνθετικών οργανικών ενώσεων στην ιλύ,
- ελάχιστη έως μηδενική έκθεση σε παθογόνους μικροοργανισμούς,
- προστασία των υπογείων και επιφανειακών υδάτων από την διασπορά της ιλύος στην επιφάνεια και
- η μη δημιουργία ενοχλητικών συνθηκών, όπως είναι τα οσμοαέρια.

Στη χώρα μας, η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η διάθεση σε ΧΥΤΑ στερεών απορριμμάτων, μετά από κατάλληλη επεξεργασία (συνήθως πύκνωση, αναερόβια χώνευση και αφυδάτωση). Η καύση έχει ως πλεονεκτήματα την ελαχιστοποίηση του όγκου, που τελικά οδηγείται σε ταφή, ενώ αποτελεί την ασφαλέστερη μέθοδο από

υγειονομική άποψη. Ωστόσο, οι ατμοσφαιρικές εκπομπές που παράγει, καθώς και το μεγάλο πάγιο κόστος των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, συχνά την καθιστά λιγότερο ελκυστική ή αποτρεπτική. Μία αξιόλογη προοπτική είναι η καύση (ξηραμένης) ύλης σε τσιμεντοβιομηχανίες (Λυμπεράτος, 2003 ; Bedbabis et al., 2014).

2.14. Στατιστικά Στοιχεία - Πρακτικές και Κανονισμοί σε ΕΕ και άλλες Χώρες

Η βασική στρατηγική που σήμερα ακολουθεί η ΕΕ στην διαχείριση των υγρών αποβλήτων είναι η επαναχρησιμοποίηση μετά από επεξεργασία και εξυγίανση. Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων βρίσκεται στις πρώτες προτεραιότητες. Η χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι αυξανόμενη σε χώρες με προβλήματα λειψυδρίας, ξηρασίας και ερημοποίησης, όπως είναι οι ΗΠΑ, η Αυστραλία το Ισραήλ και οι χώρες της Μεσογείου. Η χρήση κατευθύνεται κυρίως στην άρδευση και παρά τα προβλήματα που υπάρχουν, παρατηρείται μία τάση εκ μέρους του κοινού να αποδεχτεί αυτές τις εφαρμογές των λυμάτων.

Στις ΗΠΑ, στην Πολιτεία της Καλιφόρνια, το 70% των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων χρησιμοποιείται για κάλυψη αναγκών άρδευσης. Στο Ισραήλ, το 70 - 80% χρησιμοποιείται στην γεωργία. Στην Ιαπωνία, τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται για περιβαλλοντική αναβάθμιση, καθαρισμό χώρων υγιεινής, βιομηχανική χρήση και παραγωγή χιονιού. Στην βόρεια Ισπανία, 95.000 στρέμματα αρδεύονται με γκρι νερό. Στην Γαλλία 30 περίπου σταθμοί ΕΕΛ καλύπτουν τις ανάγκες άρδευσης 30.000 στρεμμάτων (αναλογία 1/1000). Στην Ιταλία το αντίστοιχο μέγεθος είναι τα 40.000 στρέμματα. Στην Κύπρο, που αντιμετωπίζει μεγάλο πρόβλημα λειψυδρίας συγκριτικά με άλλες χώρες της ΕΕ, παράγονται κάθε χρόνο 180 εκατομμύρια κυβικά μέτρα υγρών λυμάτων τα οποία επαναχρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς στην γεωργική παραγωγή.

Σε γενικές γραμμές όσον αφορά την Ευρώπη, δεν υπάρχει μία ενιαία νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Μόνο στην Οδηγία 91271/ΕΕ αναφέρεται ότι τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν κρίνεται σκόπιμο (Gergely et al, 2016 ; Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013).

Η βασική Οδηγία πλαίσιο που σήμερα ισχύει στην ΕΕ είναι η Οδηγία 2008/98/ΕΚ σχετικά με την ιεράρχηση των αποβλήτων και την σύνδεσή τους με τις διαδικασίες ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης (βλ. παραπάνω). Ο WHO (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας) προκειμένου για την χρήση των υγρών αποβλήτων θέτει τέσσερις προϋποθέσεις:

- ✓ **την επεξεργασία των λυμάτων,**
- ✓ **τον περιορισμό των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών,**
- ✓ **την επιλογή της μεθόδου για άρδευση**
- ✓ **και τον έλεγχο της έκθεσης του ανθρώπου σε παθογόνους μικροοργανισμούς.**

Παράλληλα έχει θέσει και αυστηρά μικροβιολογικά όρια (WHO, 1989 ; Healy, 2017).

Στην Γαλλία, τα κριτήρια του WHO έχουν επαυξηθεί από αυστηρούς κανόνες ως προς την προστασία των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Το ίδιο ισχύει για την Ιταλία η οποία πέρα από τα αυστηρά όρια για παθογόνους μικροοργανισμούς, έχει δώσει και τοπικό χαρακτήρα ως προς την χρήση του γκρι νερού. Η Ισπανία ακολουθεί επίσης έναν συνδυασμό εθνικών και διεθνών κανόνων, χωρίς όμως να θέτει τοπικά αυστηρότερες προϋποθέσεις. Εξάιρεση αποτελούν η Καταλονία και η Ανδαλουσία που ακολουθούν τα πρότυπα του WMO. Η Κύπρος τέλος, ακολουθεί τα πρότυπα του WMO και της Πολιτείας της Καλιφόρνια (Mara, 2008 ; Zorpas et. al., 2010 ; Healy, 2017).

Η Πολιτεία της Καλιφόρνια έχει θέσει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των κινδύνων πάσης φύσεως από την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων βάζοντας ως νούμερο ένα στόχο την εξάλειψη της έκθεσης του ανθρώπου σε βλαπτικούς παράγοντες. Διακρίνει την χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων σε απεριόριστη και περιορισμένη και θέτει ως υποχρεωτική την τριτοβάθμια επεξεργασία. Στην ίδια περίπου λογική βρίσκεται και η Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ, η οποία μέσω των κανονισμών και των οδηγιών που έχει εκδώσει, αντιμετωπίζει την επαναχρησιμοποίηση μέσα από διαδικασίες αυστηρής επεξεργασίας, περιοριστικών ορίων για περιεχόμενους μικροοργανισμούς και βλαπτικά ανόργανα και οργανικά συστατικά και θεωρεί υποχρεωτικό ένα πλαίσιο συνεχούς παρακολούθησης της ποιότητας της επεξεργασίας. Επίσης, ορίζει ελάχιστες αποστάσεις των εγκαταστάσεων από οικισμούς και φυσικά οικοσυστήματα (Bountoux et Courtois, 1996 ; US EPA, 2004 ; Samolada et Zabaniotou, 2014.; Garcia, 2015).

3^ο Κεφάλαιο

3.1. Στατιστικά Δεδομένα για την Περιφέρεια Κρήτης

Η Περιφέρεια της Κρήτης, περιλαμβάνει τις Περιφερειακές Ενότητες Ηρακλείου, Ρεθύμνου, Λασιθίου και Χανίων. Έδρα και πρωτεύουσα του νησιού είναι η πόλη του Ηρακλείου. Το νησί έχει έκταση 8335 τετρ. χλμ και αποτελεί το 6.3% της ελληνικής επικράτειας.

Στην Περιφέρεια Κρήτης ανήκουν επίσης τα μικρά νησιά Γαύδος, Ντία, Κουφονήσι, Γαιδουρονήσι, Χρυσή, Διονυσάδες, Σπιναλόγκα και Παξιμάδι. Η Κρήτη είναι το εγγύτερο σημείο της ευρωπαϊκής ηπείρου προς τον ισημερινό και απέχει σχεδόν το ίδιο από την ηπειρωτική ευρώπη, την Ασία και την Αφρική (110 χλμ).

Η Κρήτη βρέχεται από βορά από το Κρητικό Πέλαγος και από νότο από το Λυβικό Πέλαγος. Η Περιφέρεια Κρήτης φιλοξενεί το 5,4% του πληθυσμού της χώρας με αυξητική τάση, που σύμφωνα με την απογραφή του 2011 φτάνει τους 623.065 κατοίκους.

Μορφολογικά διακρίνεται σε τρεις ζώνες, αυτή με υψόμετρο 0 - 200 μέτρα, με υψόμετρο 200 - 400 μέτρα και άνω των 400 μέτρων. Τα 3/5 του νησιού έχουν υψόμετρα από 200 μέτρα και άνω. Η επιφάνεια του νησιού χαρακτηρίζεται από ορεινή διαμόρφωση με πολλές ενδιάμεσες μικρές κοιλάδες και φαράγγια χαρακτηριστικά μίας σύνθετης γεωλογικής ιστορίας. Το 41% του νησιού είναι ορεινοί όγκοι, το 33% είναι πεδιάδες και το 26% είναι ημιορεινό. Οι ακτές έχουν μήκος 1306 χλμ, και αντιστοιχούν στο 7,8% των ακτογραμμών της χώρας ενώ οι περισσότερο αξιοποιήσιμες παραλιακές ζώνες αντιστοιχούν στο 9% σε επίπεδο χώρας.

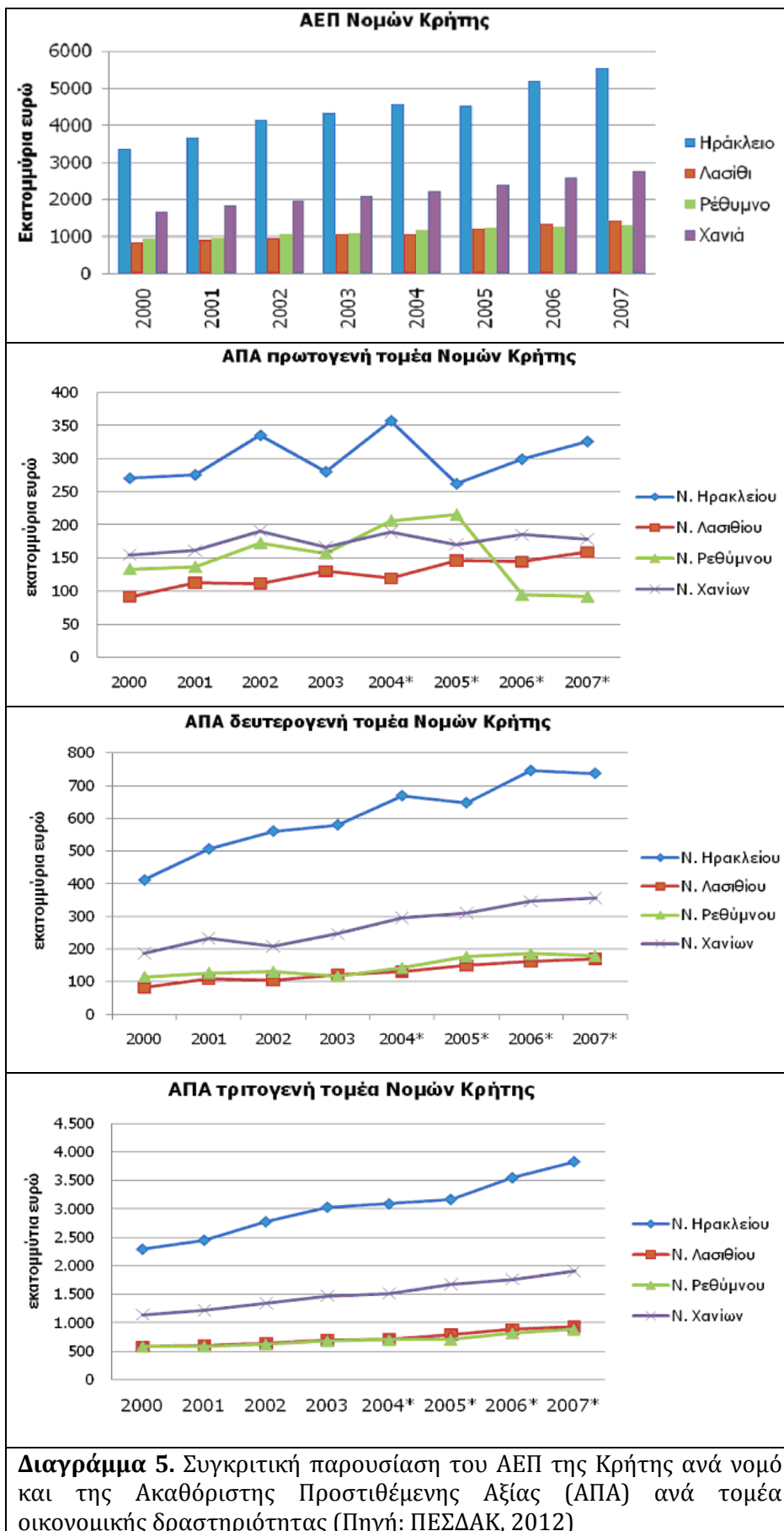
Για το 2008, το ΑΕΠ της Περιφέρειας Κρήτης έφτασε τα 11.641 εκατομμύρια ευρώ, αν και σήμερα έχει μειωθεί σημαντικά εξαιτίας της οικονομικής κρίσης. Πάρ' αυτά υπάρχει ένα πλούσιο δυναμικό ανάπτυξης που σήμερα βασίζεται κυρίως στον τουρισμό και τον

τριτογενή τομέα (78%). Ο πρωτογενής τομέας (8%) εξακολουθεί να εμφανίζει έντονη δραστηριότητα αλλά ακόμη δεν έχει ανακάμψει. Ο δευτερογενής τομέας υπολλείπεται στο νησί και σε σύγκριση με την υπόλοιπη χώρα, πιθανών διότι η Κρήτη στηρίζεται περισσότερο στην πρωτογενή παραγωγή και τον τριτογενή τομέα, όπου κυριαρχεί ο τουρισμός και η εστίαση (ΦΕΚ Β, 3465 / 8-12-2012 ; ΠΕΣΔΑΚ, 2012).

3.2. Κλιματικά Στοιχεία

Το κλίμα είναι ένα σύνολο φαινομένων και αποτελεί την μέση κατάσταση των συνθηκών καιρού που επικρατούν σε μία μικρότερη και ευρύτερη περιοχή. Βασικά στοιχεία του κλίματος είναι η επαναληψιμότητα και η περιοδικότητα των φαινομένων. Παράγοντες που διαμορφώνουν το κλίμα είναι η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, το γεωγραφικό πλάτος, το ύψος, το υψόμετρο, η κατανομή ξηράς και θάλασσας, η ύπαρξη εσωτερικών υδατοσυλλογών, η γεωμορφολογία, η κάλυψη του εδάφους, οι άνεμοι κ.λπ. (Αριανούτσου και άλλοι, 2003).

Η Ελλάδα τοποθετείται στο Βόρεια τμήμα της Εύκρατης Ζώνης του Βόρειου Ημισφαιρίου, στην Ανατολική Λεκάνη της Μεσογείου, μεταξύ του 32° και 42° παραλλήλου./ Βόρειου Γεωγραφικού Πλάτους και 19° - 29° παραλλήλων Ανατολικού Γεωγραφικού Μήκους (ΕΜΥ, 2014 ; Αριανούτσου, 2003).



Πίνακας 8. Οι Κλιματικές Ζώνες στην Ελλάδα (Πηγή: Αριανούτσου και άλλοι, 2003)		
Υψόμετρο	Περιοχές	Ποσοστό επί της χέρσου
0 – 200 μ	Πεδινές	32.8%
201 – 500 μ	Ημιπεδινές /	26%
501 – 1000 μ	Ημιορεινές	27.8 %
1001 – 1500 μ	Ορεινές	9.9%
1501 – 2000 μ	Υποαλπικές	3.5 %
> 2000 μ	Αλπικές	

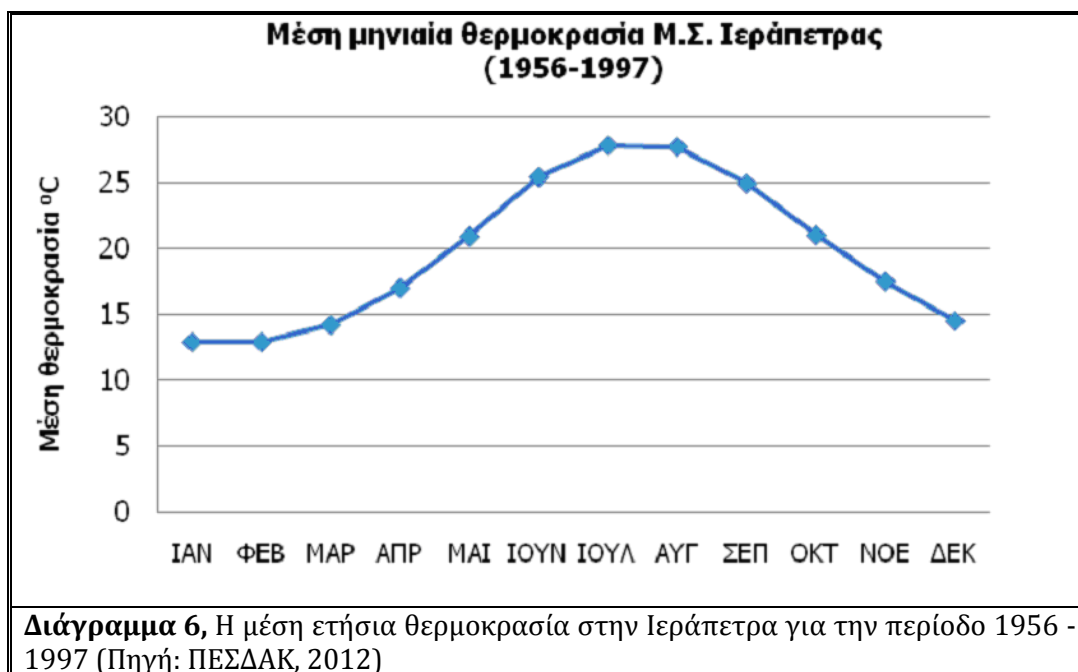
Παρουσιάζει μία μεγάλη διαβάθμιση κλιματικών τύπων και υποτύπων. Οι διαβαθμίσεις ποικίλουν από τύπους μεσογειακού έως αλπικού και υποτροπικού κλίματος. Ο κύριος τύπος κλίματος είναι το Έγκρατο Μεσογειακό Κλίμα με μεγάλες διαφοροποιήσεις από Νότο προς Βορρά και από Ανατολικά προς Δυτικά (από Βόρειο εύκρατο στον Έβρο έως υποτροπικό στη Νότια Κρήτη), οφειλόμενες και στο υψόμετρο, την γεωμορφολογία, την βλάστηση και τους υδάτινους όγκους που περιβάλλουν την χέρσου (Μεσόγειος Θάλασσα, Λυβικό Πέλαγος, Αδριατική, Αιγαίο Πέλαγος κ.λπ). Σύμφωνα με το σύστημα κλιματικής κατάταξης Köppen, το κλίμα της Ελλάδας περιγράφεται ως «...Csa, μεσογειακός τύπος κλίματος ή μεσόθερμος τύπος κλίματος με ξηρό και θερμό θέρος...», για υψόμετρα έως 1000 μέτρα. Για τις περιοχές με υψόμετρο άνω των 100 μέτρων, το κλίμα χαρακτηρίζεται ως «...Csb...».

Τα βασικά γενικά χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος είναι οι ήπιοι βροχεροί χειμώνες, τα θερμά έως ξηρά καλοκαίρια, η συγκέντρωση των βροχοπτώσεων σε ορισμένες περιόδους του έτους και μεγάλες περίοδοι ηλιοφάνειας (Ε.Μ.Υ., 2014 ; Αριανούτσου, 2003).

Σύμφωνα με το σύστημα κλιματικής κατάταξης Köppen, στην Ελλάδα επικρατεί ο κλιματικός τύπος Csa, που περιγράφεται ως κλίμα μεσογειακού τύπου ή "μεσόθερμος τύπος με ξηρό και θερμό καλοκαίρι", για υψόμετρα έως 1000 μέτρα. Για πάνω από τα 1000 μέτρα το κλίμα περιγράφεται ως Csb (Αριανούτσου, Γιαννίτσaros και Κουμπλή, 2003). Αντίστοιχα με το σύστημα Thornthwaite, η Ελλάδα χωρίζεται σε 29 κλιματικές περιοχές (Αριανούτσου και άλλοι, 2003).

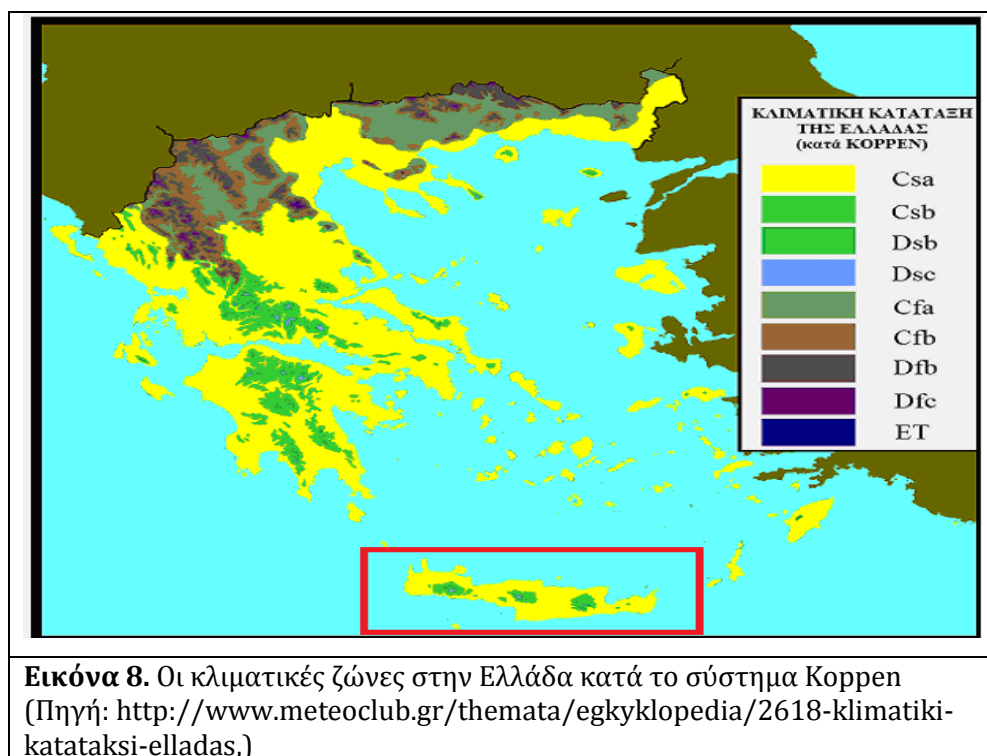
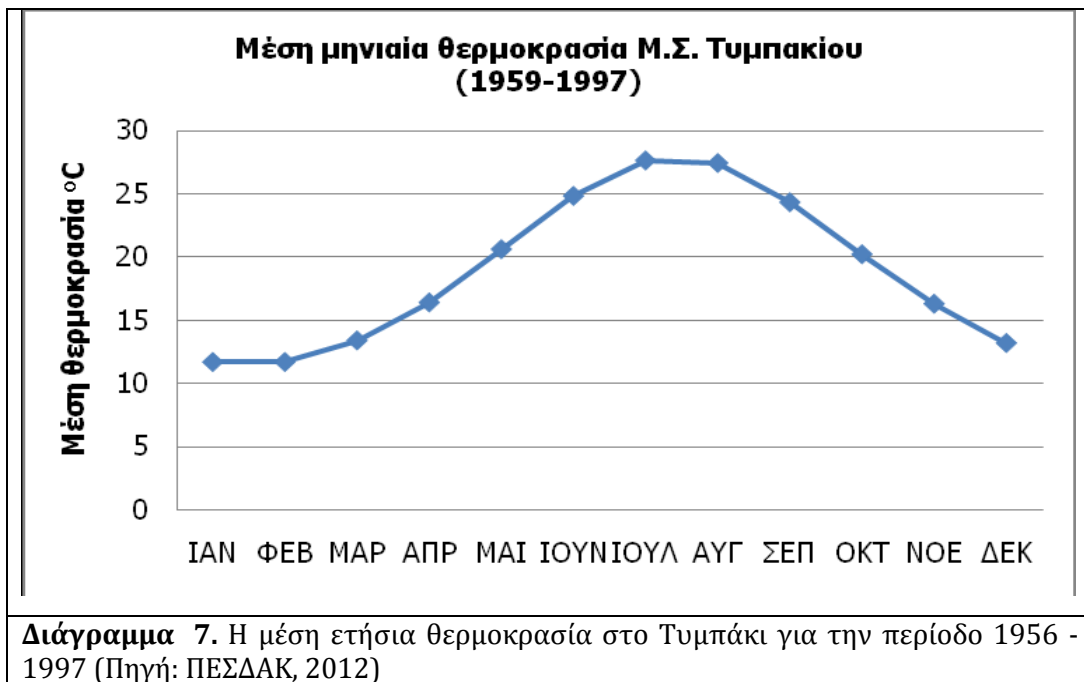
Σε όλη την Κρήτη, ο χρόνος ηλιοφάνειας είναι αρκετά υψηλός σε ετήσια βάση. Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί κατά μέσο όρο 2707 ώρες ηλιοφάνειας στο Ηράκλειο, 2765

ώρες στην Σολυδα, 2592 ώρες στο Ρέθυμνο και 2699 ώρες στην Σητεία. Στην περιοχή της νότια Κρήτης ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας σε ετήσια βάση είναι 10% μεγαλύτερος και φτάνει τις 3068 ώρες στην Ιεράπετρα και 2948 ώρες στον Τυμπάκι. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ιεράπετρα έχει τον μεγαλύτερο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας σε όλη την Ελλάδα.

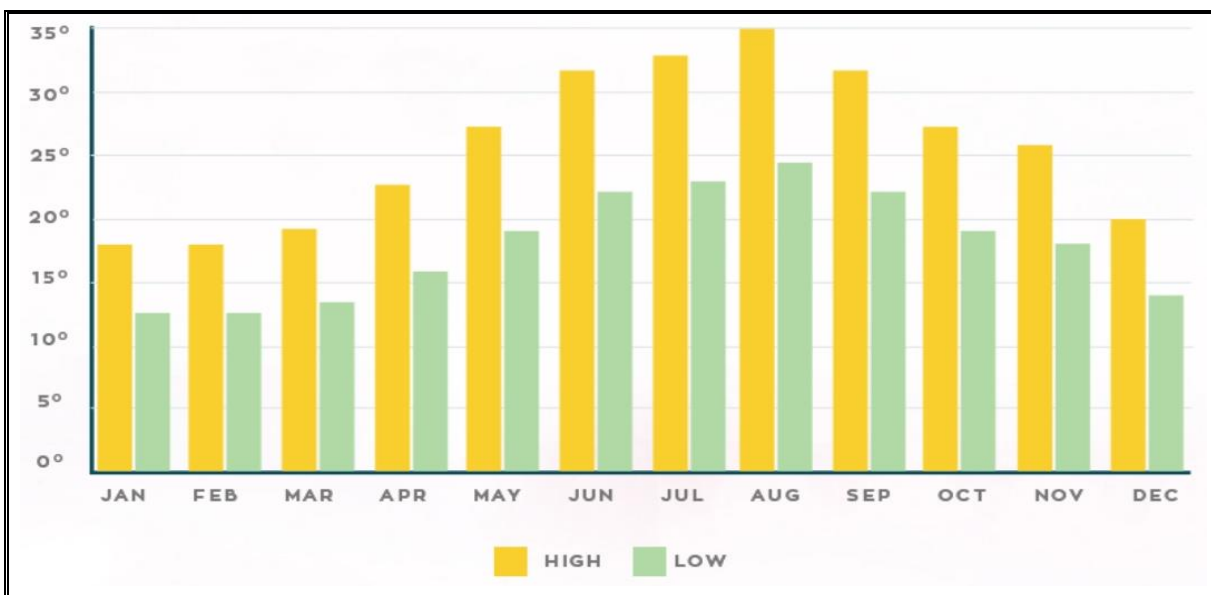


Οι νεφώσεις στην Κρήτη εμφανίζουν μία διακύμανση. Είναι 5/8 κατά τον μήνα Ιανουάριο, 0,6 - 1 / 8 τον Ιούλιο. Στην Κρήτη είναι σπάνια η εμφάνιση δροσοσταγόνων, δηλαδή δρόσου.

Όσον αφορά την Κρήτη, η θέση της και η γεωμορφολογία του εδάφους επηρεάζουν δραστικά το κλίμα της σε τοπικό επίπεδο. Το ανάγλυφό της έχει επιτρέψει την ανάπτυξη μεγάλης βιοποικιλότητας και δημιουργίας πολλών και διαφορετικών περιοχών και ενδιαιτημάτων με κλιματικά χαρακτηριστικά από ακραία μεσογειακά έως υποτροπικά.



Η ορεινή Κρήτη, έχει όλα τα χαρακτηριστικά Αλπικών περιοχών. Όλο το νησί προσφέρεται για τουρισμό κάθε είδους (παραθεριστικός τουρισμός, αγροτουρισμός, οικοτουρισμός, συνεδριακός τουρισμός, θεραπευτικός τουρισμός, αθλητικός τουρισμός κλπ) την καθιστά παράδεισο για τον λάτρη της φύσης και του εναλλακτικού τουρισμού.



Διάγραμμα 8. Μέσες τιμές μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών για την νήσο Κρήτη (μέσες χωρικές θερμοκρασίες) (Πηγή: <https://www.incrediblecrete.gr/el/climate/>)

Σε γενικές γραμμές, το κλίμα στην Κρήτη προσδιορίζεται ως εύκρατο μεσογειακό και στις ορεινές περιοχές εμφανίζει έντονα χαρακτηριστικά ηπειρωτικού τύπου κλίματος. Σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι από περιοχή εμφανίζονται μεγάλες αποκλίσεις. Το μέσο θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται στους 14 - 15 °C ενώ η ενδοχώρα εμφανίζει θερμότερες θερινές περιόδους και ψυχρότερους χειμώνες. Οι νότιες περιοχές του νησιού όμως έχουν θερμότερους χειμώνες και πιο ζεστά καλοκαίρια συγκριτικά με τις βόρειες περιοχές. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η Κρήτη βρίσκεται στο νοτιότερο σημείο της Ελλάδας, πιο κοντά στον ισημερινό, έχει μεγαλύτερη έκταση κατά μήκος παρά σε πλάτος και καλύπτει μεγάλο μέρος της γραμμής με την Αφρικανική Ήπειρο. Επηρεάζεται σε μεγάλο από το Λυβικό Πέλαγος και τους Αφρικανικούς ανέμους και την σκόνη.

Το κλίμα της Κρήτης είναι αρκετά πιο ήπιο συγκριτικά με της υπόλοιπης Ελλάδας καθώς ο χειμώνας ξεκινά από τα μέσα Δεκεμβρίου, και είναι ήπιος με ψυχρότερους μήνες τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο. Η πεδινές περιοχές είναι από τις πιο θερμές στην Ελλάδα και το ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού αποτελεί έναν

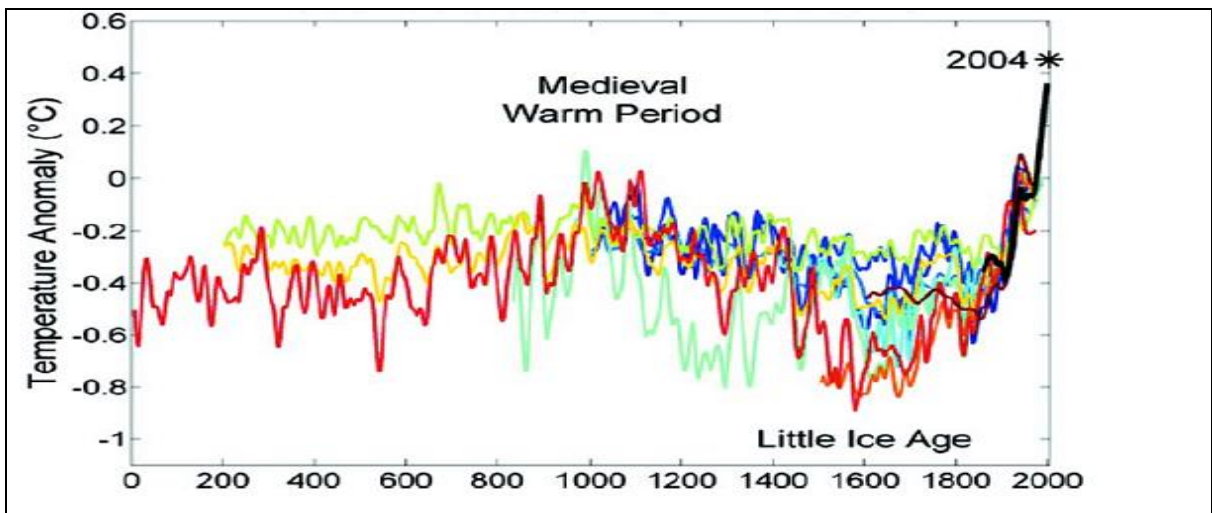
μεταβατικό τύπου μεταξύ του τυπικού μεσογειακού και του ερημικού κλιματικού τύπου, που συναντώνται στις ακτές της βόρειας Αφρικής. Αυτό φαίνεται και στα είδη βλάστησης. Τα φοινικοδάση στην Πρέβελη και το Βάι είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Σχεδόν όλο το έτος υπάρχει ικανοποιητική έως έντονη ηλιοφάνεια. Μεγαλύτερες εντάσεις καταγράφονται από τους μήνες Απρίλιο έως Οκτώβριο. Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, ακολουθώντας το γενικό πρότυπο που ισχύει στον Ελλαδικό χώρο. Το Κρητικό και το Λυβικό Πέλαγος που περιβάλλουν το νησί επηρεάζουν τις παράκτιες και εγγύς ηπειρωτικές περιοχές και με θαλάσσιες αύρες που προσφέρουν δροσιά ενώ οι άνεμοι είναι γενικά ήπιοι.

Ο υδρολογικός κύκλος στο νησί είναι ιδιαίτερος καθώς η παρουσία νεφώσεων είναι σχετικά μικρή και εμφανίζεται τάση μείωσης από δυτικά προς ανατολικά. Αντίστοιχα οι βροχοπτώσεις αυξάνονται από ανατολικά προς δυτικά και από την παράκτια προς την εσωτερική ηπειρωτική ζώνη. Για παράδειγμα, ενώ το νοτιοανατολικό άκρο της Κρήτης (Άγιος Νικόλαος, Ιεράπετρα) δέχεται σχετικά χαμηλές ποσότητες βροχής σε ετήσια βάση, η περιοχή των Λευκών Ορέων δέχονται έως και 200 mm βροχή ετησίως και έντονες χιονοπτώσεις, δηλαδή πολύ μεγαλύτερο μέγεθος συνολικών κατακρημνισμάτων. Αποτέλεσμα των παραπάνω, σε συνδυασμό με τις αυξημένες θερμοκρασίες, το γεωλογικό υπόστρωμα και την υπερεκκμετάλευση των υδατικών πόρων για γεωργικές δραστηριότητες είναι να εμφανίζονται έντονα φαινόμενα λυψειδρίας και ερημοποίησης σε διάφορες περιοχές (ΕΜΥ, 2014 ; <https://www.incrediblecrete.gr/el/climate/v.2018>).

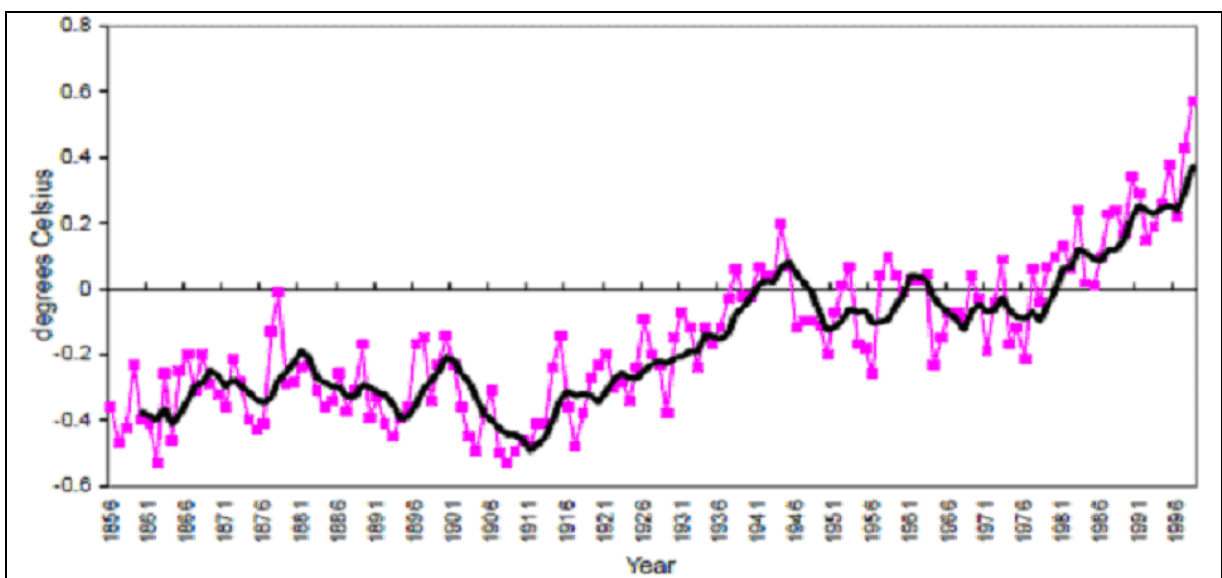
3.3. Η Κρήτη και η Κλιματική Αλλαγή

Η ευρωπαϊκή ήπειρος διανύει μία μεσοπαγετώδη περίοδο ή οποία ξεκίνησε πριν από 11.5×10^3 χρόνια κατά την Ολόκαινο εποχή. Οι κλιματικές συνθήκες που σήμερα κατά μέσο όρο επικρατούν στο πλανήτη, διαοφώθηκαν μέσα από μεγάλες χρονικές περιόδους προσαρμογής στην ηλιακή επίδραση και αλλαγές όσον αφορά το έδαφος, τον υδρολογικό κύκλο και την γεωμορφολογία.



Διάγραμμα 9. Οι μέσες χρονικές μεταβολές των τιμών του CO2 στην ατμόσφαιρα για τα τελευταία 2000 χρόνια (Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_record)

Οι αλλαγές στο κλίμα για τον Ελλαδικό χώρο σχετίζονται τόσο με την θέση της χώρας στο γήινο ημισφαίριο όσο και με την γεωλογική της διαμόρφωση, και την συνθεση της χλωρίδας και της πανίδας της. Οι εκτιμούμενες αλλαγές έχουν προκύψει μέσα από μαθηματικά μοντέλα ενώ ο χρονικός ορίζοντας προσδιορίζεται στο 2100, υπό την προϋπόθεση ότι δεν θα υπάρξουν μέτρα επιβράδυνσης του ρυθμού μεταβολής του κλίματος (Ouahrani and Merzouki, 2009 ; Κατσαφάδος και Μαυροματίδης, 2010 ; ΤτΕ, 2011 ; IPCC, 2007 ; Ortiz Rodomiro, 2008)



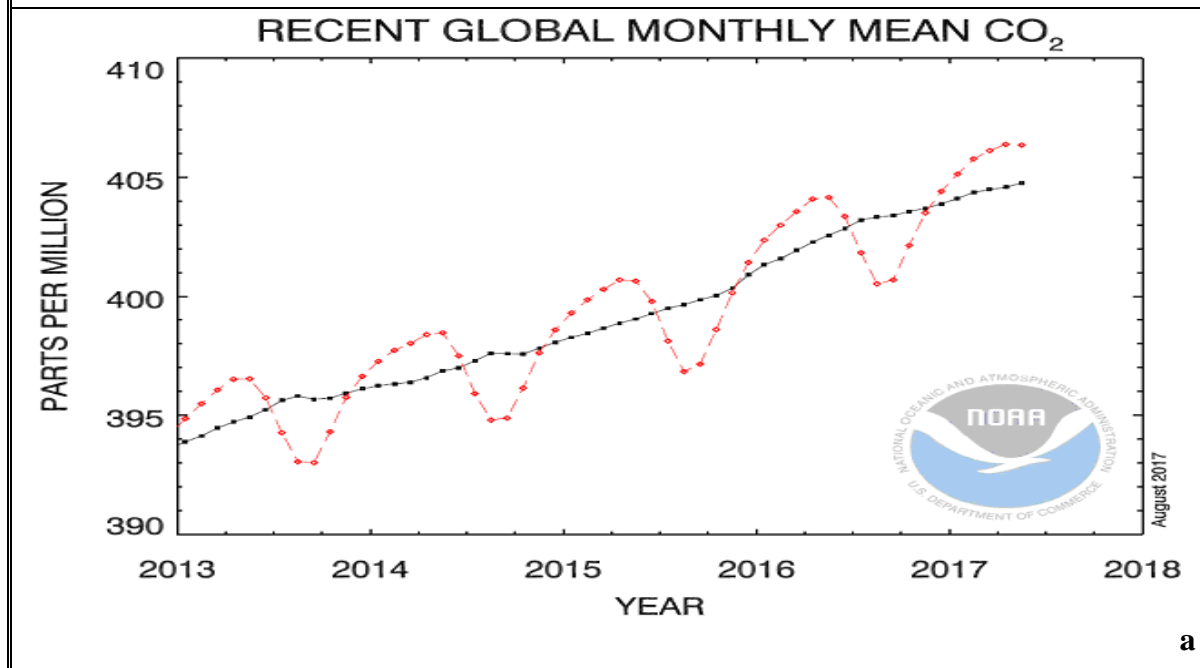
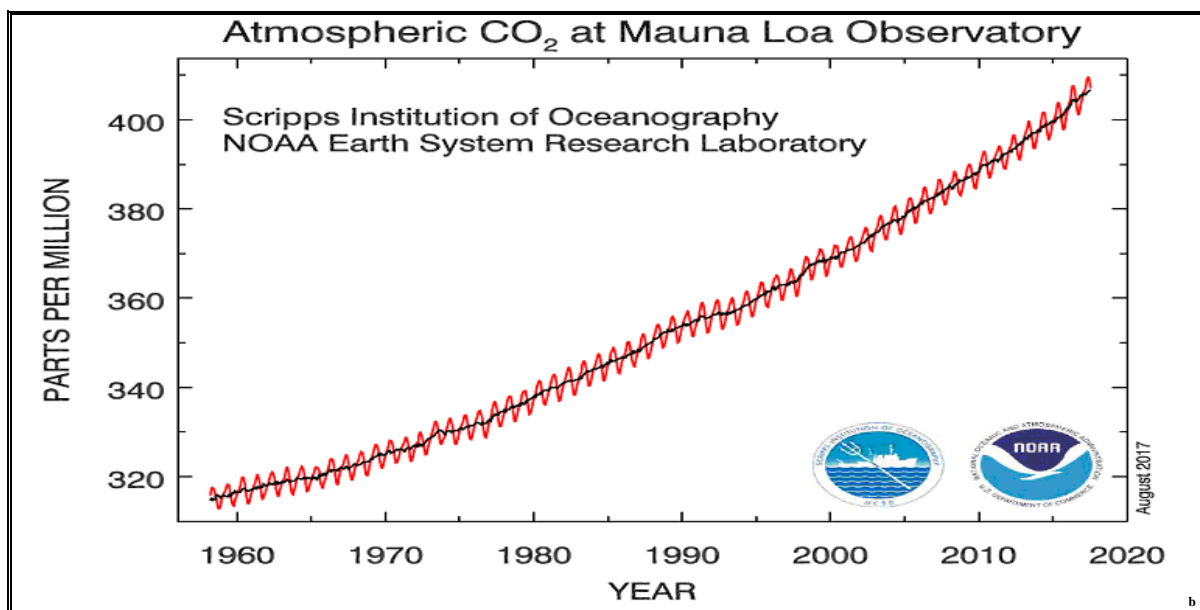
Διάγραμμα 10. Η θερμοκρασιακή μεταβολή κατά την περίοδο 1860 - 1998 που συνδέεται με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την εκτίμηση για άμεσες επιδράσεις στην κλιματική συμπεριφορά του πλανήτη. Το IPCC προβλέπει ότι μέχρι το 2100 θα υπάρξει αύξηση κατά μέσο όρο 4 C° (Πηγή: Jones et al, 1999 ; Viner and Agnew, 1999 ; IPCC, 2018).

Μέσα στις επιπτώσεις είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας στην ακτογραμμή, που μεσοσταθμικά υπολογίζεται σε 0.2 – 2 μέτρα. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα επιφέρει και επιτάχυνση της διάβρωσης των παράκτιων γεωλογικών σχηματισμών (IPCC, 2007 ΤτΕ, 2011 ; Χατζηγιαννακού Μαρία - Αγγελική, 2013).

Δεύτερη σημαντική αλλαγή που αναμένεται είναι η αύξηση της ανισοκατανομής των βροχοπτώσεων μεταξύ της δυτικής περιοχής (ομβροπλευρά) και της ανατολικής περιοχής (ομβροσκιά) της χώρας. Παρ'ότι τα τελευταία 100 χρόνια έχει παρατηρηθεί μία μεσοσταθμική μείωση των βροχοπτώσεων κατά 15% σε επίπεδο επικράτειας. Καθώς μόνο για τα τελευταία 50 περίπου χρόνια, κατέστη δυνατό να υπολογιστεί ποσοτική η ανθρωπογενής επίδραση, η μείωση αυτή αποδόθηκε κυρίως σε φυσικά αίτια. Οι προβλέψεις όμως, αναφέρουν ότι η αναμενόμενη μείωση των βροχοπτώσεων θα κυμανθεί από 5 – 19% συνολικά στην χώρα, και θα οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενείς αιτίες (IPCC, 2007 ; Ouahrani and Merzouki, 2009 ; ΤτΕ, 2011)

Αναμένεται ότι στην Δυτική Ελλάδα θα υπάρξει μείωση βροχοπτώσεων της τάξης του 20%, ενώ στην ανατολική ηπειρωτική χώρα και την Κρήτη αναμένεται να προστεθούν από 20 – 40 ημέρες ακραίων υψηλών θερμοκρασιών με ανάλογη αύξηση του κινδύνου πυρκαγιάς εξαιτίας της αυξημένης ξηροθερμίας (χαμηλή έως μηδενική υγρασία αέρα και υψηλή θερμοκρασία). Οι επιπτώσεις από την άνοδο της θερμοκρασίας, αναμένεται να είναι μεγαλύτερες στην Πελοπόννησο, στην Ανατολική Ελλάδα και την **Κρήτη**. Στην Δυτική Ελλάδα, οι επιπτώσεις θα είναι μικρότερες γιατί η ξηροθερμικότητα αντισταθμίζεται από το συγκριτικά μεγαλύτερο ποσοστό κατακρημνισμάτων, σε ποιοτικά και ποσοτικά μεγέθη (ΤτΕ, 2011).

Η αύξηση των θερμών ημερών σε βάρος των ψυχρών, αναμένεται να μειώσει το κόστος για θέρμανση στις πεδινές περιοχές όμως αναλόγως αναμένεται να αυξήσει το κόστος για ψύξη (κλιματισμός), γεγονός που μεταφράζεται σε μεγαλύτερες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας άρα και για ζήτηση πρώτων υλών για την παραγωγή της (ΤτΕ, 2011). Η αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη συνδέεται άμεσα με την αύξηση των θερμών ημερών και νυκτών του έτους. Για την Ελλάδα, και ειδικά για τις πιο θερμές περιοχές, αναμένεται να αυξηθούν σε ετήσια βάση, οι νύτες με μέση θερμοκρασία πάνω από 20 °C, ένα σημείο ιδιαίτερα σημαντικό για την Κρήτη.



Διάγραμμα 11. Μεταβολή κατά μέση μηνιαία τιμή του CO₂, με βάση τις μετρήσεις του σταθμού Mauna Moa της Χαβάης (a, b). Η πρόβλεψη για το 2020 είναι αυξητική. Η μεταβολή του CO₂ από το 2013 με πρόβλεψη έως το 2018, σύμφωνα με τα στοιχεία του σταθμού μέτρησης Mauna Loa της Χαβάης (από 7/8/2017) δείχνει μέση τιμή 406,36 ppm για τον Μάιο του 2017 από 404,16 ppm που ήταν τον Μάιο 2016 (b) (Πηγή: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html>)

Η αύξηση της θερμοκρασίας θα επιφέρει και **παράταση της βλαστητικής περιόδου** κατά 15 – 35 ημέρες. Αυτή η πρόβλεψη είναι ιδιαίτερα σημαντική για περιοχές που σήμερα έχουν περιορισμένη βλαστητική περίοδο και ανάλογη σύνθεση της χλωρίδας τους. Επομένως, μεταβολή των θερμοκρασιακών ορίων πιθανών να προκαλέσει και φαινολογικές προσαρμογές και μεταβολές στην βιοποικιλότητα μέσω διεύδυσης ειδών

από όμορες περιοχές, που μέχρι σήμερα εμποδίζονταν από το θερμοκλίνας (ΤΤΕ, 2011 ; Χατζηγιαννάκου, 2013).

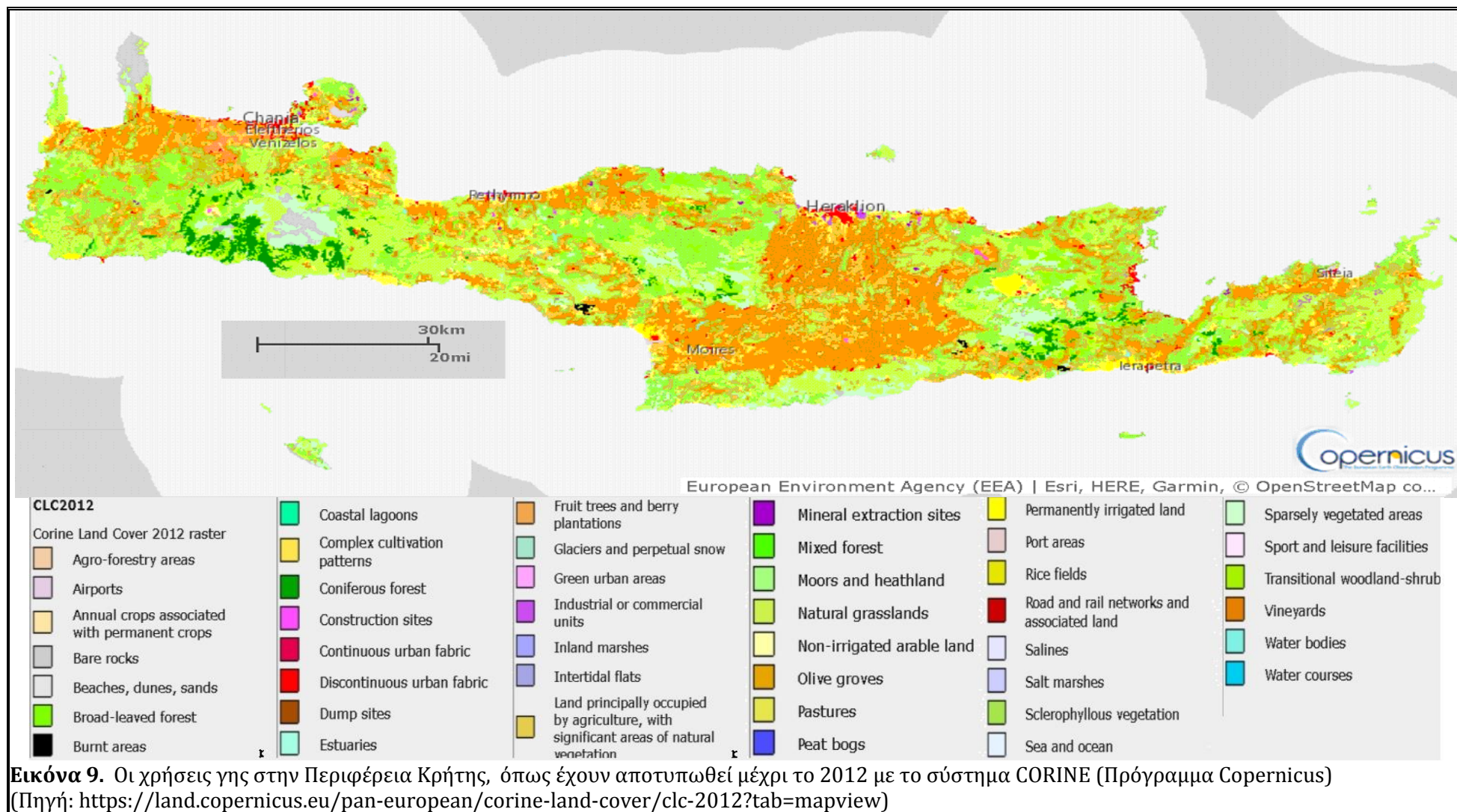
Όπως σε όλα σχεδόν τα μέρη του κόσμου έτσι και στη Κρήτη, οι κλιματικές αλλαγές έχουν ξεκινήσει να δείχνουν έντονα την επίδρασή τους, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αυτό της ερημοποίησης των ορεινών περιοχών του νησιού, οι οποίες «απογυμνώνονται» και μοιάζουν με σεληνιακά τοπία. Τα τοπία αυτά, εντούτοις, είναι σημαντικοί θύλακες βιοποικιλότητας, με ορισμένα είδη να έχουν προσαρμοσθεί και επιβιώσει σε αυτό το περιβάλλον και μάλιστα, να βρίσκονται μόνο εκεί και πουθενά αλλού σε όλο τον κόσμο (ΕΜΥ, 2014 ; <https://www.incrediblecrete.gr/el/climate/v>).

3.4. Χρήσεις Γης στην Κρήτη

Κρήτη Η σημαντικότερες ενασχολήσεις στην Κρήτη είναι η Πρωτογενής Παραγωγή και ο Τουρισμός. Σε μεγάλο μέρος της επιφάνειας του νησιού ασκείται ελαιοκομική δραστηριότητα, ενώ σχεδόν σε όλη την παραλιακή ζώνη είναι ανεπτυγμένες τουριστικές μονάδες ποικίλης δυναμικότητας.

Οι γεωργικές εκτάσεις της Κρήτης αντιπροσωπεύουν το 37,8% της επιφανείας της, ποσοστό σημαντικά μεγαλύτερο από τον μέσο όρο για άλλες ελλαδικές περιοχές. Από αυτές τις εκτάσεις το 44% βρίσκεται στην ΠΕ Ηρακλείου και το μικρότερο ποσοστό 17% στην ΠΕ Χανίων. Η Κρήτη ανήκει στο Υδατικό διαμέρισμα GR13 και το υδατικό της δυναμικό είναι ανισομερώς κατανομημένο.

Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις της Κρήτης αντιστοιχούν στο 7,4 % των καλλιεργούμενων εκτάσεων της χώρας. Η Κρήτη είναι το πρώτο ελαιοπαραγωγό νησί, καθώς παράγει το 33% του ελαιολάδου της χώρας, είναι 3η στην παραγωγή εσπεριδοειδών (10% εθνικής παραγωγής) 3η στην παραγωγή πατάτας (11% της εθνικής παραγωγής και 6η στην παραγωγή τομάτας (6%). Στην Κρήτη υπάρχουν εκτεταμένες θερμοκηπιακές καλλιέργειες (Τυμπάκι κ.λπ), καλλιέργειες κηπευτικών, παραδοσιακών και υποτροπικών καρποφόρων φυτών και εκτεταμένη κτηνοτροφία (ΠΕΣΔΑΚ, 2014 ; ΕΛΣΤΑΤ, 2018).



Πίνακας 9. Εκμεταλλεύσεις και χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση αυτών, με διάκριση σε μεικτές, αμιγώς γεωργικές και κτηνοτροφικές, κατά περιφέρεια και νομό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2018)

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα							
	Σύνολο		Μεικτές		Αμιγώς γεωργικές		Αμιγώς κτηνοτροφικές	
	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	42674	1570	5241	791	37136	698	297	81
ΝΟΜΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	13251	429	1518	190	11663	200	70	40
ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΗΣ	13020	1087	4497	815	8044	134	479	137
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	20520	1017	4499	714	15811	233	210	70
ΣΥΝΟΛΑ	89465	4103	15755	2510	72654	1264	1056	329

Πίνακας 10. Εκμεταλλεύσεις με αρδευόμενες και αρδευθείσες εκτάσεις, κατά περιφέρεια και νομό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2018 εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα)

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΙ	Εκμεταλλεύσεις			Από αυτές με αρδευόμενες εκτάσεις			
	Σύνολο	Από αυτές με Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση	Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση	Εκμεταλλεύσεις	Συνολική Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση	Αρδευόμενη	Αρδευθείσ α
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	723007	714264	30169	484607	22893	13106	10386
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	42674	42416	962	31904	806	534	427
ΝΟΜΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	13251	13210	289	12021	267	183	170
ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΗΣ	13020	12668	398	9145	318	150	93
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	20520	20344	393	15979	340	216	179
ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΗΤΗΣ	89465	88638	2041	69049	1731	1082	868

Πίνακας 11. Κατανομή της χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης των εκμεταλλεύσεων, κατά βασικές κατηγορίες χρήσης, περιφέρεια και νομό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2018 εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα)

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΙ	Ετήσιες καλλιέργειες ⁽¹⁾		Αμπέλια και σταφιδάμπελα		Δενδρώδεις καλλιέργειες		Ελιές		Δενδρώδεις καλλιέργειες εκτός από ελιές		Λοιπές εκτάσεις ⁽²⁾		Μόνιμα λιβάδια και βοσκότοποι		Λοιπές εκτάσεις εκτός από μόνιμα λιβάδια και βοσκότοποι	
	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις	Εκμεταλλεύσεις	Εκτάσεις
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	291354	16169	131753	863	520813	8613	463889	7060	148806	1554	263546	9134	56787	7507	236911	1627
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	5337	76	16393	121	41597	717	41478	704	4802	13	11186	656	3231	644	9040	12
ΝΟΜΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	3300	20	4598	11	12673	210	12604	205	2304	5	4625	188	602	183	4301	6
ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΗΣ	1913	47	4673	12	12372	246	12335	237	1841	10	7107	782	4194	774	5113	8
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	2167	18	5250	12	20109	347	19669	310	6570	37	7524	640	3091	634	6062	7
ΣΥΝΟΛΟ ΚΡΗΤΗΣ	12717	161	30914	155	86751	1521	86086	1456	15517	65	30442	2266	11118	2235	24516	31

Πίνακας 12. Κατανομή γεωργικών και άλλων εκτάσεων στην Περιφέρεια Κρήτης, κατά Περιφερειακή Ενότητα και Νομό (σε χιλιάδες και χιλιάδες στρέμματα) (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2018)

ΝΟΜΟΣ / ΠΕΡΦΕΡΕΙΑΚ Η ΕΝΟΤΗΤΑ	Συνολική Γεωργική Έκταση		Χρησιμοποιούμενη Γεωργική Έκταση		Άλλες εκτάσεις					
	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση	Που δεν καλλιεργούνται		Δασικές		Λοιπές	
					Εκμεταλλεύσεις	Έκταση	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση	Εκμεταλλεύσεις	Έκταση
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	42,663	1,730	42,647	1,570	7,121	149	39	6	10,478	5
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	13,248	617	13,247	429	4,863	185	52	1	1,308	1
ΡΕΘΥΜΝΗΣ	13,019	1,134	13,013	1,087	1,812	45	41	0	5,876	2
ΧΑΝΙΩΝ	20,520	1,197	20,508	1,017	4,151	171	71	3	7,883	6
ΣΥΝΟΛΑ	89,450	4,678	89,415	4,103	17,947	550	203	10	25,545	15

4^ο Κεφάλαιο

4.1. Μεθοδολογία και Σχεδιασμός της Έρευνας

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, βασίστηκε σε δύο πυλώνες. Αναζητήθηκε ελληνική και διεθνής βιβλιογραφία από έγγυρες ακαδημαϊκές πηγές, σχετικά με την κυκλική οικονομία. Ειδικότερα, αναζητήθηκαν πληροφορίες σχετικά με εφαρμογές μεθόδων κυκλικής οικονομίας σε άλλες χώρες, προσανατολισμένες στην θεματολογία της διατριβής, δηλαδή την χρήση υγρών αποβλήτων στην αγροτική παραγωγή.

Διερυνήθηκε η υπάρχουσα βιβλιογραφία για την επεξεργασία αστικών λυμάτων και αναλύθηκαν τα σημαντικότερα στάδια. Αναζητήθηκαν νέες τεχνολογικές λύσεις και πιθανές προϋποθέσεις εφαρμογής αυτών στην Κρήτη.

Χρησιμοποιήθηκαν έγκυρες ιστοσελίδες και πηγές πληροφόρησης για την παρουσίαση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην Κρήτη (ΕΕΛ).

Η μεθοδολογία της έρευνας βασίστηκε :

- στην περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην Κρήτη ως προς τις εγκαταστάσεις ΕΕΛ.
- στην διερεύνηση των αναγκών του νησιών σε άρδευση για αγροτικές καλλιέργειες, που μπορούν να καλυφθούν από επεξεργασμένα υγρά απόβλητα ΕΕΛ.
- στην αναζήτηση ανάλογων εφαρμογών που έχουν γίνει στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες.
- στην διερεύνηση εργαστηριακών δεδομένων που διατίθεται από επίσημους φορείς, και αφορούν την ποιότητα των υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων των ΕΕΛ, και αξιολόγηση για την πιθανή καταλληλότητα τους για χρήση σε καλλιέργειες για κάλυψη αρδευτικών αναγκών.

- σε κατευθυντήριες γραμμές και οδηγίες που έχουν δοθεί από διεθνείς οργανισμούς και επίσημες Εθνικές και Διακρατικές Αρχές (T. Ahmad et al, 2017).

4.2. Μονάδες ΕΕΛ στην Περιφέρεια Κρήτης

Στην Κρήτη λειτουργούν σήμερα 19 Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), από τις οποίες οι 15 είναι μονάδες μεγάλης δυναμικότητας. Οι περισσότερες ΕΕΛ έχουν πολύ καλό επίπεδο ποιοτικής λειτουργίας. Μόνο ένας μικρός αριθμός αυτών δεν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί, αλλά συνολικά γίνεται προσπάθεια βελτίωσης των αποτελεσμάτων επεξεργασίας.

Τα δεδομένα των αποτελεσμάτων επεξεργασίας καταχωρούνται στην Εθνική Βάση Δεδομένων ΕΕΛ του ΥΠΕΚΑ και είναι διαθέσιμα στο κοινό, βάση της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την ελεύθερη διάχυση της περιβαλλοντικής πληροφορίας.

Στην Περιφέρεια Κρήτης η συλλογή, επεξεργασία και διάθεση των αστικών λυμάτων γίνονται σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ και την ΚΥΑ 5673/400/1997, σήμερα λειτουργούν συνολικά 19 ΕΕΛ όπως φαίνεται και έχουν καλυφθεί σε σημαντικό βαθμό, όλες οι ανάγκες οικολογικά ευαίσθητων και παράκτιων περιοχών. Υπάρχουν αρκετές μικρότερες μονάδες επεξεργασίας που δεν εμφανίζονται στη Βάση Δεδομένων Παρακολούθησης Λειτουργίας των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων του ΥΠΕΚΑ. Οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων της Κρήτης διαθέτουν κυρίως τα επεξεργασμένα λύματα σε επιφανειακά ύδατα. Σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις, τα επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση εκτάσεων(Σ.Μ.Π.Ε ΠΕΠ Κρήτης 2014-2020, 2014).

Στο Βόρειο Τμήμα του νησιού είναι οι περισσότεροι ΕΕΛ το οποίο είναι το πιο πυκνοκατοικημένο και βρίσκονται οι περισσότερες τουριστικές μονάδες. Στο νομό Χανίων βρίσκονται στην περιοχή της Κίσσαμου, στη Νέα Κυδωνία, στα Χανιά και στους Αρμένους. Στο νομό Ρεθύμνου έχουμε στο Ρέθυμνο, στο Πάνορμο, στο Μπαλί και στα Ανώγεια.

Πίνακας 13. Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων στο Υδατικό Διαμέρισμα 13 (Κρήτη)
(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx>)

α/α	Τοποθεσία	Κωδικός	Έναρξη Λειτουργίας / Λήξη Περιβαλλοντικών Όρων	Δυναμικότητα ΙΚ / Δ.Α. %
1	Άγιος Νικόλαος	GR 432001011	1-3-1990 / 11-3-220	25000 / 98
2	Ανώγεια	GR 4330020114	23-3-2010 / 23-7-2014	5000 / 98
3	Αρκαλοχώρι	GR 4310030119	?	6021 / 100
4	Αρμένιοι	GR 4340040117	1-6-2006 / 11-7-2026	2900 / 90
5	Αρχάνες	GR 4310040110	1-1-2002 / 30-3-2016	8400 / 100
6	Ελούντα	GR 43200103113	1-1-2000 / 31-1-2014	5000 / 42
7	Ηράκλειο	GR 43100101 GR43100701	22-4-1996 / 30-6-2020	164.000 / 100 30000 / 30
8	Ιεράπετρα	GR 432002013	1-4-2003 / 20-6-2012	25.700 / 98
9	Κίσσαμος	GR 4340130118	7-7-2010 / 6-6-2019	10.000 / 90
10	Μάλια	GR 431017018	1-1-2009 / 7-9-2022	26500 / 100
11	Μάταλα	GR 43102509112	1-7-2010 / 31-7-2008	10.000 / 100
12	Μπάλι	GR 43300408116	15-5-1989 / (δεν έχει υποβληθεί απόφαση)	4666 / 100
13	Νέα Κυδωνία	GR 434018035	16-3-2007 / 29-5-2023	60000 / 98
14	Πάνορμος	GR 4330041115	4-6-2007 / 26-9-2015	5000 / 100
15	Ρέθυμνο	GR 433001019	3-4-1995 / 26-9 -2024	126.200 / 98
16	Σητεία	GR 432008012	1-1-2001 / 21 - 10-2022	20000 / 100
17	Τυμπάκιο	GR 43100250111	1-7-2010 / 5-1-2008	10700 / 70
18	Χανιά	GR 43400001014	1-6-1995 / 21-5-2021	170000 / 99
19	Χερσόνησος	GR 431022616	18-6-2001 / 13-2-2018	40000 / 98

Στο νομό Ηρακλείου έχουμε στο Ηράκλειο, στις Αρχάνες, στη Χερσόνησο, στα Μάλια, στο Τυμπάκι και τα Μάταλα. Στον νομό Λασιθίου έχει στην Ελούντα, στον Άγιο Νικόλαο, στην Ιεράπετρα, και τη Σητεία.

Πίνακας 14. ΕΕΛ και ΕΚΚΡΟΕΣ στην Κρήτη (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx)			
α/α	Τοποθεσία	ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (συνολικά)	ΣΗΜΕΙΟ ΕΚΚΡΟΗΣ (ΑΠΔ)
1	Άγιος Νικόλαος	8	ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ
2	Ανώγεια	7	ΚΟΝΤΙΝΟ
3	Αρκαλοχώρι	-	ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ
4	Αρμένιοι	Άλλη επεξεργασία	ΚΟΝΤΙΝΟ
5	Αρχάνες	8	ΚΟΝΤΙΝΟ
6	Ελούντα	7	ΚΟΝΤΙΝΟ
7	Ηράκλειο	11	ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ
8	Ιεράπετρα	6	ΚΟΝΤΙΝΟ
9	Κίσσαμος	7	ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ
10	Μάλια	15	ΚΟΝΤΙΝΟ
11	Μάταλα	11	ΚΟΝΤΙΝΟ
12	Μπαλί	5	ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ
13	Νέα Κυδωνία	12	ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ
14	Πάνορμος	4 ?	ΚΟΝΤΙΝΟ
15	Ρέθυμνο	9	ΚΟΝΤΙΝΟ
16	Σητεία	9	ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ
17	Τυμπάκιο	12	ΚΟΝΤΙΝΟ
18	Χανιά	14	ΚΟΝΤΙΝΟ
19	Χερσόνησος	17	ΚΟΝΤΙΝΟ

Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι η πλειονότητα των συγκεκριμένων μονάδων δεν δέχονται και δεν επεξεργάζονται βιομηχανικά λύματα. Εντός της Βιομηχανικής Περιοχής Ηράκλειου υπάρχει ξεχωριστή μονάδα επεξεργασίας λυμάτων. Οι μοναδικές ΕΕΛ που δέχονται βιομηχανικά λύματα είναι η ΕΕΛ Χανίων (που δέχεται λύματα από βιομηχανίες παραγωγής αλκοολούχων ποτών, ζωοτροφών, κρέατος, μεταποίησης ιχθύων, και επεξεργασίας γάλακτος) και η ΕΕΛ Ρεθύμνου (που δέχεται λύματα από βιομηχανίες παραγωγής κρέατος και επεξεργασίας γάλακτος).

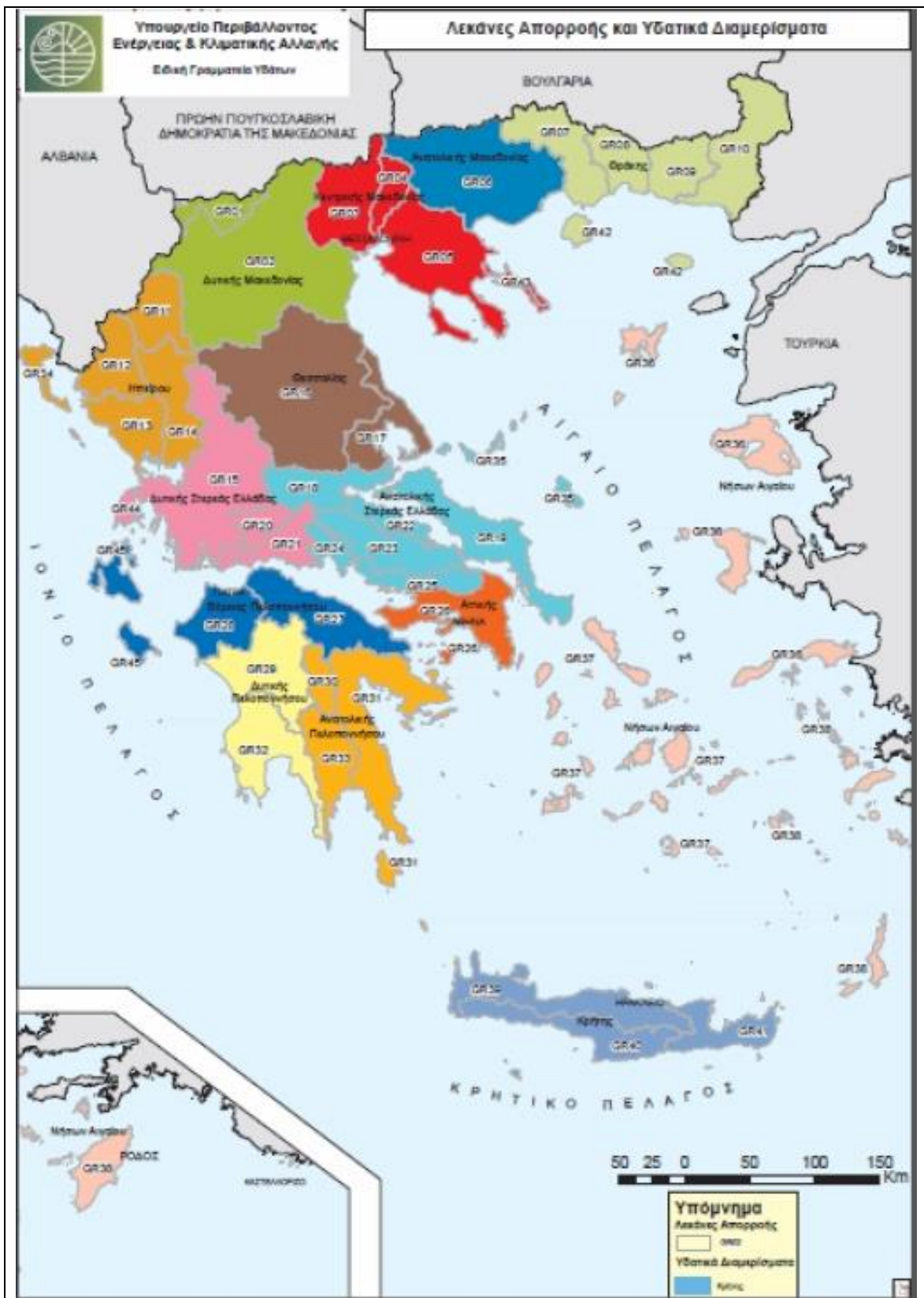
Οι περισσότερες ΕΕΛ έχουν ως αποδέκτη συνηθώς τη θάλασσα (Κίσσαμος, Νέα Κυδωνία, Χανιά, Αρμένιοι, Ρέθυμνο, Ηράκλειο, Άγιος Νικόλαος, Ιεράπετρα, Σητεία), ενώ οι ΕΕΛ (Χερσόνησου, Μάλιων, Ελούντας, Πάνορμου, Μπαλί, Τυμπάκι, Μάταλα και Ανώγεια) έχουν ως αποδέκτη το φυσικό έδαφος μέσω άρδευσης εκτάσεων με καλλιέργειες (πχ ελιές). Η ΕΕΛ Αρχάνων έχει ως αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων το υδατόρεμα. Η συνολική ποσότητα εκροής υγρών επεξεργασμένων λυμάτων είναι περίπου στα **35.000.000 m³/years** (astikalimata.ypeka.gr 2018).

Η ιλύς που παράγεται από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, οδηγείται κυρίως στους ΧΥΤΑ. Ενώ στο ΧΥΤΑ της Χερσονήσου λειτουργεί μονάδα ηλιακής ξήρανσης της λυματολάσπης που παραλαμβάνει και επεξεργάζεται την ιλύ των ΕΕΛ Χερσονήσου και Μάλιων. Η υγρασία της μειώνεται από το 80% στο 30% και στη συνέχεια ως σταθεροποιημένο υλικό χρησιμοποιείται για τις ανάγκες επικάλυψης των ΑΣΑ στο ΧΥΤΑ. Η συνολική ποσότητα εκροής Ιλύς των επεξεργασμένων λυμάτων είναι περίπου στα 3.800 tn DS/έτος(astikalimata.ypeka.gr, 2018).



Εικόνα 10. .Ηλιακη ξήρανση λυματολάσπης στην εγκατάσταση του ΧΥΤΑ Χερσονήσου.

Επιπλέον, υπάρχουν αρκετές μικρές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που εξυπηρετούν οικισμούς κάτω των 2000 ατόμων. Υπάρχουν οι μικρές ΕΕΛ όπως του Παλαιοκάστρου, Ζάκρου, Έξω Μουλιανών, Επισκοπής, Βραχόκηπου, Τυλίσου, Ασημίου, Βιάννου, Πλακιά κ.λπ. Στον μόνιμο πληθυσμό θα πρέπει να προστεθούν και οι ισοδύναμοι κάτοικοι που αντιστοιχούν στους μη μόνιμους κατοίκους (τουρίστες, επισκέπτες, επαγγελματική δραστηριότητα). Η μεγάλη διασπορά των ΕΕΛ στο νησί έχει αφήσει μόνο μικρούς μη εξυπηρετούμενους οικισμούς, οι οποίοι μάλιστα εμφανίζουν μεγάλη διασπορά. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με μικρές εγκαταστάσεις φυσικών συστημάτων διάθεσης των υγρών αποβλήτων από μικρούς οικισμούς, μειώνει πολύ την ένταση των ρυπαντικών φορτίων που απορρίπτονται στο περιβάλλον.



Εικόνα 11. Η κατανομή των Υδατικών Διαμερισμάτων στην Ελλάδα, Η Κρήτη ανήκει στο ΥΔ 13 (GR13) (Πηγή: ΥΠΕΚΑ, ΓΓΥ 2018 : <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=247&language=el-GR>)

Σημαντικό στοιχείο είναι η τάση ολοκλήρωσης των δράσεων που εμπίπτουν στις διατάξεις της Οδηγίας (αφορά όλους τους οικισμούς με πληθυσμό άνω των 2.000 ισοδύναμων κατοίκων). Στην Κρήτη και προκειμένου να επιτευχθεί συμμόρφωση με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ θα πρέπει να ολοκληρωθούν οι απαραίτητες υποδομές συλλογής και επεξεργασίας των οικισμών: Αγίας Βαρβάρας, Γουρνών και Κάτω Γουβών, Μοιρών και Ζαρού, Κρουσώνα, Καστελιού, Αγίας Πελάγιας, Νεάπολης, Γεωργιούπολης και Παλαιόχωρας.

Επίσης πρέπει να ολοκληρωθούν τα έργα στην ΕΕΛ Πάνορμου, καθώς και τα έργα συλλογής αστικών λυμάτων στους οικισμούς Γαζίου, Τυμπακίου, Σταλίδας, Ελούντας, Κίσσαμου και τα έργα αναβάθμισης της ΕΕΛ Ηρακλείου, ΕΕΛ Αγίου Νικολάου και ΕΕΛ Χερσονήσου (Σ.Δ.Λ.Α.Π. ΥΔ ΚΡΗΤΗΣ 2015).

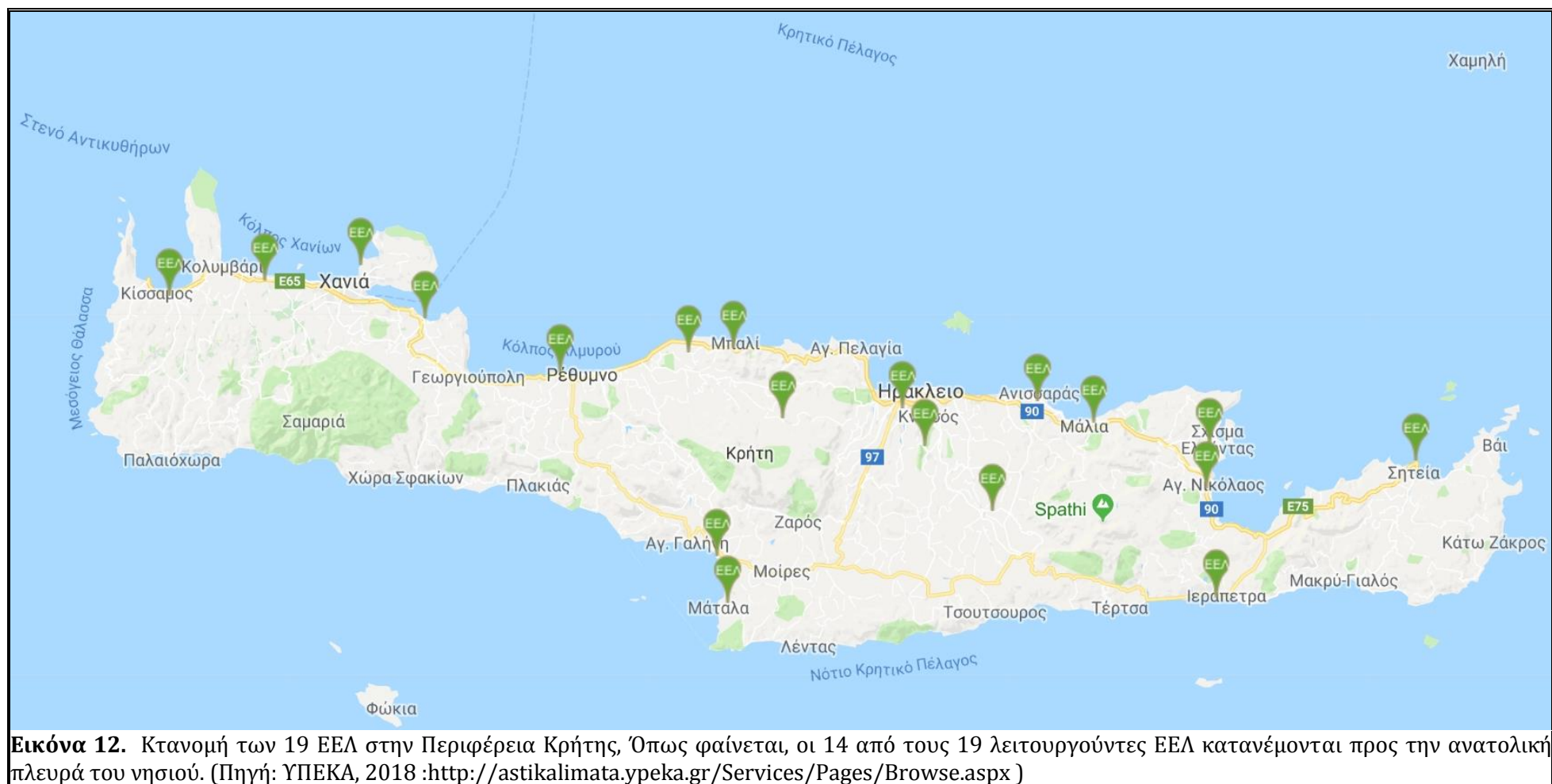
Η Κρήτη ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα 13. Γενικά αντιμετωπίζει κατά τόπου έντονα προβλήματα λειψυδρίας με πολλά επακόλουθα στον πρωτογενή και τριτογενή κυρίως τομέα (ΥΠΕΚΑ, 2018).

4.3. Υπάρχοντα Δεδομένα για την Διαχείριση, Αξιοποίηση και Απόρριψη Αποβλήτων ΕΕΛ στην Περιφέρεια Κρήτης

Από τις πληροφορίες που παρέχει η Εθνική Βάση Δεδομένων των ΕΕΛ, διαπιστώνεται ότι οι εκροές δεν χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Μάλλον πολύ περιορισμένες ποσότητες νερού, χρησιμοποιούνται για άρδευση.

Η λυματολάσπη στην αποξηραμένη κατάσταση, διατίθεται κυρίως σε ΧΥΤΑ και δεν χρησιμοποιείται.

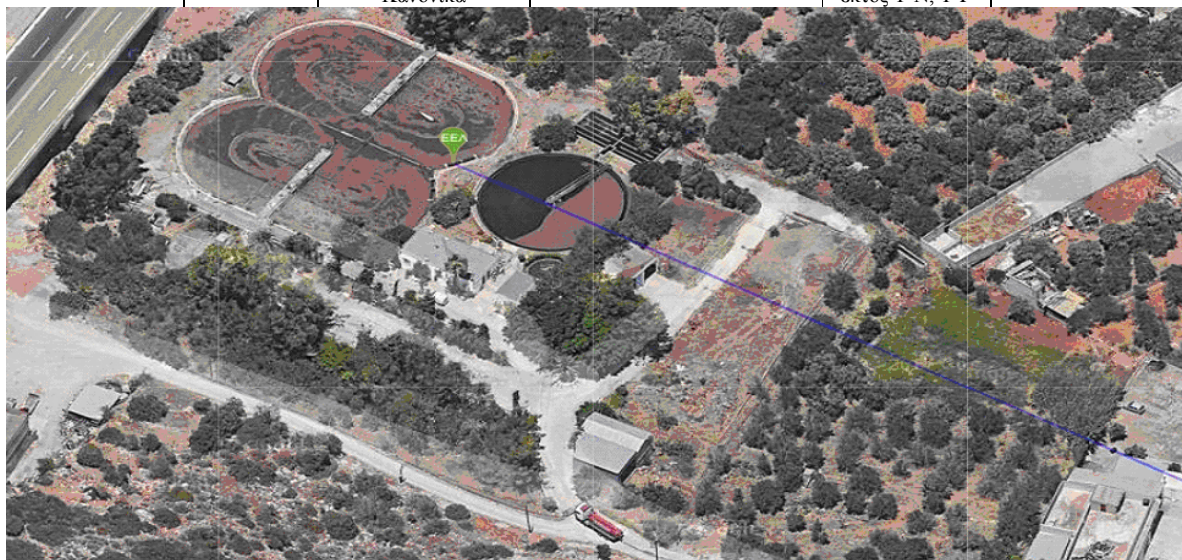
Από στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ διαπιστώνεται ότι στην Κρήτη (ΥΔ 13), στην περίοδο 2011 - 2015, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά $73.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού που προήλθε από φυσικούς υδροφορείς. Από αυτά τα 344.1 χρησιμοποιήθηκαν στον Κλάδο Γεωργίας - Δασοκομίας και Αλιείας, και τα 4.1 στην μεταποιητική βιομηχανία (ΕΛΣΤΑΤ, 2018 ; <http://www.ypeka.gr>, 2018).



Πίνακας 15. ΕΕΛ Αγίου Νικολάου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR432001011, 2018>)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
25000 + 8466	ΝΑΙ + βυτιοφόρα	ΟΧΙ	2700 / 5400	Χωριστικό	Θάλασσα / Απόρριψη
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
76000 /	76000 /	Ξηρή Στερεή / Κανονικά	20	ΝΑΙ εκτός T-N, T-P	2011 έως 2017



Πίνακας 16. ΕΕΛ Ανωγείων

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4330020114, 2018>)

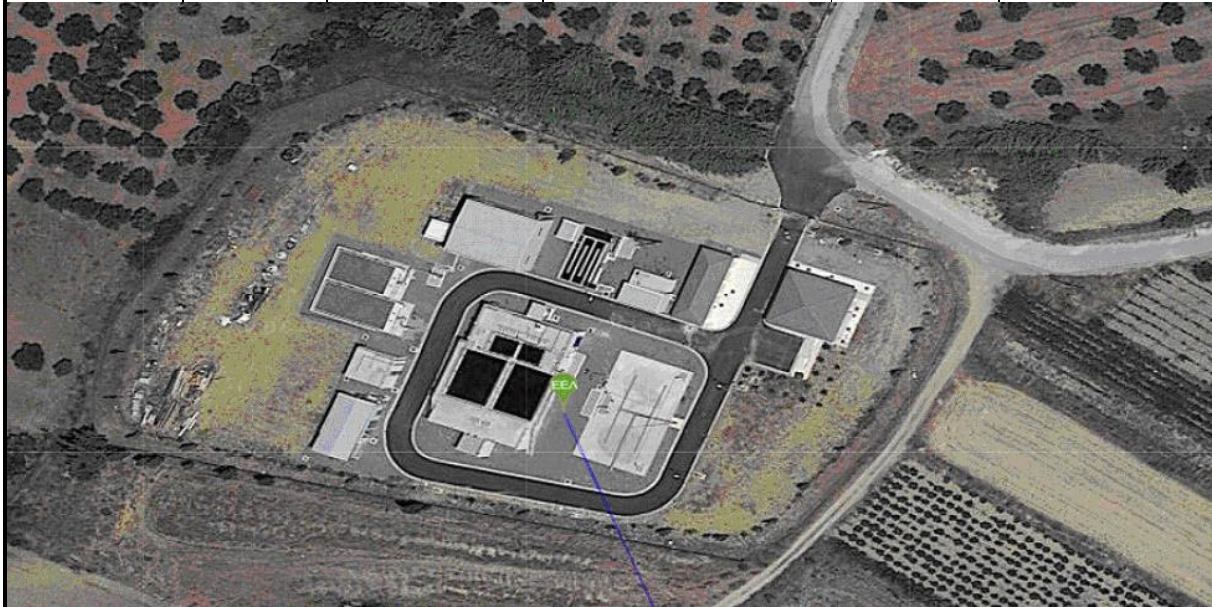
Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
2322 + 46	ΝΑΙ	ΟΧΙ	270 / -	Μικτό	Έδαφος / Αρδευση
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ /	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
1200 / 134400	1200 / -	Ξηρή Στερεή / Κανονικά	-	?	2011 έως 2017



Πίνακας 17. ΕΕΛ Αρκαλοχωρίου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4310030119>, 2018)

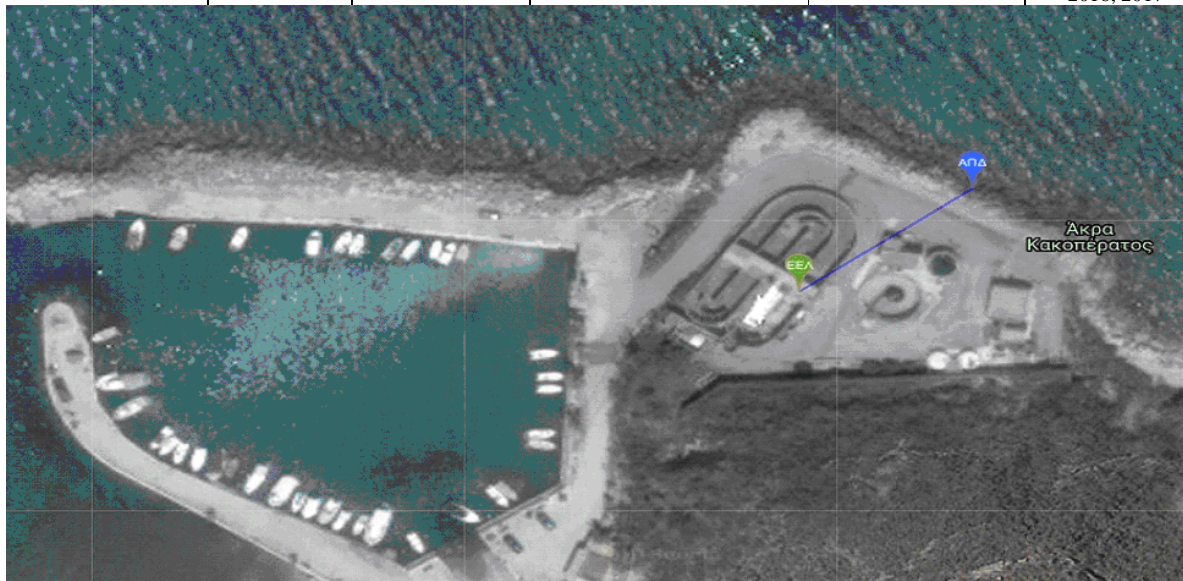
Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
6021	NAI	ΟΧΙ	?	Χωριστικό	Έδαφος / Αρδευση
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kgr/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
?	?	?	?	?	?



Πίνακας 18. ΕΕΛ Αρμενίων

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4340040117>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
2900 + 232	?	?	?	Μικτό	?
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kgr/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
?	?	?	?	?	2014, 2015, 2016, 2017



Πίνακας 19. ΕΕΛ Αρχανών

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4310040110>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
5042	ΝΑΙ	ΟΧΙ	475 / 1000	Χωριστικό	
Διάθεση Λυματολάσσης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος)	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσσης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
300.000	300.000	Ξηρά Στερεά / - / Κανονικός	90	ΝΑΙ εκτός T-N, T-P	2009 έως 2017



Πίνακας 20. ΕΕΛ Ελούντας

(Πηγή : <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43200103113>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
4181	ΝΑΙ	ΟΧΙ	475 / 1100	Χωριστικό	Εδαφος / Άρδευση
Διάθεση Λυματολάσσης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος)	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσσης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
25000 / - / -	25000	Ξηρά Στερεά / - / κανονικός	19	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 21. ΕΕΛ Ηρακλείου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR431001017, 2018>)

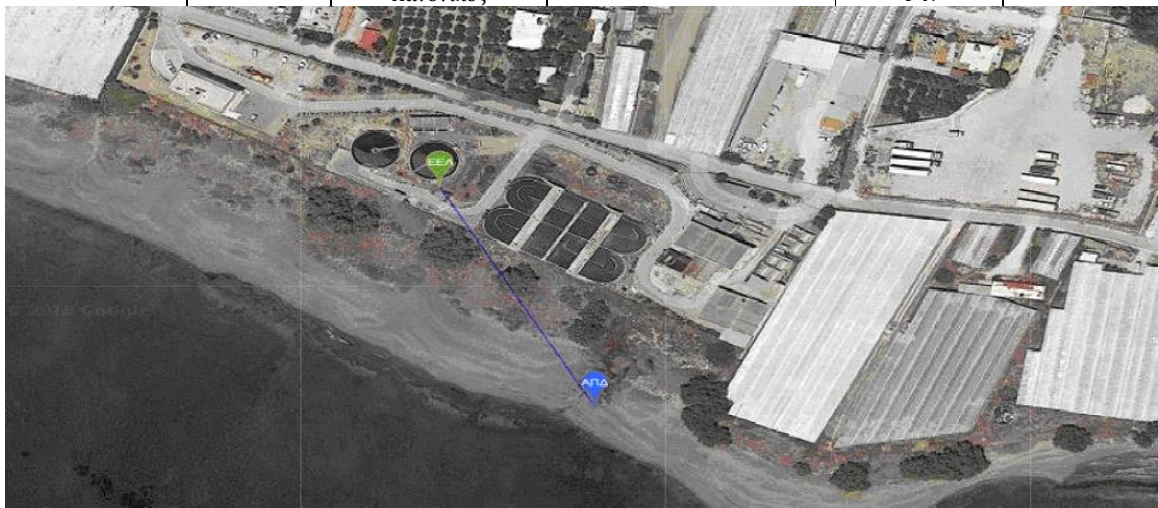
Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
194000 + 6300	ΝΑΙ + βυτιοφόρα	ΟΧΙ	144010 / 33800	Μικτό	Θάλασσα / Απόρριψη
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος)	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
162000 / 424230	162000	Ξηρά Στερεά / - / Κανονικός	17	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 22. ΕΕΛ Ιεράπετρας

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR432002013, 2018>)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισ. Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισ. Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
18400 + 1850	ΝΑΙ + βυτιοφόρα	ΟΧΙ	521 \ 2250	Χωριστικό	Θάλασσα / Απόρριψη
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος)	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
300.000 / -	300.000	Ξηρά Στερεά / - / Κανονικός	15	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 23. ΕΕΛ Κισσάμου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4340130118>, 2018)

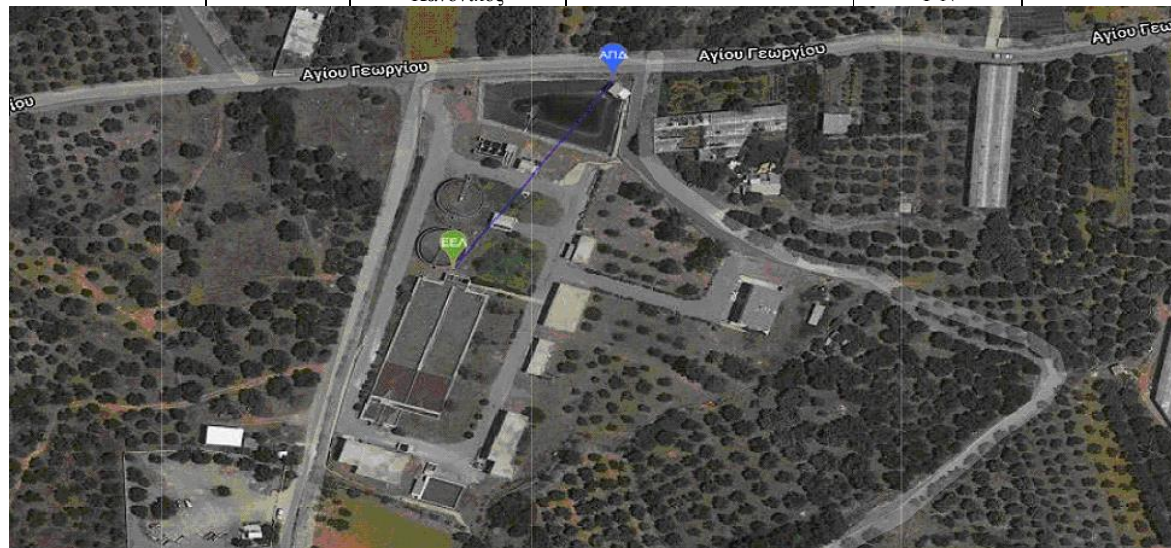
Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
10.361	ΝΑΙ	ΟΧΙ	588 / 1920	Χωριστικό	Θάλασσα / Απόρριψη
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kgr/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
- / -	-	- / - / Κανονικός	-	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 εως 2017



Πίνακας 24. ΕΕΛ Μαλίων

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR431017018>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
15000 + 8500	ΝΑΙ	ΟΧΙ	2968 / 5300	Χωριστικό	Έδαφος / Αρδευση
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kgr/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
982.960 / 885.762	982.960	Ξηρά Στερεά / - / Κανονικός	17	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 εως 2017



Πίνακας 25. ΕΕΛ Ματάλων

(Πηγή : <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43102509112> , 2018)

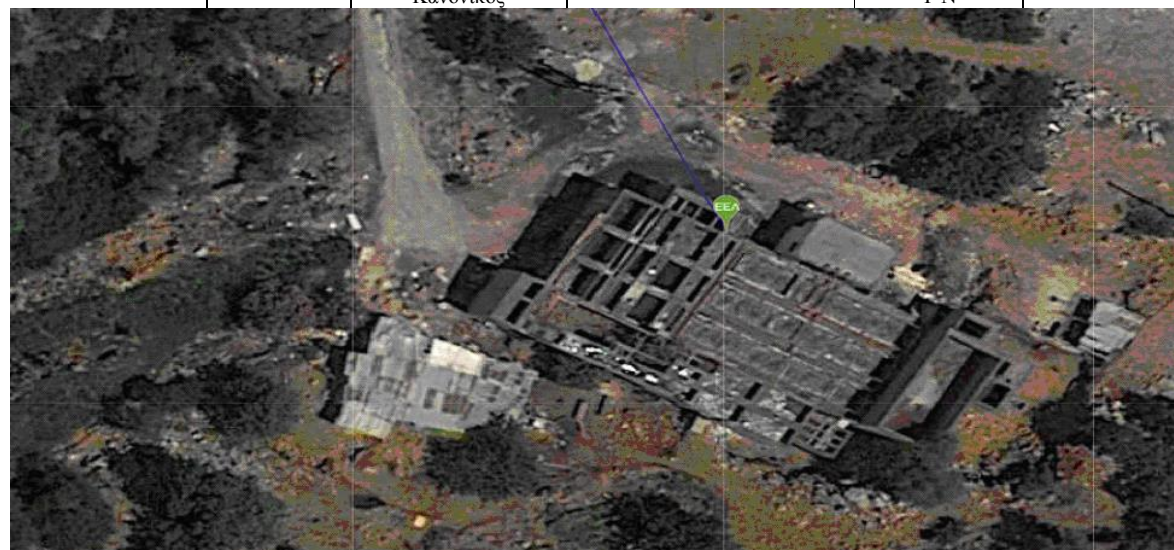
Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
2124	ΝΑΙ	ΟΧΙ	895 / 1956	Χωριστικό	Έδαφος / -
Διάθεση Λυματολάσσης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσσης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
-	-	- / - / Κανονικός	-	-	-



Πίνακας 26. ΕΕΛ Μπαλίου

(Πηγή : <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43300408116> , 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
6000 + 500	ΝΑΙ	ΟΧΙ	420 / 1300	Μικτό	Έδαφος / Άρδευση
Διάθεση Λυματολάσσης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσσης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
1500 / -	-	Ξηρά Στερεά / - / Κανονικός	-	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 εως 2017



Πίνακας 27. ΕΕΛ Νέα Κυδωνία

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR434018035>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
52000	ΝΑΙ	ΟΧΙ	5282 / 10861	Χωριστικό	Θάλασσα / Απόρριψη
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD5 / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
540.000/-	540.000	Ξηρά Στερεά / - / Κανονικός	19	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2010 εως 2017



Πίνακας 28. ΕΕΛ Πάνορμου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4330041115>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
7700	ΝΑΙ	ΟΧΙ	500 / 1500	Μικτό	Έδαφος / -
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD5 / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
15000 / -	15000	Ξηρά Στερεά / - / Κανονικός	-	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2010 εως 2017



Πίνακας 29. ΕΕΑ Ρεθύμνου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR433001019>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
56.000	ΝΑΙ	ΟΧΙ	6150	Μικτό	Θάλασσα
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
1.100.000	ΝΑΙ	Ξηρά στερεά / / Κανονικός	-	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 30. ΕΕΑ Σητείας

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43200103113>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
15000	ΝΑΙ	ΟΧΙ	900	Χωριστικός	Θάλασσα / Αρδευση / Απόρριψη
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kg/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
62000	ΝΑΙ	Ξηρά Στερεά / / Κανονικός	-	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 31. ΕΕΛ Τυμπακίου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4310250111>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
5276	ΝΑΙ	ΟΧΙ	1060	Χωριστικό	ΕΔΑΦΟΣ / ΑΡΔΕΥΣΗ
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kgr/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
-	-	// Κανονικός	-	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 32. ΕΕΛ Χανίων

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR434001014>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
120500 + 6000	ΝΑΙ	ΟΧΙ	7900	Μικτό	
Διάθεση Λυματολάσπης / Νερού (kgr/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατωμένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N / T-P	Έτη στοιχείων
1026	ΝΑΙ	Ξηρά Στερεά // Κανονικός	19	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 33. ΕΕΛ Χερσονήσου

(Πηγή: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR431026016>, 2018)

Πληθυσμός Αιχμής (Μ.Ι.Π.)	Δίκτυο Συλλογής	Βιομηχανικά Απόβλητα	Μέγιστο Εισερχόμενο Φορτίο Μ.Ο.ΚgrBOD ₅ per day / Σ. Εισερχόμενη Παροχή m ³ per day	Τύπος Δικτύου	Αποδέκτης / Χρήση
40000	ΝΑΙ	ΟΧΙ	3150	Μικτό	ΕΔΑΦΟΣ / Άρδευση
Διάθεση Λυματολόασης / Νερού (kgr/DS/έτος / m ³ /έτος	Προς ΧΥΤΑ	Κατάσταση Λάσπης / Νερού / Αποδέκτης Χαρακτηρισμός	Ποσοστό Στερεών % στην αφυδατομένη λάσπη	BOD ₅ / COD / TSS / T-N/ T-P	Έτη στοιχείων
257600	ΝΑΙ	Ξηρά Στερεά / / Κανονικός	20	ΝΑΙ εκτός T-P, T-N	2011 έως 2017



Πίνακας 34. Αποτελέσματα ελέγχων στην τελική παραγόμενη λάσπη για τον ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας, για τα έτη 2012, 2013, 2014, 2015 (Πηγή: ΕΛΛ Νέας Κυδωνίας, 2018)

ΕΤΟΣ	Τελική παραγόμενη λάσπη προς διάθεση				Περιεκτικότητα (*) σε βαρέα μέταλλα και άλλες παραμέτρους							
	Υγρασία ποσοστό (%)	Ολικό Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg(mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ολικό N (mg/kg)	Ολικός P (mg/kg)	pH	TOC (% w/w)
2012	78	26	24	7	μ.α.	111	μ.α.	248	55477	8497	12	12

ΕΤΟΣ	Τελική παραγόμενη λάσπη προς διάθεση				Περιεκτικότητα (*) σε βαρέα μέταλλα και άλλες παραμέτρους							
	Υγρασία ποσοστό (%)	Ολικό Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg(mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ολικό N (mg/kg)	Ολικός P (mg/kg)	pH	TOC (% w/w)
2013	77	11	25	6	μ.α.	87	μ.α.	135	34776	11061	11	10
		Cr III										
		Cr VI										

ΕΤΟΣ	Τελική παραγόμενη λάσπη προς διάθεση				Περιεκτικότητα (*) σε βαρέα μέταλλα και άλλες παραμέτρους							
	Υγρασία ποσοστό (%)	Ολικό Cr (ppb)	Pb ppm	Ni ppm	Cd ppb	Cu ppm	Hg ppb	Zn ppm	Ολικό N ppm	Ολικός P ppm	pH	TOC (% (w/w))
2014	70	<6,1	2,25	11,6	<3,4	33	<0,05	58	8.304	2.430	13	12
		Cr III										
		Cr VI										

ΕΤΟΣ	Τελική παραγόμενη λάσπη προς διάθεση				Περιεκτικότητα (*) σε βαρέα μέταλλα και άλλες παραμέτρους							
	Υγρασία ποσοστό (%)	Ολικό Cr (ppb)	Pb ppm	Ni ppm	Cd ppb	Cu ppm	Hg ppb	Zn ppm	Ολικό N ppm	Ολικός P ppm	pH	TOC (% (w/w))
2015	78	11,65	15,9	21,95	190	72	<0,05	195	24.506	32.606	9	12
		Cr III										
		Cr VI										

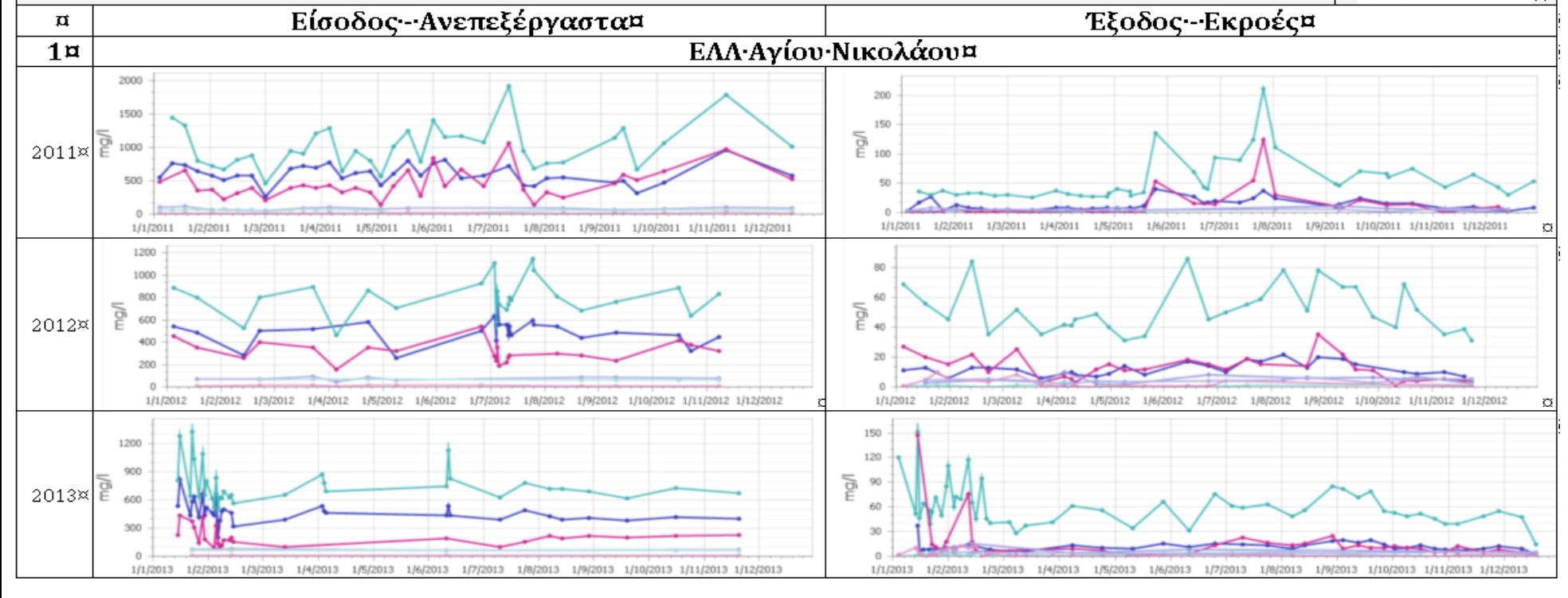
ΠΙΝΑΚΑΣ 35. Συνοπτική παρουσίαση ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΕΛΛ Κρήτης
(ΠΗΓΗ: <http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx>)

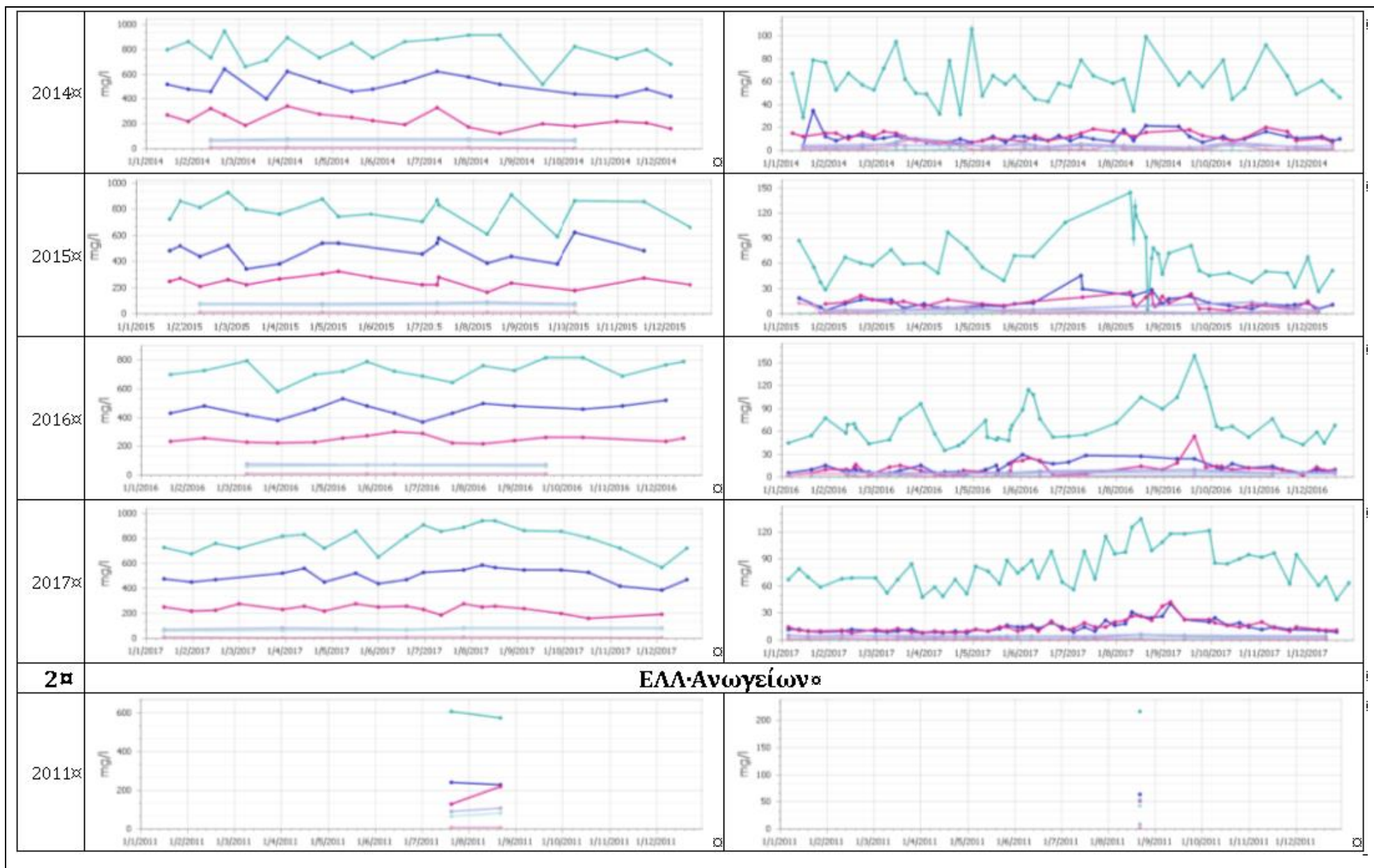
Ε.Ε.Λ.	Μ.Ι.Π.	Δυναμικότητα κατασκευασμένης εγκατάστασης Ι.Κ.	Συνολικό εισερχόμενο φορτίο (Kg BOD5/day)	Συνολική εισερχόμενη παροχή (m3/day)	Συνολική εισερχόμενη παροχή (m3/years)	Διάθεση	παραγόμενης λυματολάσπης (Kg DS/έτος)	Διάθεση	Ποσοστό στερεών της αφυδατωμένης λάσπης (%)
ΕΕΛ ΣΗΤΕΙΑΣ	18550	20,000	780	1575	574,875	ΘΑΛΑΣΣΑ	62,000	ΧΥΤΑ	
ΕΕΛ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	20,520	25,700	403	1,600	584,000	ΘΑΛΑΣΣΑ	300,000	ΧΥΤΑ	15
ΕΕΛ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	33,466	25,000	1,700	3,400	1,241,000	ΘΑΛΑΣΣΑ	76,000	ΧΥΤΑ	20
ΕΕΛ ΕΛΟΥΝΤΑΣ	4,181	5,000	260	600	219,000	ΕΔΑΦΟΣ	25,000	ΧΥΤΑ	19
ΕΕΛ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	40,000	40,000	720	2,827	1,031,855	ΑΡΔΕΥΣΗ	257,600	ΧΥΤΑ**	20
ΕΕΛ ΜΑΛΙΩΝ	23,500	26,500	971	2,427	885,855	ΑΡΔΕΥΣΗ	982,960	ΧΥΤΑ**	17
ΕΕΛ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	200,300	194,000	14,410	33,800	12,337,000	ΘΑΛΑΣΣΑ*	162,000	ΧΥΤΑ	17
ΕΕΛ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	5,276	10,700	640	2,166	790,590	ΕΔΑΦΟΣ	0	-	
ΕΕΛ ΜΑΤΑΛΩΝ	2,124	10,000	560	1,073	391,645	ΕΔΑΦΟΣ	0	-	
ΕΕΛ ΑΡΧΑΝΩΝ	5,042	8,400	369	750	273,750	ΡΕΜΑ	300,000	ΧΥΤΑ	90
ΕΕΛ ΜΠΑΛΙ	6,500	4,666	210	650	237,250	ΕΔΑΦΟΣ	15,000	Άλλη μέθοδος	-
ΕΕΛ ΠΑΝΟΡΜΟ	7,700	5,000	250	750	273,750	ΡΕΜΑ	15,000	Άλλη μέθοδος	-
ΕΕΛ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	58,000	126,200	3,950	17,880	6,526,200	ΘΑΛΑΣΣΑ	1,100,000	ΧΥΤΑ	-
ΕΕΛ ΑΝΩΓΕΙΩΝ	2,368	5,000	180	600	219,000	ΑΡΔΕΥΣΗ	1,200	ΧΥΤΑ	-
ΕΕΛ ΧΑΝΙΩΝ	126,500	170,000	6,681	19,359	7,066,035	ΘΑΛΑΣΣΑ	1,026	ΧΥΤΑ	19
ΕΕΛ ΝΕΑΣ ΚΥΔΩΝΙΑΣ	52,000	60,000	1,889	6,797	2,480,905	ΘΑΛΑΣΣΑ	540,000	ΧΥΤΑ	19
ΕΕΛ ΚΙΣΑΜΟΥ	10,361	10,000	352	1,660	605,900	ΘΑΛΑΣΣΑ	0	-	-
ΕΕΛ ΑΡΜΕΝΩΝ(ΚΑΛΥΒΕΣ)	2,900	2,900	155	580	211,700	ΘΑΛΑΣΣΑ	0	-	-
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	619,288	749,066	34,480	98,494	35,950,310	-	3,837,786	-	-

* ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ** Η ΛΥΜΑΤΟΛΑΣΠΗ ΠΡΩΤΑ ΞΗΡΑΙΝΕΤΕ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΞΥΡΑΝΣΗ
ΕΕΛ ΑΡΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ ΕΊΝΑΙ ΣΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Πίνακας 36. Αποτελέσματα Ελέγχων για Βαρέα Μέταλλα στον ΕΛΛ Χανίων (Ξηρή Ιλύς σε mgr / kgr) (Πηγή : ΕΕΛ, Χανίων, 2018)																				
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	Ημερομηνία	Μέταλλο																		
		Cu	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe	Br	Rb	Sr	Zr	P	N	Na	K	Ca	Mg
*	19/11/2012	158.3	0.86	18.5	<0,25	24.45	67.7	985.6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	27/12/2012	133.35	0.8	17.7	<0,25	19.4	52.9	937.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	24/11/2011	176.2	1.11	27.3	<0,25	25.02	112	252.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	19/12/2011	318.02	2.74	30.39	<0,25	50.32	143	1306	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	30/04/2007	155	10	22	-	19.8	110	670	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	14/12/2006	250	10	18.5	-	21.35	150	690	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	27/04/2004	260	16	29.4	-	25.45	155	589.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	03/07/2000	155	-	1168	2.2	35	78	376	188	3370	9	1	71	12	*	*	*	*	*	
*	06/99	223	-	36.3	-	34.7	-	2307	*	*	*	*	*	*	20	37	0.4	4	61	25
*	04/08/1999	209	-	-	-	32	-	848	106	6650	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	03/04/1998	144	*	*	*	5.8	*	1209	108	7550	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	09/06/1998	216	*	*	*	89	*	844	114	8489	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	29/11/2013	172.2	0.48	19.6	<0,25	32.6	78.2	1111	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	31/12/2013	147.4	0.65	25.3	<0,25	26.15	68.7	1250	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	17/12/2010	62	6	17	<0,25	28	65	295	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	07/05/2008	0.15%	-	130	-	220	615	0.13%	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	27/11/2007	0.16%	-	125	-	240	710	0.10%	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	30/04/2007	155	10	22	-	19.8	110	670	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	14/12/2006	250	10	18.5	-	21.35	150	690	71	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
*	27/04/2004	260	16	29.4	-	25.45	155	589.5	82	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ΑΧΩΝΕΥΤΗ	10/12/2014	197	1.2	25	2502	17	71	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ΑΧΩΝΕΥΤΗ	18/12/2014	175	0.9	20	2205	12	71	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ΧΩΝΕΜΕΝΗ	18/12/2014	310	1.3	40	1140	21	157	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ΑΧΩΝΕΥΤΗ	11/03/15	219	0.8	28	1625	10	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ΧΩΝΕΜΕΝΗ	11/03/15	228	2.1	30	2063	13	70	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

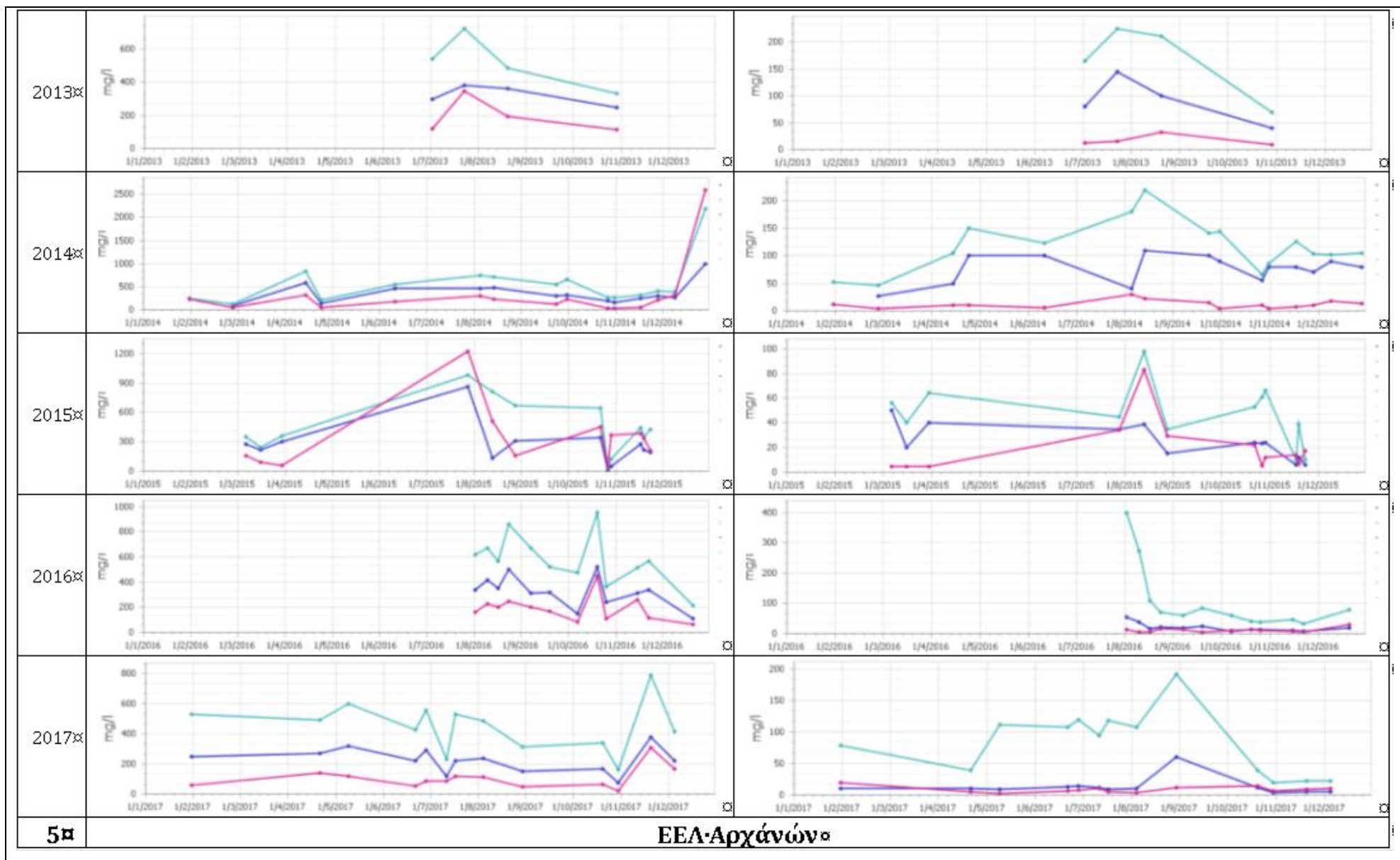
Πίνακας...37.:ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΙΣΡΟΩΝ--ΕΚΚΡΩΝ στους ΕΕΛ-Κρήτης¶
 (Πηγή:·<http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx>)¶

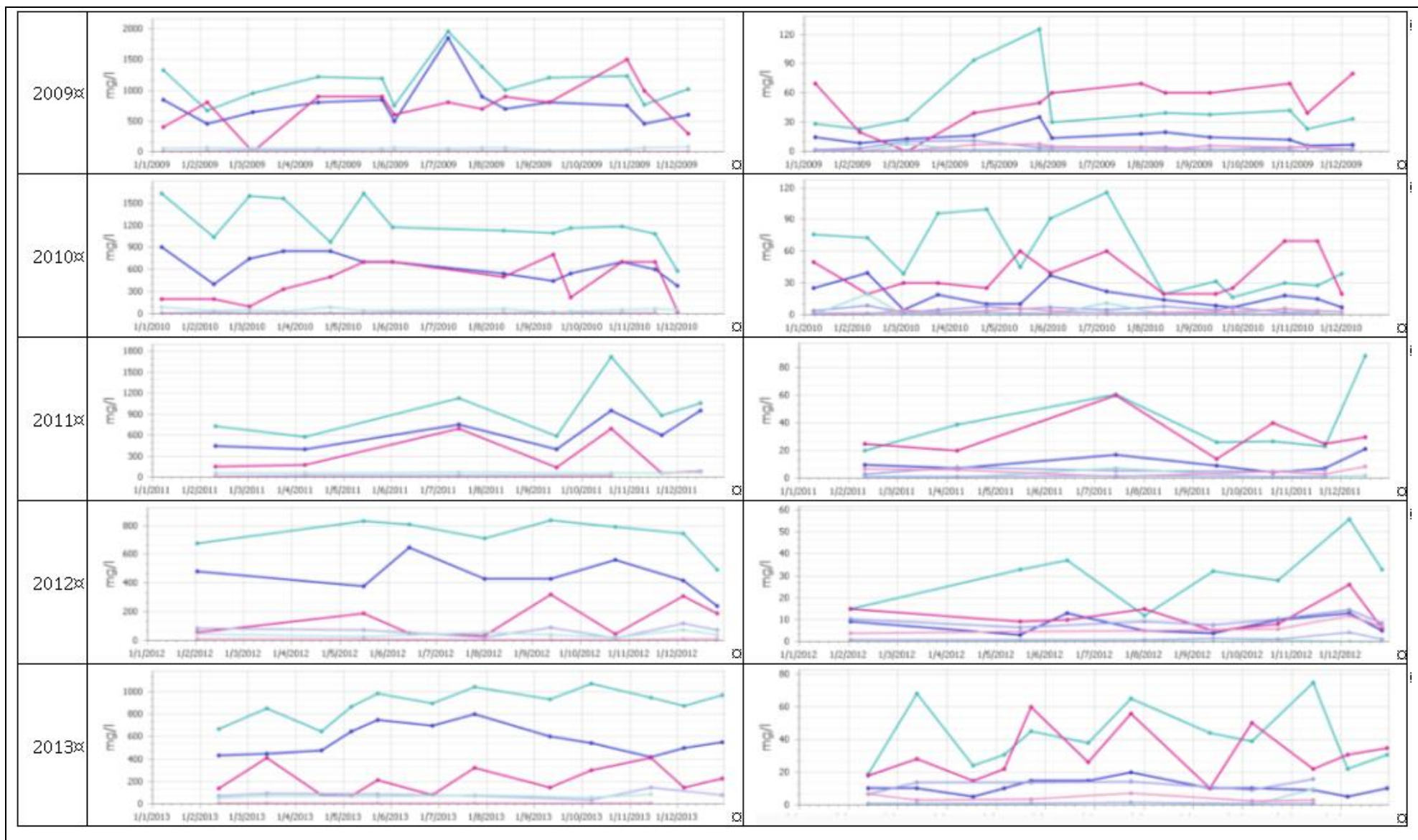


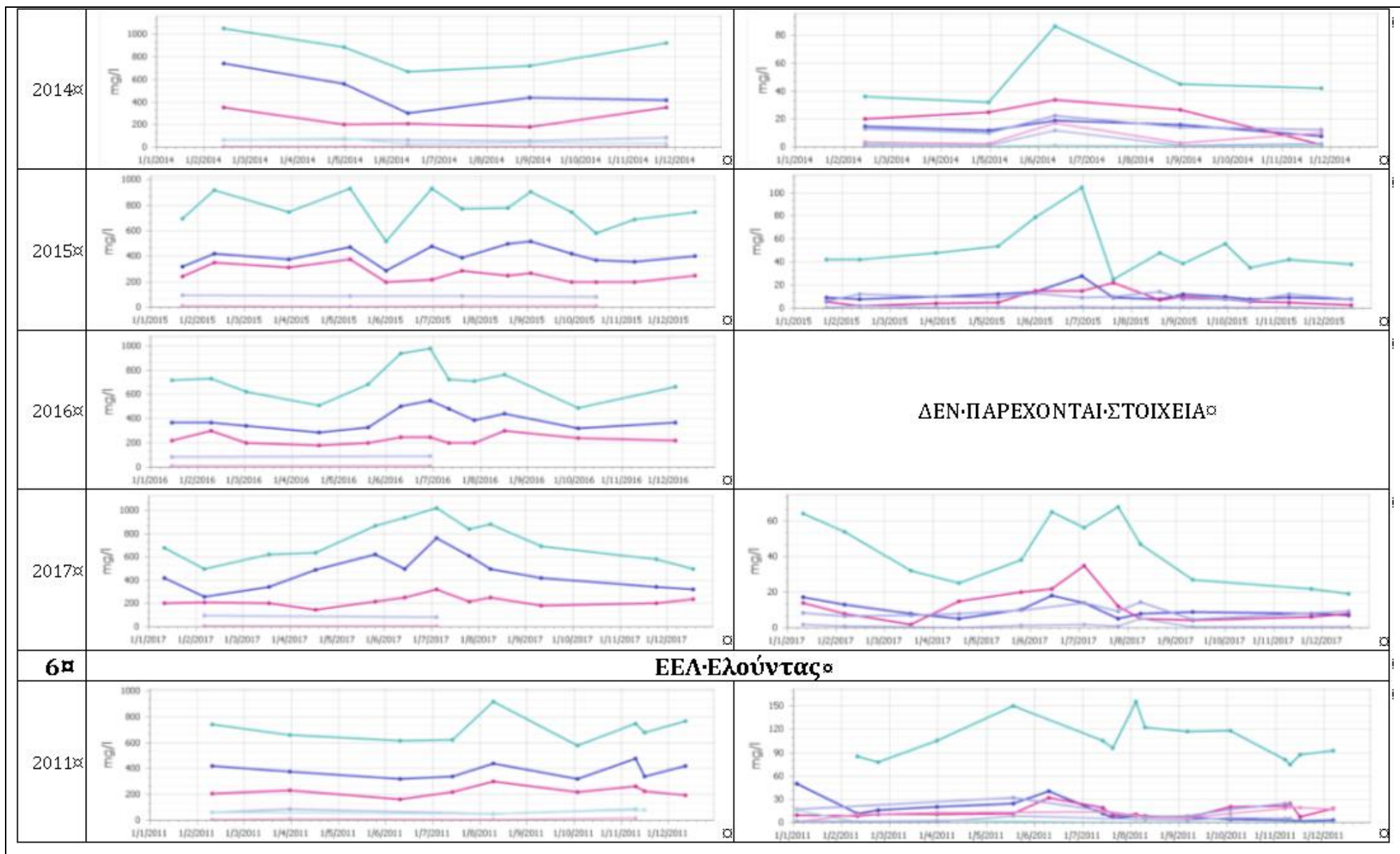


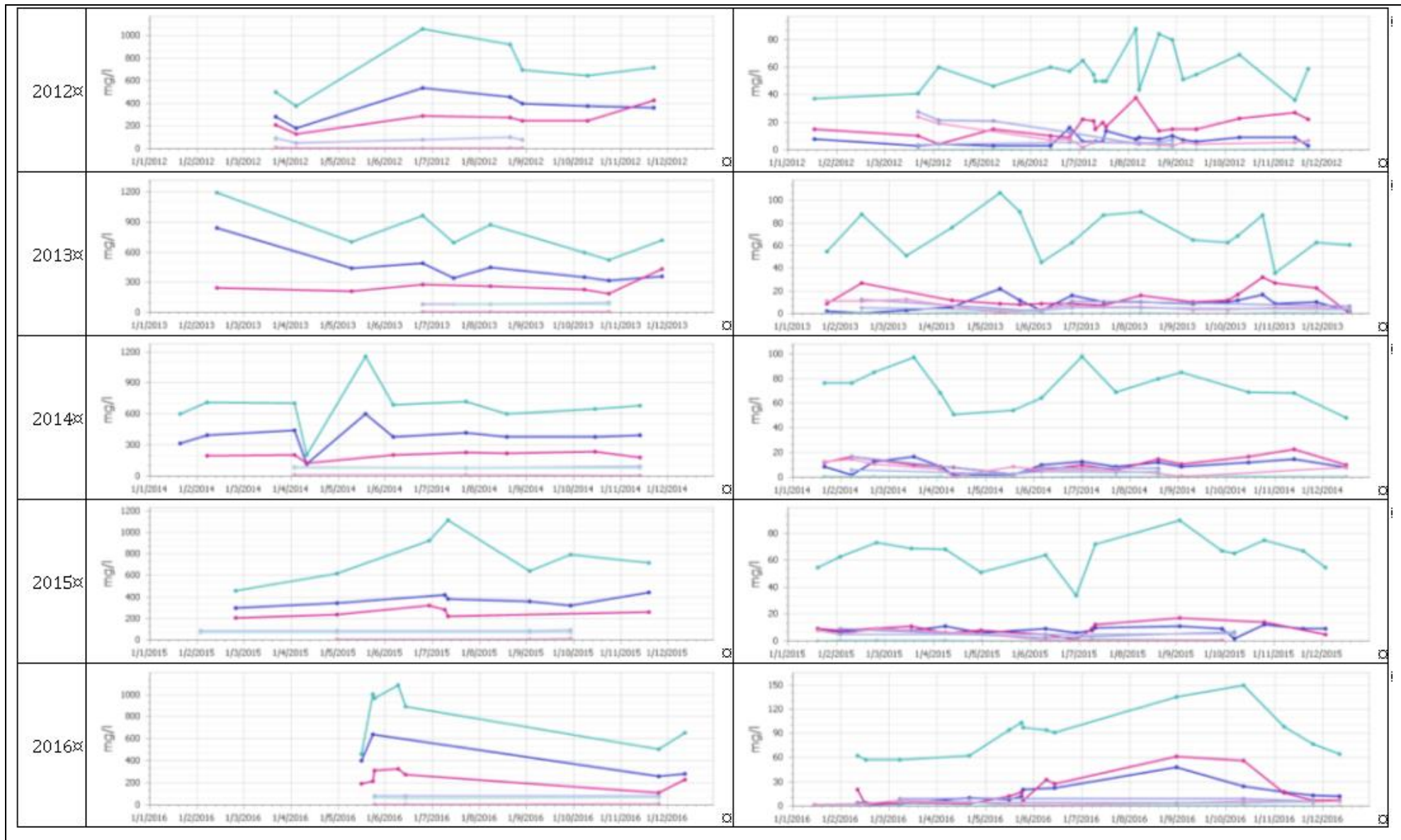
2012x		
2013x		ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐
2014x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐
2015x		
2016x		
2017x		
3α	ΕΕΛ-Αρκαλοχωρίου ☐	

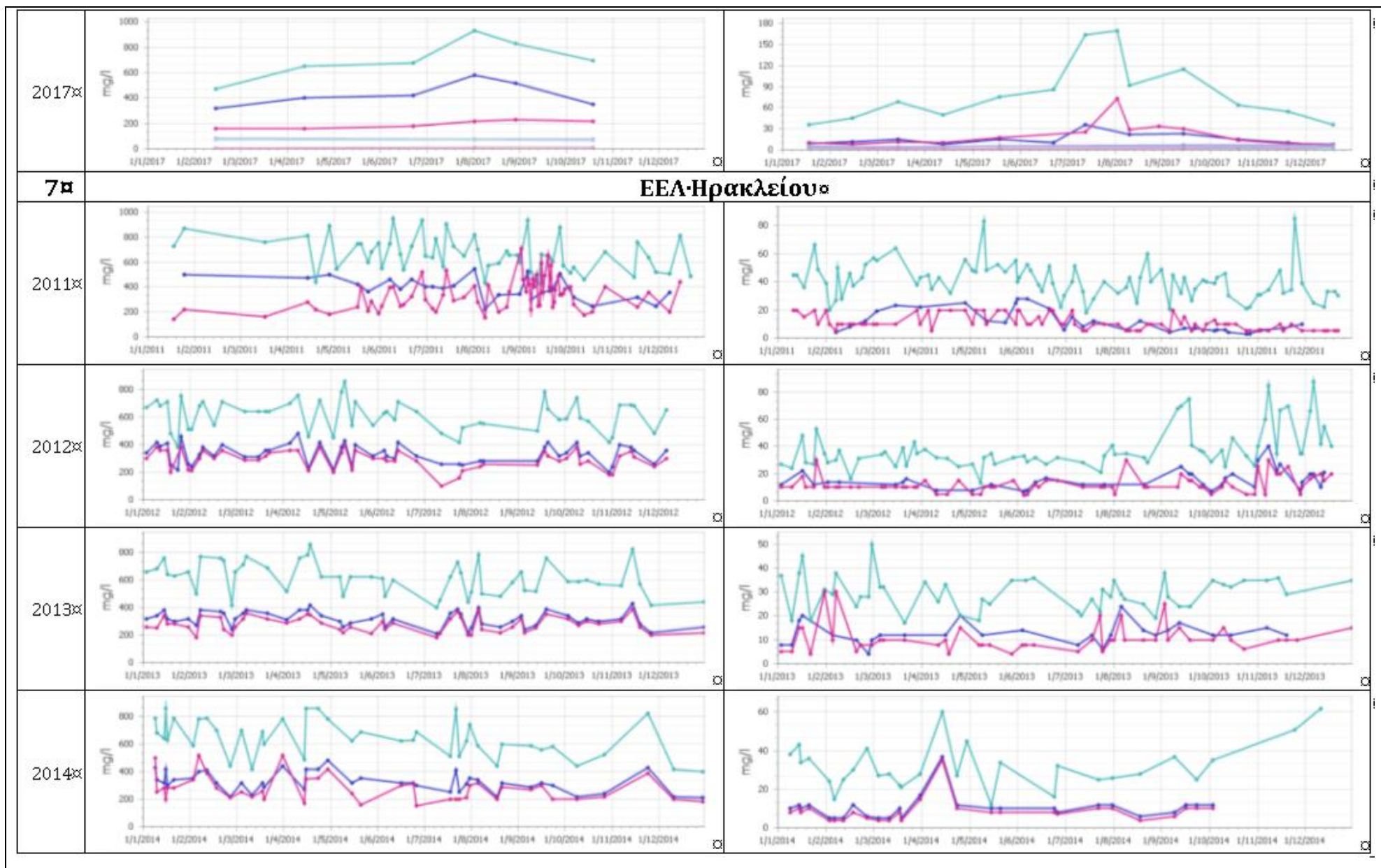
2017x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐
4x	ΕΕΛ Αρμένων ☐	
2006x		
2007x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐
2008x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐
2009x		
2010x		
2011x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐
2012x		

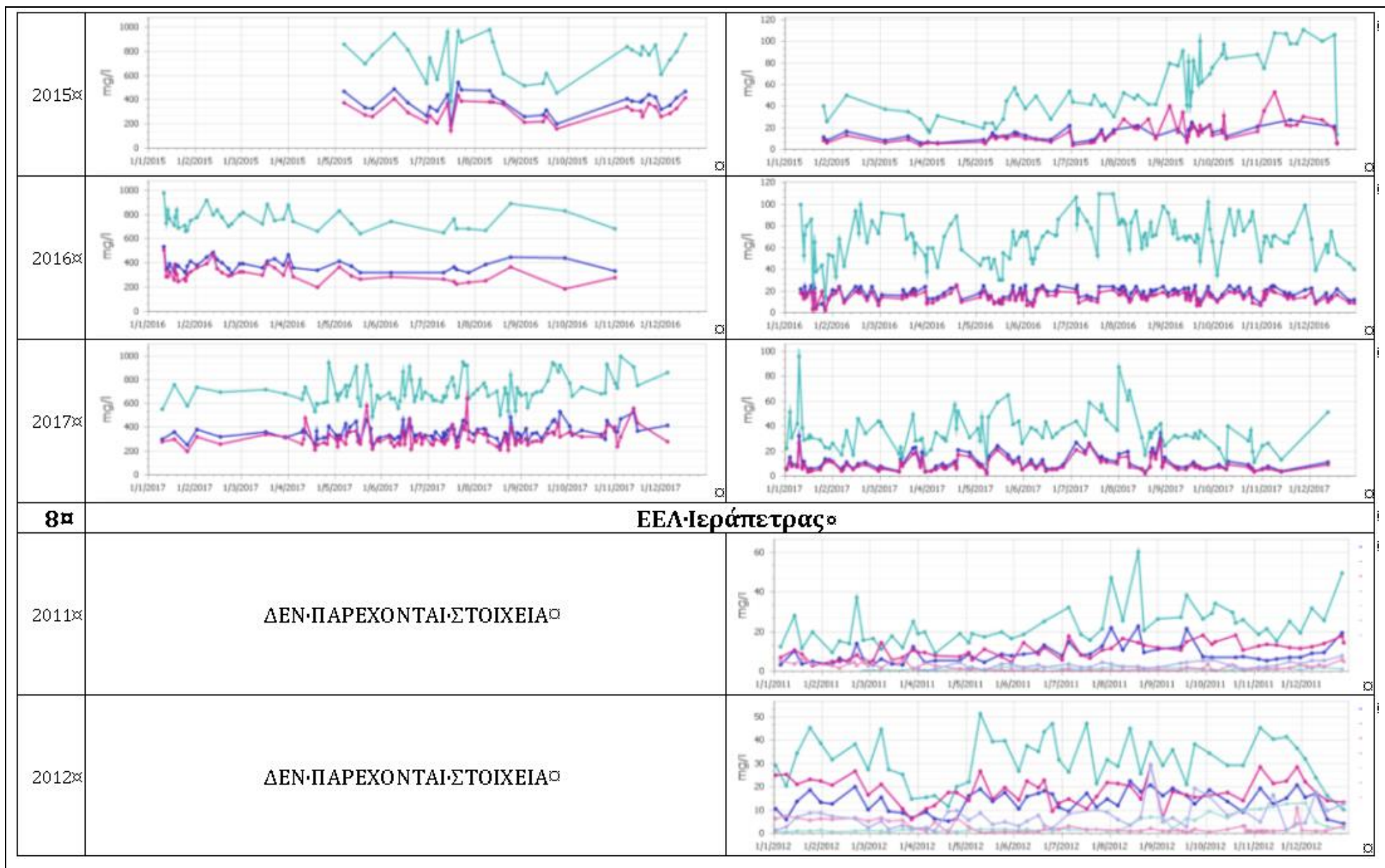




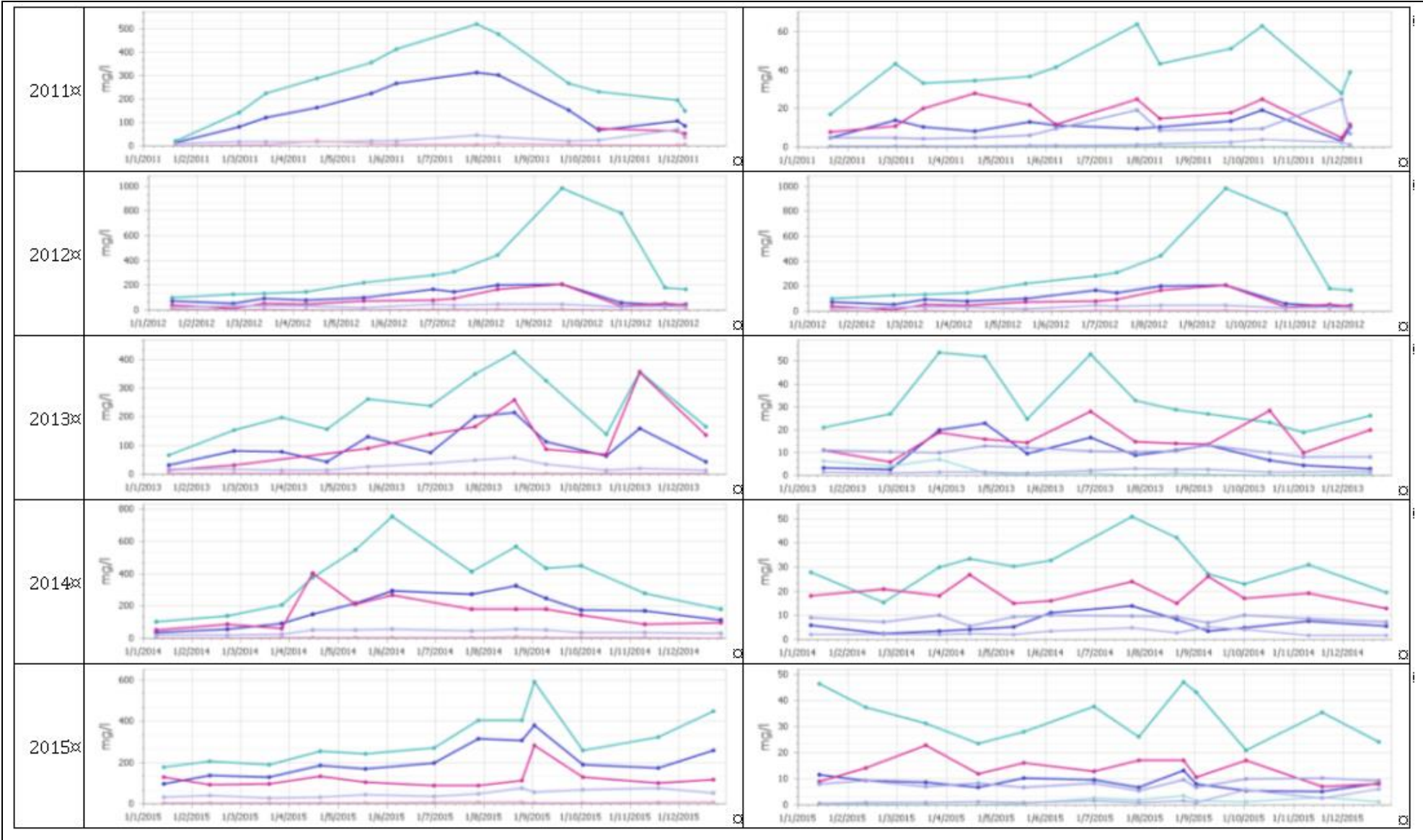








2013	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2014	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2015	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2016	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2017	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
9α	ΕΕΑ-Κισσάμου	

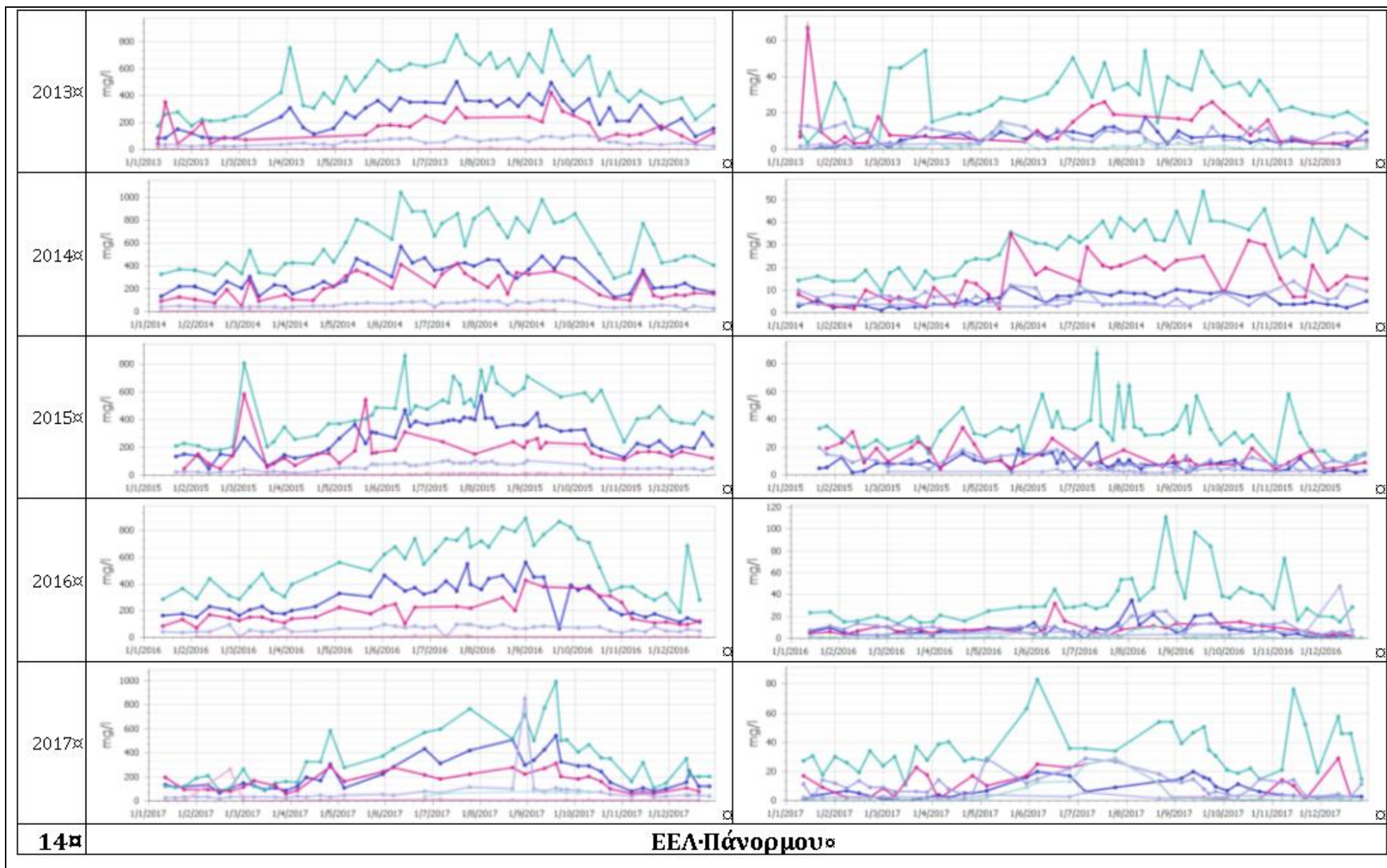


2016α		
2017α		
10α	ΕΕΑ-Μαλίωνα	
2011α	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑα	
2012α	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑα	
2013α	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑα	

2014x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
2015x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
2016x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
2017x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
11 ☐	ΕΕΑ Ματάλων ☐	
2011x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
2012x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐

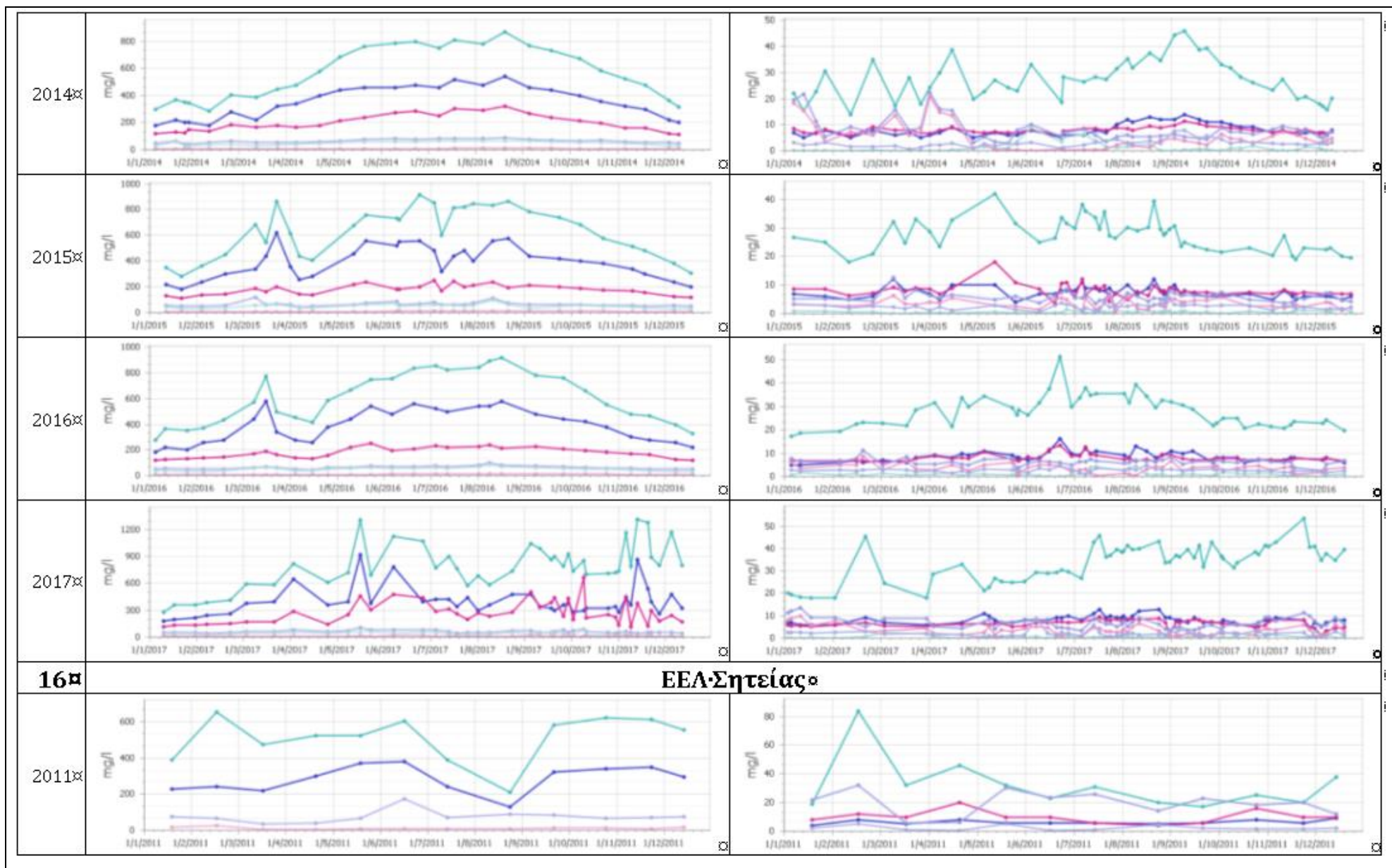
2013x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
12 ☐		ΕΕΑ-Μπαλίου ☐
2011x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
2012x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
2013x	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ☐	
2014x		

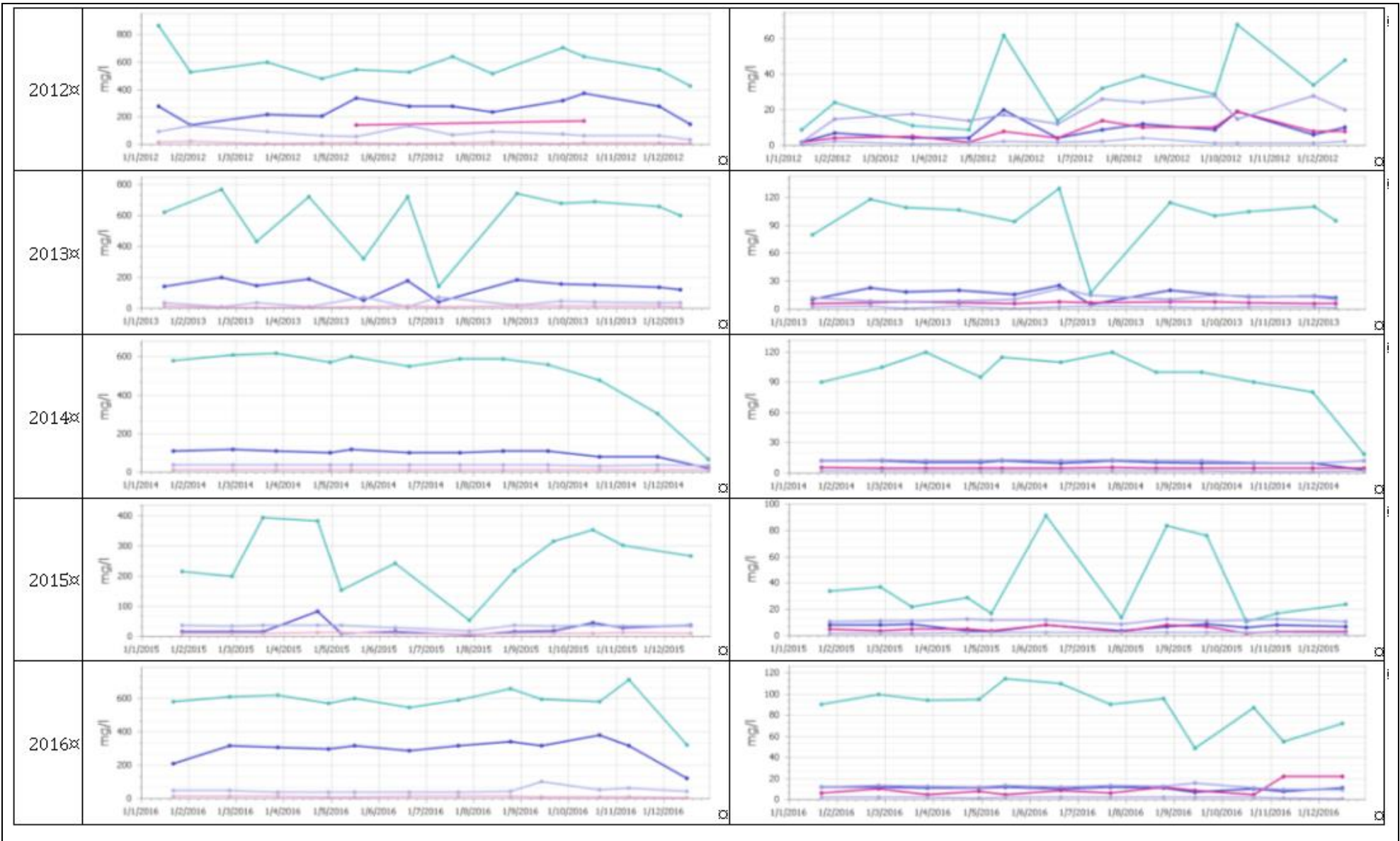
2015	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2016	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2017	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
13 ΕΕΑ-Νέας-Κυδωνίας		
2010		
2011		
2012		



2011	<p style="text-align: center;">ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</p>	
2012		
2013		
2014		
2015		

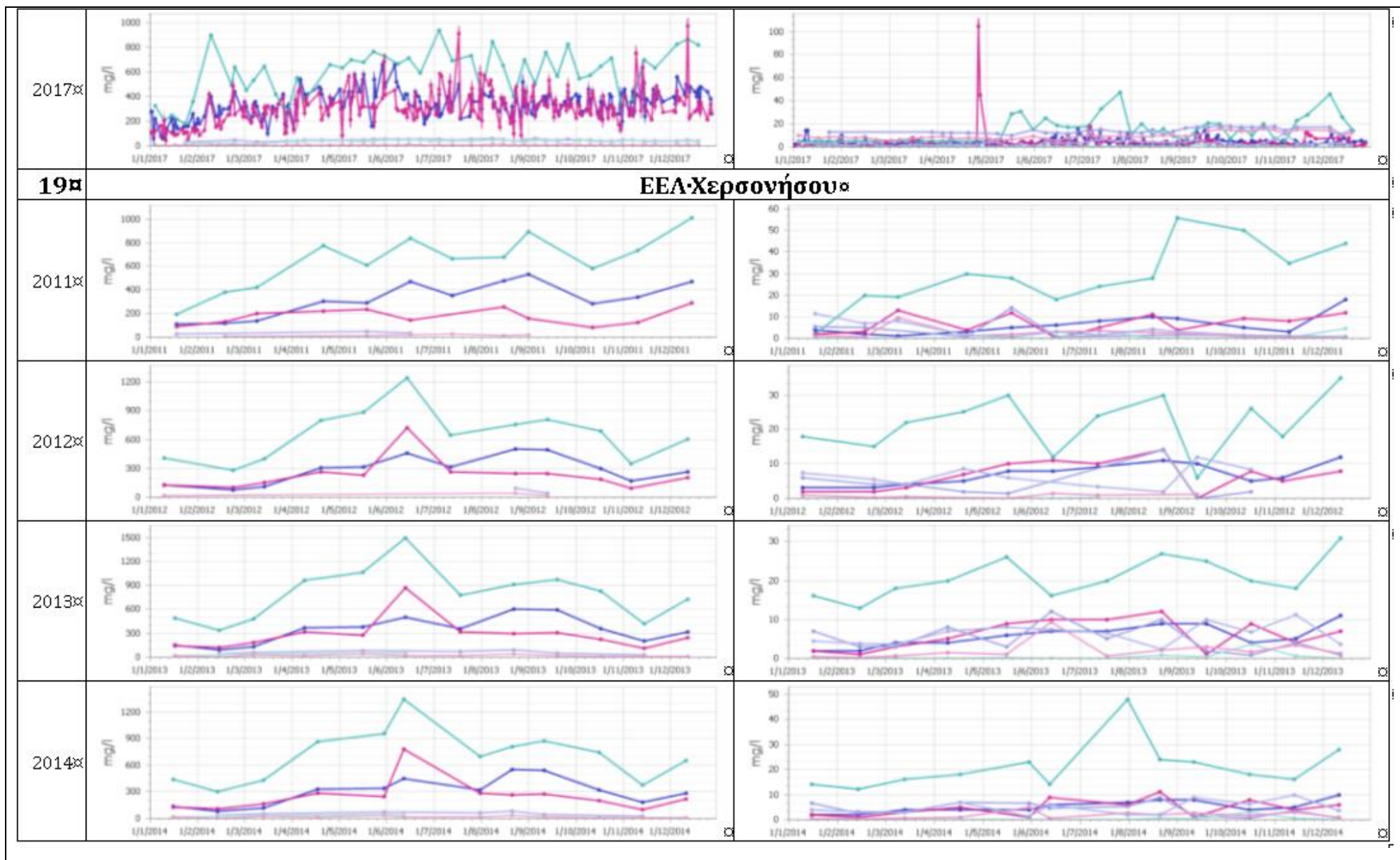
2016	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2017	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
15 ΕΕΑ-Ρεθύμνου		
2011		
2012		
2013		

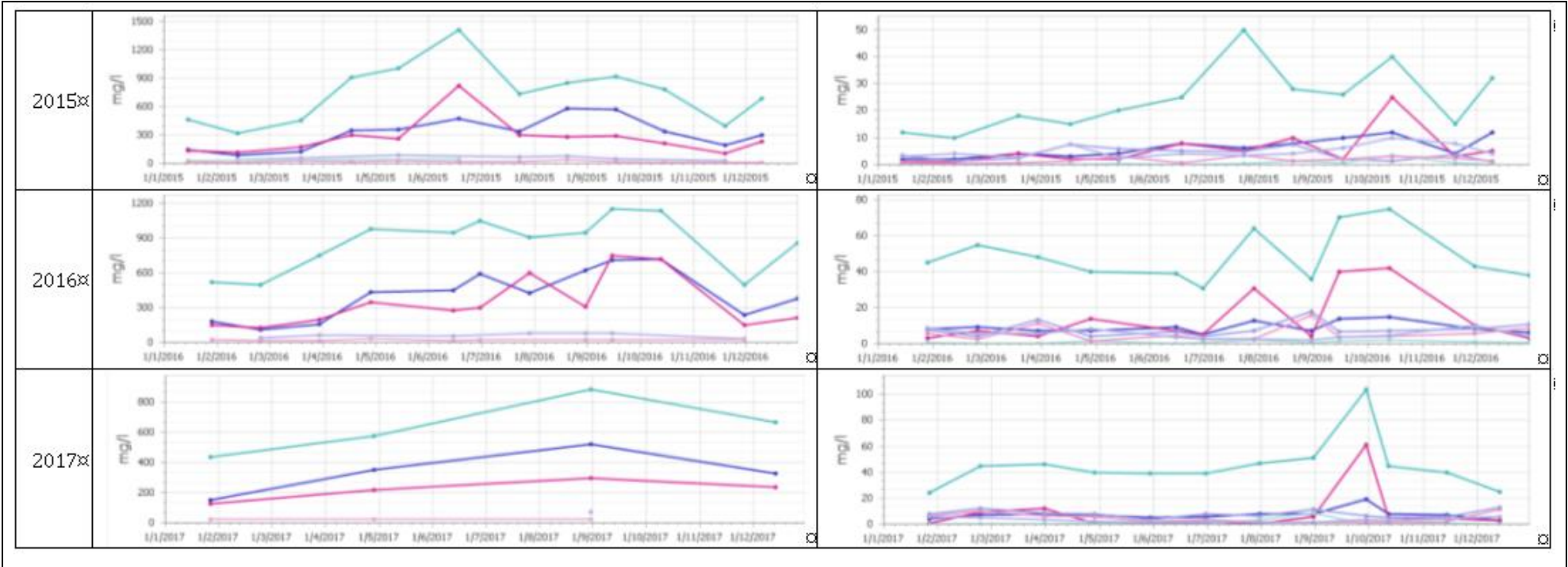




2017α		
17α	ΕΕΑ-Τυμπακίου	
2011α		
2012α	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
2013α	ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
18α	ΕΕΑ-Χανίων	
2011α		



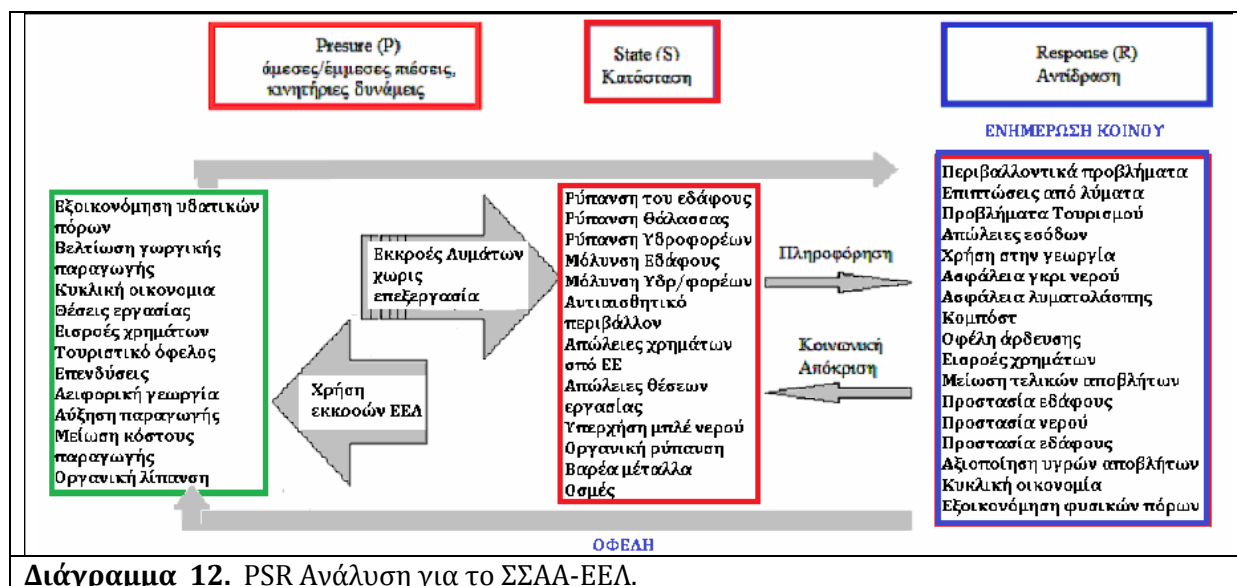




4.4. Στρατηγικό Σχέδιο για την Αξιοποίηση των Αποβλήτων των ΕΕΛ

Ένα ΣΣΑΑ-ΕΕΛ για την Κρήτη, θα πρέπει να βασιστεί σε τρεις πυλώνες:

- Στην ποιοτική και ποσοτική βελτίωση της λειτουργίας των ΕΛΛ.
- Στην διασύνδεση και προώθηση της παραγωγής εκροών για εφαρμογές.
- Στην ενημέρωση της κοινής γνώμης για την αποδοχή προϊόντων με την χρήση επεξεργασμένου νερού και λυματολάσπης.



Διάγραμμα 12. PSR Ανάλυση για το ΣΣΑΑ-ΕΕΛ.

Στην πρώτη περίπτωση, είναι γεγονός ότι έχουν ξεκινήσει προσπάθειες και βρίσκονται σε εξέλιξη έργα για την επέκταση της δυναμικότητας κάποιων εκ των μεγάλων ΕΕΛ του νησιού.

Παραμένει όμως το πρόβλημα για πολλούς μικρούς ΕΕΛ, είτε λόγω υποστελέχωσης, είτε λόγω έλλειψης ενημέρωσης, είτε λόγω έλλειψη χρηματοδότησης.

Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται ένας **Κεντρικός Συντονισμός**, προκειμένου να εκτιμηθούν οι άμεσες δυνατότητες, να γίνουν διορθωτικές κινήσεις και να εκπονηθούν οι απαραίτητες μελέτες, προκειμένου να χρηματοδοτηθούν τα έργα (Mc Cornick et al, 2004).

Οι τοπικές κοινωνίες πάντα είναι αυτές που θα επικροτήσουν ή θα απορρίψουν μία παρέμβαση ενός κεντρικού φορέα. Όμως η συνεργασία των τοπικών αρχών που διαθέτουν το όραμα και την συνειδητοποίηση της ανάγκης, με τις εθνικές και

υπερεθνικές αρχές που διαθέτουν το όραμα και τον συντονισμό, μπορεί να πείσει την κοινή γνώμη για την σημασία και την αναγκαιότητα των παρεμβάσεων.

Καθώς η τοπική κοινωνία της Κρήτης, δίνει μεγάλη σημασία στην πρωτογενή παραγωγή (κτηνοτροφία, γεωργία) και γνωρίζει την έλλειψη νερού και εδαφικού ορίζοντα, το μεγάλο στοίχημα που πρέπει να κερδηθεί είναι η δημιουργία εμπιστοσύνης στην χρήση του επεξεργασμένου νερού, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για άρδευση ή άλλες χρήσεις (μεταποίηση, τουρισμός). Η εμπιστοσύνη αυτή μεταφέρεται αυτομάτως στα προϊόντα, καθώς βασικός κανόνας είναι η διασφάλιση της δημόσιας υγείας, και της εμπιστοσύνης του κοινού στις διαδικασίες (Cannella et al, 2016 ; Xhen, 2017).

Ακόμη ίσως δεν είναι η στιγμή να γίνει χρήση των εκροών νερού για τον εμπλουτισμό υδροφορέων που τροφοδοτούν δίκτυα πόσιμου νερού, αλλά πιθανών μελλοντικά, όταν θα έχουν προχωρήσει οι ανάλογες έρευνες, να υπάρχει δυνατότητα χρήσης και προς αυτή την κατεύθυνση.

Μέχρι τότε, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός δικτύου μεταφοράς επεξεργασμένου νερού, το οποίο θα εκτείνεται σε όλη την Κρήτη. Το δίκτυο θα πρέπει να κατασκευασθεί με προτεραιότητα προς τις περιοχές που σήμερα αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας και κατόπιν προς περιοχές που προβλέπεται ότι θα την αντιμετωπίσουν στο εγγύς μέλλον.

Σε κάθε περίπτωση, το διαθέσιμο μέσω δικτύου ή άλλης μεθοδολογίας επεξεργασμένο νερό, πρέπει να διατίθεται με ανάλογη χρέωση ώστε να διαμορφώνεται κοινωνική συνείδηση για τον πολύτιμο αυτόν φυσικό πόρο, αλλά και να χρηματοδοτείται η λειτουργία και συντήρηση των ΕΛΛ. Επιπλέον, η χρέωση του επεξεργασμένου νερού, αποτρέπει ή μειώνει την πιθανότητα σπατάλης και δημιουργεί την συνείδηση ότι το επεξεργασμένο νερό έχει την ίδια αξία με το φυσικό νερό των υδροφορέων (Chartzoulakis and Bertaki, 2015).

Η τιμή που θα εφαρμοστεί, θα πρέπει να προέλθει μέσα από σχετική μελέτη σκοπιμότητας ώστε να μην δημιουργηθεί κανένα μη επιθυμητό αποτέλεσμα. Δηλαδή, να αποκλειστεί η πιθανότητα να αυξηθεί η ζήτηση για μπλέ νερό (από τους φυσικούς υδροφορείς - δίκτυο υδροδότησης του νησιού, Δενα κ.λπ).

Παράλληλα με το δίκτυο μεταφοράς του γκρι επεξεργασμένου νερού, κρίνεται σκόπιμη και η δημιουργία υπεδάφρων δεξαμενών αποθήκευσης του, ώστε να είναι διαθέσιμο είτε για άμεση παροχή τοπικά, είτε για ενίσχυση του δικτύου όταν απαιτείται. Οι δεξαμενές μπορούν επίσης να χρησιμοποιούνται και για την αποθήκευση βρόχινου νερού, αφού έχει γίνει ο απαραίτητος έλεγχος προηγουμένως (Allen et al., 1998 ; Zhuo et al, 2017).

Στην ιδανική περίπτωση, θα ήταν επιθυμητή, η διασύνδεση με το δίκτυο, όλων των ΕΛΛ της Κρήτης, ανεξαρτήτου δυναμικότητας και θέσης.

Το δίκτυο αυτό, μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί με αντλιοστάσια που θα καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες με χρήση ΑΠΕ (ηλιακή ενέργεια ή Αιολική) και να είναι ανεξάρτητοποιημένο από το δίκτυο της ΔΕΗ.Η Κρήτη διαθέτει υψηλό ηλιακό και αιολικό δυναμικό. Η λυματολάσπη, καθώς είναι πλούσια σε οργανικό φορτίο, μπορεί να αποτελέσει βασικό υλικό για τον εμπλουτισμό υποβαθμισμένων εδαφών όπως και υλικό πλήρωσης για την αποκατάσταση του τοπίου.

Παράλληλα μπορεί να εισαχθεί στην γεωργία και να προωθηθεί η ανάπτυξη μεθοδολογίας βιολογικών καλλιεργειών μέσα στο πλαίσιο δημιουργίας σχεδιασμού προγράμματος αειφορικής γεωργίας. Η διεθνής βιβλιογραφία, επίσης αναφέρει ότι υλικά ΕΕΛ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλες εργασίες, όπως στην μεταποιητική βιομηχανία υπό ορισμένες προϋποθέσεις αλλά και στην κατασκευαστική βιομηχανία (Callum Rae and Fiona Bradley, 2012).

Το νερό των εκροών των ΕΕΛ, μπορεί να δώσει οριστική λύση στην άρδευση στρωματικών και περιαστικών χώρων πρασίνου, στην κάλυψη αναγκών σε νερό για πυρόσβεση, σε κλάδους βιομηχανίας που χρειάζεται νερό ως συστατικό της παραγωγικής διαδικασίας, για προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση (Coats and Wilson, 2017).

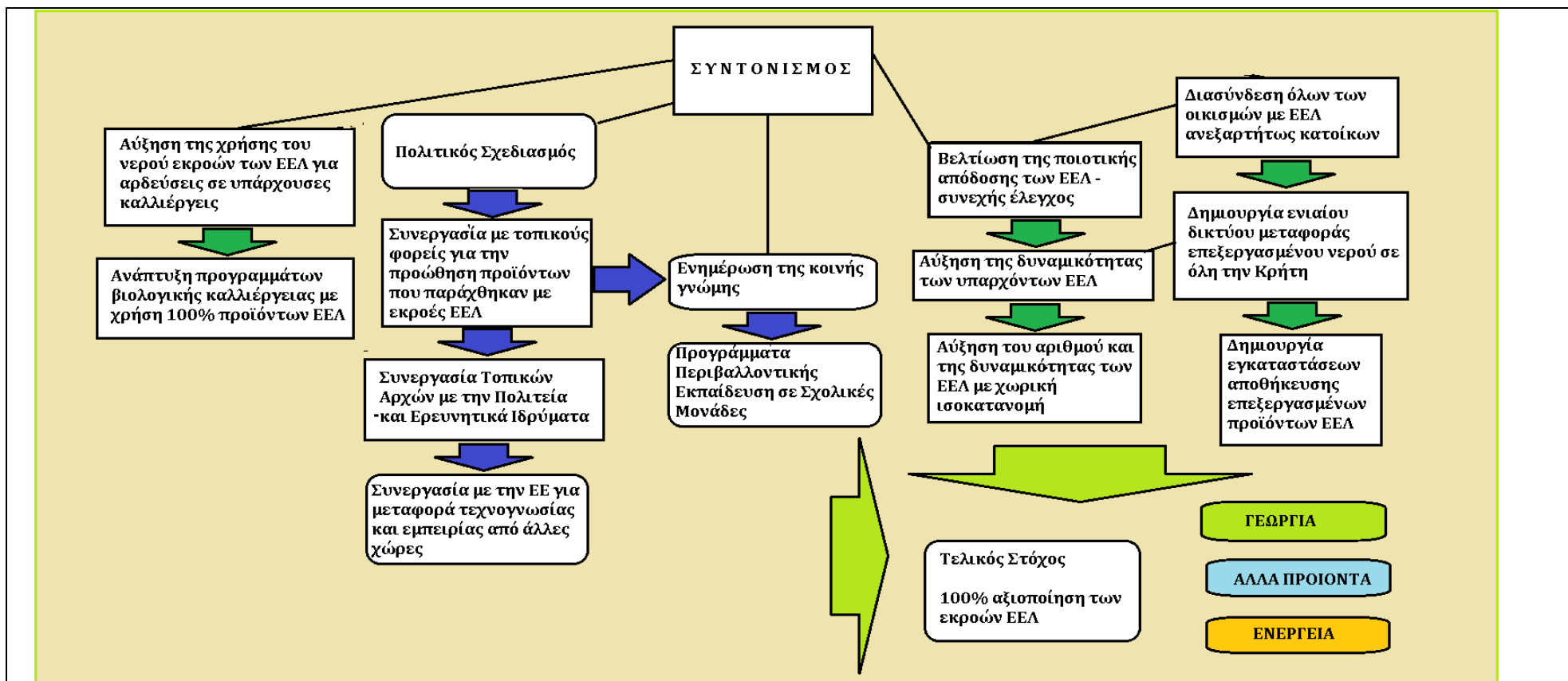
Σε αυτή την φάση, χρειάζεται μία λεπτομερής διερεύνηση της επέκτασης της χρήσης της λυματολάσπης και του γκρι νερού, σε μία ποικιλία καλλιεργειών, για τις οποίες δεν υπάρχουν δεδομένα για την εμφάνιση προβλημάτων στην ανθρώπινη υγεία. Αυτό κρίνεται απαραίτητο, καθώς οι επιπτώσεις στην υγεία από φυσικούς παράγοντες, είναι

διαχρονικές. Οπότε χρειάζονται τόσο αναδρομικές όσο και προοπτικές μελέτες, ώστε να αξιολογηθεί η διεθνής εμπειρία.

Η διαμόρφωση της κοινής γνώμης και η δημιουργία παιδείας γύρω από τα ζητήματα της προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, εντάσσεται στο πλαίσιο της προώθησης της ιδέας επαναχρησιμοποίησης των εκροών των ΕΕΛ. Η κοινή γνώμη, είναι φυσικό να μην έχει ακόμη εξοικειωθεί με μία τέτοια προοπτική. Πολύ δε περισσότερο στην Κρήτη όπου η παραδοσιακή λογική παραμένει ενεργή και παντρεύεται δύσκολα με την καινοτομία στην καθημερινή πρακτική.

Επομένως, χρειάζεται πλάνο δράσης, για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού, με στόχο όλες τις ηλικιακές τάξεις.

Τέλος, εκτιμούμε ότι θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα, ώστε στον συνολικό σχεδιασμό για την αξιοποίηση των εκροών των ΕΕΛ αστικών λυμάτων, να συμπεριληφθούν και οι εκροές ελαιοτριβείων (Hochstrat et al., 2007 ; MacArthur Ellen Foundation, 2012 ; Europe INNOVA, 2012 ; Jorge Artur Pec, 2016).



Διάγραμμα 13. Διάγραμμα Ροής για τα κεντρικά σημεία ενός ΣΣΑ - ΕΕΑ της Κρήτης. Τελικός στόχος είναι η πλήρης αξιοποίηση των εκροών των ΕΕΑ, με μηδενισμό του περιβαλλοντικού κόστους και πλήρη διοχέτευση και αξιοποίηση από τις παραγωγικές διαδικασίες.

5^ο Κεφάλαιο

Ανάλυση Αποτελεσμάτων

5.1. Αξιολογήση Αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

Από τα ποσοτικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν και παρατίθενται, είναι προφανές ότι το υπάρχον δίκτυο των ΕΕΛ που λειτουργούν στην Κρήτη, δεν έχει καλύψει πλήρως το δυναμικό του Ατην στιγμή, η Κρήτη βρίσκεται σε μία αρχική συνθήκη ως προς την αξιοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων των ΕΕΛ. Το νερό και η λυματολάσπη, ναί μεν παράγονται από τους ΕΕΛ, αλλά όχι σε μεγάλες ποσότητες, τουλάχιστον ανάλογες με τις πραγματικές δυνατότητες.

Η Κρήτη βρίσκεται υπό μία συνεχή πίεση ως προς την έλλειψη νερού και την υποβάθμιση των εδαφών της. Από την άλλη, ο πρωτογενής τομέας (καλλιέργειες και κτηνοτροφία) αποτελούν δυναμικούς κλάδους για την τοπική οικονομία και απασχόληση.

Μία επιπλέον πίεση που δέχεται το νησί, είναι ο τεράστιος τριτογενής τομέας (υπηρεσίες) που αντιπροσωπεύεται κυρίως από τον Κλάδο του Τουρισμού. Από το 2014 και μετά, ο Κλάδος αυτός, φαίνεται ότι άρχισε να ξεπερνάει την ύφεση της περιόδου 2010 - 2012. Η εκ νέου αύξηση του αριθμού των επισκεπτών, δημιουργεί πρόσθετες ανάγκες σε νερό.

Ως προς τον τομέα της γεωργίας, η Κρήτη, χρειάζεται διαρκώς ποσότητες νερού για την άρδευση των καλλιεργειών που εκτείνονται σε όλο το νησί. Η Κρήτη αποτελεί την πρώτη σχεδόν ελαιοπαραγωγό περιοχή της Ελλάδας, με κυρίαρχη την Περιφερειακή Ενότητα Ηρακλείου. Επιπλέον, υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις οπωροκηπευτικών και άλλων καλλιεργειών, σε εκτατική μορφή και υπό μορφή εντατικής ή ημιεντατικής

καλλιέργειας (Θερμοκηπιακές καλλιέργειες) και καλλιέργειες σιτηρών. Οι μέσες ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες που επικρατούν στο νησί σε συνδυασμό με την χαμηλή σχετική υγρασία αέρα, οδηγούν σε αυξημένες ανάγκες άρδευσης, τουλάχιστον για την περίοδο από Απρίλιο έως και Οκτώβριο.

Το πρόβλημα της λειψυδρίας που αντιμετωπίζει επί πολλά χρόνια η Κρήτη, από την μία οφείλεται στην ανισοκατανομή των φυσικών υδροφορέων του νησιού, στην υποβάθμισή τους λόγω ρύπανσης ή υπεράντλησης (υφαλμύρωση) και την αλλά και στην έλλειψη βροχοπτώσεων.

Η αύξηση των μέσων θερμοκρασιών και της εξατμισιοδιαπνοής, εξαιτίας της αναμενόμενης εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η Κρήτη λόγω θέσης, θα δεχτεί εντονότερες πιέσεις (μεγαλύτερη μείωση βροχοπτώσεων, άνοδος της στάθμης της θάλασσας στις ακτογραμμές, ένοντα καιρικά φαινόμενα που θα οδηγήσουν σε επιτάχυνση διάβρωσης των εδαφών, αυξημένοι κίνδυνοι ερημοποίησης ή επιτάχυνσης του φαινομένου σε περιοχές που ήδη υφίσταται κ.λπ) (ΤτΕ, 2011 ; Samolada M.C., Zabaniotou A. A., 2014 ; Garcia and Pargament, 2015).

5.2. Προτάσεις

- ✚ Ενημέρωση του αγροτικού πληθυσμού για την ασφάλεια των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για αγροτικές αρδεύσεις ώστε να ξεπεραστούν τυχόν αμφιβολίες.
- ✚ Εξάλειψη των περιπτώσεων απόρριψης των υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων σε υδάτινους αποδέκτες (Fatta et al, 2005).
- ✚ Ανάπτυξη επιπλέον μεθόδων για την περαιτέρω μείωση των αιωρούμενων στερεών στο τελικό επεξεργασμένο νερό.
- ✚ Περαιτέρω ανάπτυξη της δυναμικότητας των υπαρχόντων ΕΕΛ ώστε να υπερκαλυφθούν και μελλοντικές ανάγκες άρδευσης καλλιεργειών υπό το πρίσμα της άυξης της γεωργοκτηνοτροφικής δραστηριότητας.
- ✚ Δημιουργία δικτύου διασύνδεσης μεταξύ των ΕΕΛ ώστε να υπάρχει μεταφορά νερού σε κοινό δίκτυο σε όλο το νησί και να ακολουθήσει πλήρης αποδέσμευση από τους υπόγειους και επιφανειακούς υδροφορείς για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών. (Bravdo,1996).

- ✚ Δημιουργία αντλιοστασίων που θα λειτουργούν με χρήση ΑΠΕ.
- ✚ Χρήση του νερού για συστήματα τηλεθέρμανσης, χρησιμοποιώντας την θερμογόνο δύναμη της αποξηραμένης ιλύος.
- ✚ Χρήση της ιλύος για οργανικό εμπλουτισμό αργιλικών και ασβεστούχων εδαφών.
- ✚ Ενίσχυση μεθοδολογιών βιολογικής ή αειφορικής γεωργίας με την χρήση ιλύος για οργανικό λιπάσμα χαμηλής περιεκτικότητας σε άζωτο (Hochstrat, 2007).
- ✚ Δημιουργία δικτύου υπόγειων δεξαμενών για την προσωρινή αποθήκευση επεξεργασμένου νερού από ΕΕΛ (Uriu and Magness, 1967).
- ✚ Ανάπτυξη προγράμματος για κατ' αρχήν δωρεάν διάθεση της αποξηραμένης ιλύος προς το κοινό και τους επαγγελματίες αγρότες και σε δεύτερο στάδιο ανάπτυξη δικτύου εμπορικής εκμετάλλευσης στο εσωτερικό και εξωτερικό (Uriu and Magness, 1967 ; Mara, D. D., 2008).
- ✚ Χρήση της αποξηραμένης ιλύος και του επεξεργασμένου νερού, ως υλικά για οικοδομικές εργασίες.
- ✚ Ανάπτυξη δικτύου μεταφοράς νερού σε νησιά και περιοχές με υψηλό πρόβλημα λειψυδρίας.
- ✚ Ολοκλήρωση της διασυνδεσης όλων των οικισμών με τους εγγύτερους ΕΕΛ ώστε να εξαλειφθεί η χρήση βυτιοφόρων οχημάτων για μεταφορά λυμάτων.
- ✚ Διερεύνηση της χρήσης του γκρι νερού (επεξεργασμένο νερό) για κάθε τύπο καλλιέργειας (Mc Cornick, et al., 2004 ; Masullo A., 2017).
- ✚ Ανάπτυξη συστημάτων απορρόφησης των βαρέων μετάλλων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν από την χημική βιομηχανία.
- ✚ Χρήση του νερού των εκροών των ΕΕΛ κατ' αποκλειστικότητα για λόγους πυρόσβεσης ώστε να υπάρξει απαγκίστρωση από τους υπόγειους υδροφορείς (γεωτρήσεις).
- ✚ Βελτίωση της ποιοτικής λειτουργίας όλων των ΕΕΛ ώστε να δημιουργηθεί εμπιστοσύνη στην κοινή γνώμη για την χρήση του νερού σε αρδεύσεις καλλιεργειών και στην κτηνοτροφία (Brissaud, 2008).
- ✚ Δημιουργία δευτερεύοντος δικτύου σε όλη την Κρήτη για αποκλειστική αρδευτική χρήση, που θα τροφοδοτείται μόνο από τις εκκροές των ΕΕΛ. Πιλοτική εφαρμογή για τους μεγαλύτερους ΕΕΛ (Ηρακλείου, Χανίων Αγίου Νικολαου και Ρεθυμνου).

5.3. Επίλογος - Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Το πρόβλημα της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων της Κρήτης, μπορεί να αποτελέσει λύση για τα επείγοντα περιβαλλοντικά ζητήματα του νησιού. Το νερό των βιολογικών καθαρισμών (γκρι νερό των ΕΕΛ) είναι κατάλληλο για άρδευση και πιθανών και για κτηνοτροφική χρήση (Angelakis et al., 2007).

Το γκρί νερό μπορεί άμεσα να αποτελέσει έναν επαναχρησιμοποιούμενο πόρο που θα αποφορτίσει τους φυσικούς υδροφορείς και θα βοηθήσει στην ανάκαμψη του υδατικού δυναμικού του νησιού. Σήμερα η φέρουσα ικανότητα του νησιού δοκιμάζεται από την λειψιδρία και αν δεν ληφθούν σύντομα μέτρα στα επόμενα χρόνια υπάρχει άμεσος κίνδυνος να μειωθεί η πρωτογενής παραγωγή που αποτελεί τον δεύτερο σημαντικό πυλώνα της κρητικής οικονομίας (Mc Cornick et a. 2004 ; ΠΕΣΔΑΚ, 2012).

Τα άμεσα μέτρα που σχετίζονται με την δημιουργία κοινωνικής συνείδησης για την αποδοχή των εφαρμογών του ανακυκλωμένου νερού χρειάζονται πολιτικές αποφάσεις και μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Η ανάπτυξη ενός δικτύου διανομής του γκρι νερού, για την μεταφορά του στις περιοχές με τα μεγαλύτερα προβλήματα λειψιδρίας, είναι αναγκαία, καθώς η κλιματική αλλαγή έχει αρχίσει να επηρεάζει το νησί.

Το ίδιο ισχύει για την λύση της διαχείρισης της αποξηραμένης λυματολάσπης, που μπορεί να αποτελέσει πολύ γρήγορα ένα φθινό και αποτελεσματικό εδαφοβελτιωτικό για χρήση στην γεωργία και την κηποτεχνία.

Στο άμεσο μέλλον, όμως, κρίνεται αναγκαίο να προχωρήσουν επενδύσεις για την ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των ΕΕΛ του νησιού, όπως και να διερευνηθούν λύσεις που θα αποφορτίσουν την αισθητική και ρύπανση που προκαλούν οι εγκαταστάσεις.

Παράλληλα, θα πρέπει να χαραχθεί ένας δρόμος ενεργειακής επάρκειας των ΕΛΛ μέσω αποκλειστικής χρήσης ΑΠΕ.

Η τοπική κοινωνία, φαίνεται ότι ακόμη δεν έχει αντιληφθεί την σημασία της επαναχρησιμοποίησης των αστικών λυμάτων, επομένως ο δρόμος προς μία κυκλική

οικονομία, ακόμη είναι μακρύς και χρειάζεται καλά οργανωμένο χρονοδιάγραμμα δράσεων.

Είναι αναγκαία μία κοινωνική έρευνα για τον βαθμό και τον τρόπο αποδοχής από την καταναλωτική κοινωνία, προϊόντων που έχουν αρδευτεί με ανακυκλωμένο νερό.

Σε αυτό το σημείο, σημαντική είναι η επιστημονική έρευνα που συνεχίζεται για την βλετίωση της απόδοση των εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού και την αύξηση της ποιότητας των εκροών (Bedbabis et al., 2014).

Τέλος, το εγχείρημα της κυκλικής οικονομίας χρειάζεται έναν πολύ καλό σχεδιασμό των οικονομικών δραστηριοτήτων του νησιού, ο οποίος πιθανών πρώτα απαιτεί να προηγηθεί μία εκτίμηση των μελλοντικών αναγκών για διατροφή και υπηρεσίες, ώστε να είναι περιορισμένες στο ελάχιστον οι εξωτερικές εισροές. Παράλληλα, μαζί με τον προσεκτικό και μεθοδικό σχεδιασμό, απαιτείται συνεχής αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και διορθωτικές κινήσεις (T. Ahmad et al, 2017).

Η εισαγωγή καινοτομίας και νέων τεχνολογικών στην καθημερινή ζωή και παραγωγική διαδικασία, είναι ένας δρόμος που επίσης πρέπει να διερευνηθεί. Οι νέες τεχνολογίες, δημιουργούν έδαφος για πολλές εφαρμογές που διευκολύνουν και δίνουν κίνητρα στους πολίτες για συμμετοχή σε μία κυκλική οικονομία κλίμακας.

Η Πολιτεία σε συνεργασία με τις Τοπικές Αρχές και τις Αρχές της ΕΕ, μπορεί να συνεισφέρει στην γρήγορή μεταφορά και εγκθίδρυση τεχνογνωσίας και τεχνολογικών λύσεων που θα βοηθήσουν την γρηγορότερη αποδοχή και εφαρμογή μεθοδολογιών κυκλικής οικονομίας.

Τέλος, ο ιδιωτικός τομέας, μέσα από μεθοδολογία ΣΔΙΤ αλλά και αυτόνομα, μπορεί να συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

Ali Yacine Shanoun, Abdellatif El-Bari Tidjani, Abdelkader Iddou, 2012. Comparative study of the characteristics of three types of sludge from wastewater treatment plants. Energy Prosedia, vol 18.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Angelakis A.N., Durham B., 2006. Water recycling and reuse in EUREU countries: Trends and challenges. Desalination 218 (2008)3-12

Angelakis, A. N., Durham, B., Marecos do Monte, M.H.F., Salgot, M., Wintgens, T., Thoeue, C., 2007. Wastewater Recycling and Reuse in Eureau Countries with Emphasis on Criteria Used. EUREAU EU 1/2, Recycling & Reuse Working Group.

Angelakis, A. N., Marecos Do Monte, M.H.F., Bontoux, L., Asano, T., 1999. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. Water Research, volume 33, issue 10, pp. 2201-2217.

Angelakis, J. Rose (Eds.), 2014. Evolution of sanitation and wastewater technologies through the centuries, IWA Publishing, London, UK.

Antonis. A. Zorpas, Chryso Coumi, Miloslav Drtil, Irene Voukalli, Petros Samaras, 2010. Operation description and physicochemical characteristics of influent, effluent and the tertiary treatment from a sewage treatment plant of the Eastern Region of Cyprus under warm climates. Desalination and Water Treatment vol 22.

Atiq Uz Zaman, 2014. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. Journal of Cleaner Production vol 91.

Bedbabis S. et al., 2014. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. Journal of Environmental Management, vol 133.

Borboudaki, K.E., Paranychianakis, N.V., Tsagarakis, K.P., 2005. Integrates water management reporting at tourist areas for recycling purposes, including the case study of Hersonissos, Greece. Environmental Management, volume 36

Bountoux, J., Courtois, G., 1996. Wastewater reuse for irrigation in France. Water science and technology, volume 33.

Bravdo, B., Naor, A., 1996. Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. Acta Horticulturae (ISHS), vol 427

Brissaud, F., 2008. Criteria for water recycling and reuse in the Mediterranean region.

Desalination, volume 218, issues 1-3

Callum Rae and Fiona Bradley, 2012. Energy autonomy in sustainable communities — A review of key issues. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 16 (2012)

Cambridge Econometrics et al., 2014. Modelling the Economic and Environmental Impacts of Change in Raw Material Consumption, Γραφείο Εκδόσεων Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο.

Cannella S. et al., 2016. Closed-loop supply chains: what reverse logistics factors influence performance?, *International Journal of Production Economics*, vol. 175

Chen X. et al., 2017. Self-sustaining advanced wastewater purification and simultaneous in situ nutrient recovery in a novel bioelectrochemical system, *Chemical Engineering Journal*, vol. 330 (2017)

Coats E.R., Wilson P.I., 2017. Toward nucleating the concept of the water resource recovery facility (WRRF): perspective from the principal actors, *Environment Science and Technology*, vol.51.

Danellakis et al., 2011. : Olive oil mill wastewater toxicity in the marine environment: Alterations of stress indices in tissues of mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Journals of Aquatic Toxicology* vol 101,

Donald A.R. George et al., 2015. A circular economy model of economic growth. *Environmental Modelling & Software* vol 73.

Drewes Jorge E. et al., 2017. Characterization of unplanned water reuse in the EU, Final Report, Technical University of Munich for the European Commission DG Environment, Germany.

MacArthur Ellen Foundation, 2012, Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition

Europe INNOVA, 2012. Guide to resource efficiency in manufacturing: Experiences from improving resource efficiency in manufacturing companies.

European Commission, 2004. Water Reuse System Management-AQUAREC. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

European Commission, 2011. COMMISSION STAFF WORKING PAPER 6th Commission Summary on the Implementation of the Urban Waste Water Treatment. Directive. Brussels, 7.12.2011 SEC(2011) 1561 final.

European Commission Final Report, AMEC Environment & Infrastructure and Bio Intelligence Service, 2013. The opportunities to business of improving resource efficiency, Doc Reg No. 31305 13071i1, UK

FAO, 1985. Water quality for agriculture. R.S. Ayres and D.W. Westcot, FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome.

FAO, 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. M.B Pescod, FAO Irrigation and Drainage Paper 47, FAO, Rome.

FAO, 1997. Quality control of wastewater for irrigated crop production. D.W. Westcot, Water Report 10, FAO, Rome.

Fatta, D., Anayiotou, S., Papadopoulos, I., 2005. An overview of the water and wastewater management practices in Cyprus. IWA Specialty Conference, Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability, Jeju, Korea, November 8-11.

Fereres , E., Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, vol 58.

Fereres, E., Goldhamer, D.A., Parsons, L.R., 2003. Irrigation water management of horticultural crops. HortScience, vol 38.

Garcia X., Pargament D., 2015. Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making., Resources, Conservation and Recycling, vol 101.

Gardoni D. et al, 2015, Reuse of process water in a waste-to-energy plant: An Italian case of study. Waste Management, vol 43.

German Environment Agency, 2016. Technical Guide on the treatment and recycling techniques for sludge from municipal waste water treatment . April 2016. ISSN 2363-832X. German

Giannakopoulos et al., 2011. An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future. IERSD, National Observatory of Athens, WWF, EEWRC – Cyprus. Springerlink.com, 2011.

Healy M.G. et al., 2016. Metal Concentrations in lime stabilized thermally dried and anaerobically digested sewage sludges. , Waste Management, vol 5.

Hochstrat R., D. Joksimovic, T. Wintgens, T. Melin, D. Savic, J. Pinnekamp, 2007. Economic considerations and decision support tool for wastewater reuse scheme planning, Water Science and Technology, vol. 56.

Inbar, Y., 2007. New Standards for Treated Wastewater Reuse in Israel. In Wastewater Reuse-Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security. Springer Netherlands.

Jinping Li, Jinhua Gan, Yunjiao Hua, 2016. Characteristics of Heavy Metal Species Transformation of Pb, Cu, Zn from Municipal Sewage Sludge by Thermal Drying. Procedia Environmental Sciences vol. 31.

John A. Mathews and Hao Tan, 2011. Progress toward a circular economy in China. The Drivers (and Inhibitors) of Eco-industrial Initiative. Article in Journal of industrial ecology.

Jonathan Wilcoxa, Fuzhan Nasirib, Sarah Bellc, Md. Saifur, 2016. Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review. *Sustainable Cities and Society* vol 27.

Jorge Artur Pec, de Miranda Coelhoa, Valdiney Veloso Gouveia, Gustavo Henrique Silva de Souza, Taciano Lemos Milfont, Bruna Nogueira Romariz Barrosa, 2016. Emotions toward water consumption: Conservation and wastage. *Revista Latinoamericana de Psicología* vol 48.

Junjie Tao, Shoulin Wu, Linbo Sun, Xiaobo Tan, Shimiao Yu, Zhibin Zhang, 2012. Composition of Waste Sludge from Municipal Wastewater. Treatment Plant. *Procedia Environmental Sciences* vol 12.

Kefeni K.K. et al., 2017. Acid mine drainage: prevention, treatment options, and resource recovery: a review, *Journal of Cleaner Production*, vol. 151.

Konstantinos Chartzoulakis, Maria Bertaki, 2015. Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* vol 4.

Krzysztof Fijałkowski, Agnieszka Rorat, Anna Grobelak, Malgorzata J. Kacprzak, 2017. The presence of contaminations in sewage sludge - The current situation. *Journal of Environmental Management* vol 203.

Larsen, T. A., Udert, K. M., & Lienert, J. (Eds.), 2013. Source separation and decentralization for wastewater management, IWA Publishing, London, UK.

M.G. Healy, O. Fenton, P.J. Forrestal, M. Danaher, R.B. Brennan, L. Morrison, 2016. Metal concentrations in lime stabilised, thermally dried and anaerobically digested sewage sludges. *Waste Management* vol 48.

Małgorzata Kacprzak, Ewa Neczaj, Krzysztof Fijałkowski, Anna Grobelak, Anna Grosser, Małgorzata Worwag, Agnieszka Rorat, Helge Brattebo, Asgeir Almas, Bal Ram Singh, 2017. Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. *Environmental Research*, vol 156.

Mamais D., Kouzeli – Katsiri A., Christoulas D.G., Andreadakis A. and Aftias E., 1999. Evaluation of Agricultural Utilisation of the sludge produced at Psyttalia WWTP Proc of Disposal and Utilisation of Sewage Sludge: Treatment methods and Application Modalities, Athens.

Mantovi P. et al, 2005. Reuse of liquid, dewatered, and composted sewage sludge on agricultural land: effects of long-term application on soil and crop. *Water Research*, vol 39, Issues 2-3.

Mara, D. D., 2008. Using human waste safely for livelihoods, food production and health :A numerical guide to volume 2 to the Guidelines and practical advice on how to transpose them into national standards. World Health Organization (WHO).

Marecos do Monte, M.H.F., 2007. Guidelines for good practice of water reuse for irrigation: Portuguese standard NP 4434. In: M.K. Zaidi, Editor, *Water Reuse-risk Assessment, Decision-making and Environmental Security*, NATO Science for Peace and

Security Series, vol 2007

Masullo A., 2017. Organic wastes management in a circular economy approach: Rebuilding the link between urban and rural areas. *Ecological Engineering*, Volume 101, Pages 84-90.

Mathews A. John and Tan Hao, 2011. Progress toward a circular economy in China. The Drivers (and Inhibitors) of Eco-industrial Initiative. Article in *Journal of industrial ecology*.

Mavraki D., Sitara A. and Loukatos A, 2005. Sustainable indicators : The case of Romania. TEE, EPEP S.A., Heleco.

Mavromatis T, 2011. Changes in exceptional hydrological and meteorological weekly event frequencies in Greece. *Climatic Change* vol 110, pp. 249 - 267.

Mc Carthy, M.G., Loveys, B.R., Dry, P.R., Stoll, M. , 2002. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: *Deficit irrigation practices*, FAO Water Reports No. 22. Rome, Italy: FAO, 79–87.

Mc Cornick, P.G., Hijazi, A., Sheikh, B., 2004. From Wastewater Reuse to Water Reclamation: Progression of Water Reuse Standards in Jordan. In *WASTEWATER USE IN IRRIGATED AGRICULTURE. Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. The International Development Research center, IDRC.

Merli R. et al , 2017. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review, *Journal of Cleaner Production*, vol. 178.

Metcalf & Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, Fourth Edition, McGraw-Hill.

Metcalf & Eddy, 2007. *Water Reuse – Issues, Technologies, and Applications*, McGraw-Hill publications, New York.

Meyer, B. et al., 2011. Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment, ENV.F.1/ETU/2010/0033 Final Report, Osnabrück.

Mosquera - Rosada R. et al., 2016. Sustainable use of sewage sludge in acid soils within a circular economy perspective. *Catena*, vol 149, Part 1.

Nastos T. P., Matzarakis P.A., 2008. Variability of tropical days over Greece within the second half of the twentieth century. *Theor. Appl. Climatol.*, vol 93.

Odum E., 1971. *Fundamentals of Ecology*. Thrid Edition. Saunders College Publishing, Philadelphia.

Oingbin et al., 2015. Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production* vol. 104.

Oliver E. John, 2005. *Encyclopaedia of World Climatology*. Springer, ISBN-13 978-1-

4020-3266-0 (e-book) Springer Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York.

Ortiz Rodomiro, Sayre D. Kenneth, Govaerts Bram, Gupta Raj, Subbarao G. V., Ban Tomohiro, Hodson David, Dixon M. John, J. Ortiz-Monasterio Ivan, Reynolds Matthew, 2008. Climate change: Can wheat beat the heat?. Agriculture, Ecosystems and Environment, vol 126.

Ouahrani and Merzouki, 2009. Climate change in Mediterranean region : Vulnerability and Adaptation Opportunities. Wall paper, from International Climate Conference, Oxford - UK, 2009.

P. Vergine, A. Lonigro, P. Rubino, A. Lopez, A. Pollice, 2014. Sustainable Irrigated Agriculture in Mediterranean Countries with Trated Municipal Wastewater : A Case Study. Procedia Engineering vol 89.

Papa M., Foladori P., Guglielmi L., Bertanza G., 2017. How far are we from closing the loop of sewage resource recovery? A real picture of municipal wastewater treatment plants in Italy, Journal of Environment Management, vol.198.

Petros Gikasa, Ezio Ranieric, Dimitrios Sougioultzis, Maria Farazakia and George Tchobanoglousd, 2017. Alternative collection systems for decentralized wastewater management: an overview and case study of the vacuum collection system in Eretria town, Greece. Water Practice & Technology vol 12 No 3.

Pica E. Nasim et al, 2017. Produced water reuse for irrigation of non-food biofuel crops: Effects on switchgrass and rapeseed germination, physiology and biomass yield", Industrial Crops and Products, volume 100.

Quanguo Zhang, Jianjun Hu, Duu-Jong Lee, Yingju Chang, Yu-Jen Lee, 2017. Sludge treatment: Current research trends. Bioresource Technology vol 243.

Rigueiro Rodríguez A., et al, 2018. Proposing policy changes for sewage sludge applications based on zinc within a circular economy perspective.

Roberto Merli, Maria Claudia Lucchetti, Michele Preziosi, Gabriella Arcese, 2017. Causes of Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) stagnation and enabling measures to stimulate new registrations: Characterization of public administrations and private-owned organizations. Journal of Cleaner Production, vol 190.

Samolada M.C., Zabaniotou A. A., 2014. Comparative assessment of municipal Sewage sludge incineration, gasification and pyrolysis for a sustainable sludge to energy management in Greece, Waste Management, vol 34.

SgROI M. et al, 2018. Feasibility, sustainability and circular economy concepts in water reuse", Current Opinion in Environmental Scient & Health, vol 2.

Sotirios Sklavos et al, 2015. Use of solar distillation for olive mill wastewater drying and recovery of polyphenolic compounds. Journal of Environmental Management vol,162.

Su Lin Lim et al., 2015. Sustainability of using composting and vermicomposting

technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* vol 111.

Svetlana Maksimova, Dariya Kosourova, Anna Pesheva, 2015. Recycling of Wastewater Treatment Plants Sludge in Urban Landscaping in West Siberia. *Procedia Engineering* vol 117.

T. Ahmad, K. Ahmad, M. Alam, 2017. Characterization of Water Treatment Plant's Sludge and its Safe. Disposal Options. *Procedia Environmental Sciences* vol 35.

Tchnobanoglous G., Leverenz H., 2013. The rationale for decentralization of wastewater infrastructure, in Larsen, T. A., Udert, K. M., & Lienert, J. (Eds.). (2013), *Source separation and decentralization for wastewater management*, IWA Publishing, London, UK.

Theregowda R.B. et al., 2016. Integrating external costs with life cycle costs of emissions from tertiary treatment of municipal wastewater for reuse in cooling systems, *Journal of Cleaner Production*, vol. 112.

Tóth Gergely et al., 2016. Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of The Total Environment*, vol 565,

U.N., 1987. *Our Common Future*. Report of the World Commission on Environment and Development, Brundland Commission.

Uriu, K., Magness, J.R., 1967. Deciduous tree fruits and nuts. In: Hagan, R.M., Haise, H.R., Edminster, T.W. Edminster, Editors, *Irrigation of agricultural lands*, Monograph vol 11, American Society of Agronomy, Madison, WI.

US EPA, 2004. *Guidelines for Water Reuse*. EPA/625/R-04/108, U.S Agency for International Development, Washington, DC, USA.

WHO, 1973. *Reuse of effluents: Methods of Wastewater treatment and Public Health Safeguards*. Report of a WHO meeting of experts, Technical Report Series No.517. WHO, Geneva, Switzerland.

WHO, 1989. *Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*. Report of a Scientific Group, Technical Report Series No.778. World Health Organization: Geneva, Switzerland.

WHO, 2006. *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume I: Policy and Regulatory Aspects*. World Health Organization: Geneva, Switzerland.

Wilcox J., Nasiri F., Bell S., Rahaman M.S., 2016. Urban water reuse: a triple bottom line assessment framework and review, *Sustainable cities and society*, vol. 27.

Woltersdorf L. et al., 2018. Benefits of an integrated water and nutrient reuse system for urban areas in semi-arid developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, volume 128.

X. Garcia, D. Pargament, 2015. Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making. Resources, Conservation and Recycling vol 101.

Zaman Uz Atiq, 2014. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. Journal of Cleaner Production vol 91.

Zhuo Chena, Qianyuan Wua, Guangxue Wua, Hong-Ying Hub, 2017. Centralized water reuse system with multiple applications in urban areas: Lessons from China's experience. Resources, Conservation and Recycling 117.

Ελληνόγλωσση

Αγγελάκης Α. Ν., και Τσομπάνογλου Γ., 1995. Υγρά Απόβλητα. Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση εκροών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

Αγγελάκης, Α. Ν., 2004. Εγχειρίδιο: Διαχείριση Αστικών Υγρών Αποβλήτων. Έργο Equal. Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης, Λάρισα

Αγραφιώτη Ευανθία, 2010. Στρατηγικό Σχέδιο για την Επαναχρησιμοποίηση των Εκροών των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων στην Κρήτη. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, ΜΠΣ Περιβαλλοντική και Υγειονομική Μηχανική. Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Αριανούτσου - Φαραγγιτάκη Μ., Γιαννίταρος Α., και Κουμπλή – Σοβαντζή, Λ., 2003. Τα Χερσαία Οικοσυστήματα της Ελλάδας. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Οικολογίας και Ταξινομικής.

Βασιλάκη Ρ., 2008. Το Φαινόμενο της Ερημοποίησης στην Κρήτη και ο Ρόλος της Ελιάς. Πολυτεχνείο Κρήτης, Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Βλυσίδης Απόστολος, 2007. Χαρακτηριστικά Αστικών Λυμάτων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), 2014 Μετεωρολογικά Στοιχεία Ελλάδος.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2010. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ στην Ελλάδα, Κατάσταση 2009, Αθήνα.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Χανιά.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2015. ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ Υδατικό Διαμέρισμα ΚΡΗΤΗΣ (GR13) Κρήτη.

ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2015. Η Ελλάδα με Αριθμούς. Έκδοση Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, Ιούλιος - Σεπτέμβριος.

ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2018. Απογραφή Γεωργικού και Κτηνοτροφικού Κεφαλαίου 2009, 2014

ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ Περιφέρειας Κρήτης, 2014. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ 2014-2020, ΚΡΗΤΗΣ

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ΕΕ L 354 (28.12.2013^α)- Σχετικά με το γενικό Ενωσιακό Πρόγραμμα Δράσης για το περιβάλλον έως το 2020, «Ευημερία εντός των ορίων του πλανήτη μας», σελ. 171-200,

ΕΣΔΑ, 2014. Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων. ΥΠ.Ε.Κ.Α. (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής).

ΕΣΣΠΔΑ, 2015. Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων. Αναθεωρημένη έκδοση και νέο χρονοδιάγραμμα. ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής).

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011. COM (2011) 571 - Roadmap to a Resource Efficient Europe, Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013^β. 7η έκθεση της Ευρωπαϊκής επιτροπής για την εφαρμογή της οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014^α. Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών. Προς μία Κυκλική Οικονομία, Πρόγραμμα Μηδενικών Αποβλήτων για την Ευρώπη. SWD(2014) 206 final, SWD(2014) 211 final}. Βρυξέλλες 2.7.2014, COM 2014 (398) final.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014^β. COM(2014) 440 - ΠΡΑΣΙΝΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΜΕ - Να δοθεί η δυνατότητα στις ΜΜΕ να μετατρέψουν τις περιβαλλοντικές προκλήσεις σε επιχειρηματικές δυνατότητες, Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014^γ. COM(2014) 398 final/2 - Προς μια κυκλική οικονομία: πρόγραμμα μηδενικών αποβλήτων για την Ευρώπη, Βρυξέλλες

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014^δ. COM(2014) 446.- Πρωτοβουλία για την πράσινη απασχόληση: Αξιοποίηση των δυνατοτήτων της πράσινης οικονομίας για τη δημιουργία θέσεων εργασίας, Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^α., COM(2017)33 τελικό - Έκθεση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών σχετικά με την υλοποίηση του σχεδίου δράσης για την κυκλική οικονομία, Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017^β. Έκθεση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών σχετικά με την εφαρμογή της νομοθεσίας της ΕΕ για τα απόβλητα

κατά την περίοδο 2010-2012 Εφαρμογή της οδηγίας 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα, Βρυξέλλες.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017γ. 9η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Κατάσταση, και τα Προγράμματα για την Εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ΕΟΚ για την Επεξεργασία των Αστικών Λυμάτων, Βρυξέλλες.

Καλλία - Αντωνίου Α., 2009. Το ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο διαχείρισης αποβλήτων και η εφαρμογή του στην Ελλάδα, ΠΕΡΔΙΚ 4/2009 (ΕΤΟΣ 130), σελ. 662-676.

Καλλία-Αντωνίου Α., 2013. Θεσμικό Πλαίσιο για την Διαχείριση των Στερεών και Υγρών Αποβλήτων στην Ελλάδα. Παρουσίαση Σεμιναρίου σε ΕΣΔΔΑ, ΠΙΝΕΠ.

Καλογεράκης και Νικολαΐδης, 2008. Μέτρα Φιλικά Προς το Περιβάλλον: 10 Εναλλακτικές Προτάσεις Επεξεργασίας Αποβλήτων Ελαιουργείων. Πρόγραμμα LIFE05 ENV/GR/000245.

Καψανάκη - Γκότση Ε., Ρουσσομουστακάκη Μ., Τάφας Π., Νταλής Δ., Μπιτης Ι., 1997. Εφαρμοσμένη Οικολογία. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.

Λαβουτά, 2008α. Στρατηγικό Σχέδιο για την Επαναχρησιμοποίηση των Εκροών των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων στην Κρήτη. Πολυτεχνείο Κρήτης, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Περιβαλλοντική και Υγειονομική Μηχανική. Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Λυμπεράτος Γ., 2003. Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων : Αστικά Λύματα, Εκδόσεις Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Νταρακάς Ε., 2014. Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ Θεσσαλονίκη.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Περιφέρεια Κρήτης, 2012. Μελέτη για την αναθεώρηση-επικαιροποίηση του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑΚ).

Τράπεζα της Ελλάδος, Επιτροπή Μελέτης της Κλιματικής Αλλαγής, 2011. Οι Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα. Επιμέλεια έκδοσης, σελιδοποίηση, εκτύπωση και βιβλιοδεσία: Ίδρυμα Εκτύπωσης Τραπεζογραμματίων και Αξιών. ISBN 978-960-7032-49-2.

ΥΠΕΚΑ, 2014 : Ε.Σ.Δ.Α. Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων». ΥΠ.Ε.Κ.Α. (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής).

ΥΠΕΚΑ, 2015 : Ε.Σ.Σ.Π.Δ.Α. : Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων. Αναθεωρημένη έκδοση και νέο χρονοδιάγραμμα. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

ΦΕΚ Β, 3465 / 8-12-2012. Αποτελέσματα απογραφής πληθυσμού – κατοικιών 2011, για τον μόνιμο πληθυσμό της χώρας. Απόφαση 11247 / 28 - 12 - 2012. ΕΛΣΤΑΤ, 2012.

Χατζηγιαννακού Μαρία - Αγγελική, 2013. Προβλεπόμενες Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής. Τι μας επιφυλάσσει το Μέλλον. Οικονομικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής. Πανεπιστήμιο Πειραιά, ΠΜΣ στην Ναυτιλία. Διπλωματική Εργασία.

Ιστότοποι

Meteoclub, 2018: <http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopedia/2618-klimatiki-katataksi-elladas>

Ιστότοπος Πρόγραμματος LIFE – PRODOSOL <http://www.prosodol.gr/?q=el/node/212>>,

Ιστότοπος Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2018.
<<http://www.ypeka.gr>>, Υδατικοί Πόροι / Διαχείριση Λυμάτων

Circular Economy: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

EU, 2018^α: [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/documents/com/com_com\(2014\)0398_/com_com\(2014\)0398_el.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/documents/com/com_com(2014)0398_/com_com(2014)0398_el.pdf)

EU, 2018^β: <http://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/circulareconomy/#collapseDefinitions>

https://www.I.P.C.C..ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

<https://www.incrediblecrete.gr/el/climate/>

<http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx>

<http://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/circulareconomy/#collapseDefinitions>

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=ten00030>

<http://www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public/index.html>

<http://www.prosodol.gr/?q=el/node/212>

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=WGtQVsk9ulY%3d&tabid=251&language=el-GR>

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

World Health Organization WHO, 2002. Regional Office for Europe. European Commission. Eutrophication and Health. URI: <<http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/pdf/eutrophication.pdf>>.

WWF : Μαραγκού Π., 2006. *Η εντατική γεωργία «στραγγίζει» το νερό στην Μεσόγειο. Προγράμματα προστατευόμενων περιοχών και υδάτινων πόρων.*
URI : <<http://www.wwf.gr/news/187>>

ΕΕ, 2018^c : *Προς μία κυκλική οικονομία* ,
https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_el .

Ιστότοπος FAOSTAT, 2018 < <http://faostat3.fao.org/home/E> .

Ιστότοπος Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, 2018
<<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>>, Στατιστικά Θέματα/Πληθυσμός / Γεωργία / Απόβλητα.

Λαβουτά Β., 2008^b: *Αρχές και Κριτήρια Κυκλικής Οικονομίας και Οικονομία Διαμοιρασμού*. Παρουσίαση, <http://helios-eie.ekt.gr/EIE/bitstream/10442/15598/1/LAVOUTA.pdf>.

Μελίδης, 2018 : Χαρακτηριστικά των Υγρών Αποβλήτων. Παρουσίαση.
<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMC206/%CE%A7%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CF%85%CE%B3%CF%81%CF%8E%CE%BD%20%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CF%84%CF%89%CE%BD.pdf>.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Ευρετήριο Πινάκων		
α/α	Λεζάντα	σελ.
1	Καθορισμός προδιαγραφών για την την χρήση ιλύος σε γεωργικές δραστηριότητες σύμφωνα με την Οδηγία 86/278/ΕΕ και την ελληνική νομοθεσία (ΥΠΕΚΑ, 2018, ΚΥΑ 80568/4225/91)	24
2	Παραγωγή Ιλύος στις 28 χώρες ΕΕ σε χιλιάδες tn ξηράς ουσίας (ds) (: οπου υπάρχει σημαίνει ότι τα στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα)(Eurostat)	27
3	Ρύπανση και Μόλυνση του νερού που προκαλούν τα υγρά λύματα (Πηγή: Νταράκας, 2010)	36
4	Γενικά χαρακτηριστικά υγρών αστικών λυμάτων (σε mgr/lit η συγκέντρωση του ρυπαντικού φορτίου κατά την είσοδο, σε gr/κάτοικο/ημέρα η συγκέντρωση της παραγόμενης ρύπανσης (Πηγή: Νταράκας, 2010)	36
5	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά Υ.Α.Ε. (Πηγή :	38
6	Βασικά στάδια επεξεργασίας των υγρών αστικών λυμάτων(Πηγή : Νταράκας, 2010)	41
7	Γενική εικόνα των διεργασιών που ακολουθούνται για την επεξεργασίας των υγρών αστικών λυμάτων (Πηγή : Νταράκας, 2010)	44
8	Οι Κλιματικές Ζώνες στην Ελλάδα (Πηγή: Αριανούτσου και άλλοι, 2003)	74
9	Εκμεταλλεύσεις και χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση αυτών, με διάκριση σε μεικτές, αμιγώς γεωργικές και κτηνοτροφικές, κατά περιφέρεια και νομό (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2018)	84
10	Εκμεταλλεύσεις με αρδευόμενες και αρδευθείσες εκτάσεις, κατά περιφέρεια και νομό εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2018)	84
11	Κατανομή της χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης των εκμεταλλεύσεων, κατά βασικές κατηγορίες χρήσης, περιφέρεια και νομό (Πηγή : ΕΛΣΤΑΤ, 2018 εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα)	85
12	Κατανομή γεωργικών και άλλων εκτάσεων στην Περιφέρεια Κρήτης, κατά Περιφερειακή Ενότητα και Νομό (σε χιλιάδες και χιλιάδες στρέμματα) (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2018)	85
13	Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων στο Υδατικό Διαμέρισμα 13 (Κρήτη) (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx)	88
14	ΕΕΛ και ΕΚΚΡΟΕΣ στην Κρήτη (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx)	89
15	ΕΕΛ Αγίου Νικολάου(Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR432001011,2018)	94
16	ΕΕΛ Ανωγείων (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4330020114,2018)	94
17	ΕΕΛ Αρκαλοχωριού (Πηγή:	95

	http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4310030119,2018)	
18	ΕΕΛ Αρμενίων (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4340040117,2018)	95
19	ΕΕΛ Αρχανών (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4310040110,2018)	96
20	ΕΕΛ Ελούντας(Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43200103113,2018)	96
21	ΕΕΛ Ηρακλείου(Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR431001017,2018)	97
22	ΕΕΛ Ιεράπετρας(Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR432002013,2018)	97
23	ΕΕΛ Κισσάμου(Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4340130118,2018)	98
24	ΕΕΛ Μαλίων(Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR431017018,2018 ,	98
25	ΕΕΛ Ματάλων (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43102509112,2018)	99
26	ΕΕΛ Μπαλίου(Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43300408116,2018)	99
27	ΕΕΛ Νέα Κυδωνία (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR434018035,2018)	100
28	ΕΕΛ Πάνορμος (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4330041115,2018)	100
29	ΕΕΛ Ρεθύμνου (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR433001019,2018)	101
30	ΕΕΛ Σητείας (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR43200103113,2018)	101
31	ΕΕΛ Τυμπακίου (Πηγή : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR4310250111,2018)	102
32	ΕΕΛ Χανίων (Πηγή :	102

	http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR434001014 , 2018)	
33	ΕΕΛ Χερσονήσου (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/View.aspx?xuwcode=GR431026016 , 2018).	103
34	Αποτελέσματα ελέγχων στην τελική παραγόμενη λάσπη για τον ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας, για τα έτη 2012, 2013, 2014, 2015 (Πηγή: ΕΕΛ Νέας Κυδωνίας, 2018).	104
35	Συνοπτική παρουσίαση ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΕΛΛ Κρήτη. (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx).	105
36	Αποτελέσματα Ελέγχων για Βαρέα Μέταλλα στον ΕΕΛ Χανίων (Ξηρή Ιλύς σε mgr / kgr) (Πηγή: ΕΕΛ, Χανίων, 2018).	106
37	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΙΣΠΡΟΩΝ - ΕΚΚΡΟΩΝ στους ΕΕΛ Κρήτης (Πηγή: http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx).	107

Ευρετήριο Εκόνων		
α/α	Λεζάντα	σελ.
1	Οι βασικές αρχές της στρατηγικής της ΕΕ για την διαχείριση των αποβλήτων Πέρασμα από την Γραμμική στην Κυκλική Οικονομία. Είναι προφανές ότι η Κυκλική Οικονομία αποτελεί ένα εξαιρετικά σύνθετο μοντέλο σχεδιασμού οικονομικής δραστηριότητας που περιλαμβάνει όλες τις δυνατές παραμέτρους (πολιτική, ανάπτυξη, περιβάλλον, φυσικοί πόροι, κοινωνίες, ανάγκες, ενέργεια, χρόνος ζωής κ.λπ).	4
2	(Πηγή :EU, 2018 ^c http://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/circulareconomy/#collapseDefinitions)	5
3	Σχηματική παρουσίαση της μετάβασης από την Γραμμική Οικονομία στην Κυκλική Οικονομία με παρεμβολή νέων σταδίων δραστηριοτήτων. (Πηγή :Oingbin et al, 2015 ; Atiq Uz Zaman, 2014).	8
4	Το τρίπτυχο της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων (Πηγή : Νταράκας, 2010)	40
5	Διάγραμμα μίας τυπικής διάταξης επεξεργασίας ενός ΕΕΛ (Πηγή : Νταράκας, 2010)	42
6	Σχεδιάγραμμα πρωτοβάθμιας μηχανικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων σε ΕΕΛ (Πηγή : Νταράκας, 2010)	44
7	Σχεδιάγραμμα δεξαμενών καθίζησης (Πηγή : Νταράκας, 2010)	45
8	Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα κατά το σύστημα Koppen (Πηγή : http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopedia/2618-klimatiki-katataksi-elladas,)	76
9	Οι χρήσεις γης στην Περιφέρεια Κρήτης, όπως έχουν αποτυπωθεί μέχρι το 2012 με το σύστημα CORINE (Πρόγραμμα Copernicus) (Πηγή : https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012?tab=mapview)	83
10	Ηλιακή Ξήρανση λυματολάσπης στην εγκατάσταση του ΧΥΤΑ Χερσονήσου	90
11	Η κατανομή των Υδατικών Διαμερισμάτων στην Ελλάδα, Η Κρήτη ανήκει στο ΥΔ 13 (GR13) (Πηγή : ΥΠΕΚΑ, ΓΓΥ 2018 : http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=247&language=el-GR)	91
12	Κτανομή των 19 ΕΕΛ στην Περιφέρεια Κρήτης, Όπως φαίνεται, οι 14 από τους 19 λειτουργούντες ΕΕΛ κατανέμονται προς την ανατολική πλευρά του νησιού. (Πηγή : ΥΠΕΚΑ, 2018 : http://astikalimata.ypeka.gr/Services/Pages/Browse.aspx)	93

Ευρετήριο Διαγραμμάτων		
α/α	Λεζάντα	σελ.
1	Το 89 % του συνολικού φορτίου παράγεται στους οικισμούς άνω των 10.000 Μ.Ι.Π. Αυτοί θεωρούνται οικισμοί προτεραιότητας όσον αφορά την επίτευξη της συμμόρφωσης στην Οδηγία για τα λύματα και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος (Πηγή: 9η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, 2017).	20
2	Ποσοστά συμμόρφωσης με την Οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Οι μέσες τιμές εκφράζονται και σταθμίζονται με βάση το ρυπαντικό φορτίο για κάθε Κράτος Μέλος της ΕΕ. (Πηγή: Έκθεση ΕΕ, 2017)	28
3	Χρήση της παραγόμενης λυματολάσπης από οικισμούς >2000 ΙΚ. (Πηγή: 9η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2017)	32
4	Τα κύρια στάδια της οξείδωσης του οργανικού φορτίου των λυμάτων για ανθρακούχες και αζωτούχες οργανικές ενώσεις (BOD / C / N) (Πηγή: Νταράκας, 2010)	50
5	Συγκριτική παρουσίαση του ΑΕΠ της Κρήτης ανά νομό και της Ακαθόριστης Προστιθέμενης Αξίας (ΑΠΑ) ανά τομέα οικονομικής δραστηριότητας (Πηγή: ΠΕΣΔΑΚ, 2012)	73
6	Η μέση ετήσια θερμοκρασία στην Ιεράπετρα για την περίοδο 1956 - 1997 (Πηγή: ΠΕΣΔΑΚ, 2012)	75
7	Η μέση ετήσια θερμοκρασία στο Τυμπάκι για την περίοδο 1956 - 1997 (Πηγή: ΠΕΣΔΑΚ, 2012)	76
8	Μέσες τιμές μέγιστων και ελάχιστων θεροκρασιών για την νήσο Κρήτη (μέσες χωρικές θερμοκρασίες) (Πηγή: https://www.incrediblecrete.gr/el/climate/)	77
9	Οι μέσες χρονικές μεταβολές των τιμών του CO ₂ στην ατμόσφαιρα για τα τελευταία 2000 χρόνια (Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_record)	79
10	Η θερμοκρασιακή μεταβολή κατά την περίοδο 1860 - 1998 που συνδέεται με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την εκτίμηση για άμεσες επιδράσεις στην κλιματική συμπεριφορά του πλανήτη. Το IPCC προβλέπει ότι μέχρι το 2100 θα υπάρξει αύξηση κατά μέσο όρο 4 C° (Πηγή: IPCC, 2018 ; Jones et al, 1999 ; Viner and Agnew, 1999).	79
11	Μεταβολή κατά μέση μηνιαία τιμή του CO ₂ , με βάση τις μετρήσεις του σταθμού Mauna Moa της Χαβάης (a, b). Η πρόβλεψη για το 2020 είναι αυξητική. Η μεταβολή του CO ₂ από το 2013 με πρόβλεψη έως το 2018, σύμφωνα με τα στοιχεία του σταθμού μέτρησης Mauna Loa της Χαβάης (από 7/8/2017) δείχνει μέση τιμή 406,36 ppm για τον Μάιο του 2017 από 404,16 ppm που ήταν τον Μάιο 2016 (b) (Πηγή: https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html)	81
12	PSR Ανάλυση για το ΣΣΑΑ-ΕΕΛ	133
13	Διάγραμμα Ροής για τα κεντρικά σημεία ενός ΣΣΑ - ΕΕΛ της Κρήτης. Τελικός στόχος είναι η πλήρης αξιοποίηση των εκροών των ΕΛΛ, με μηδενισμό του περιβαλλοντικού κόστους και πλήρη διοχέτευση και αξιοποίηση από τις παραγωγικές διαδικασίες.	136

Ακρωνύμια

Ε.Σ.Π.Κ.Α.	Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή
Ε.Μ.Ε.Κ.Α.	Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής
W.M.O.	World Meteorological Organization / Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας
W.H.O.	World Health Organization / Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
UV	Ultra Violet / Υπεριώδης Ακτινοβολία
I.P.C.C.	Intergovernmental Panel on Climate Change / Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή
DES.	Digital Elevation Model / Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο
US - EPA	United States Environmental Protection Agency / Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος
FAO	Food and Agriculture Organization / Οργανισμός για την Γεωργία και την Διατροφή
UNEP	United Nations Environment Programm
ΕΕΑ	Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων

Πίνακες ορίων για απορριπτόμενα υλικά ΕΕΛ

Μικροβιολογικά όρια ποιότητας λυμάτων για γεωργική χρήση σύμφωνα με τον WMO (1989) (Πηγή WMO, 1989 ; Αγραφιώτη, 2010).					
Κατηγορία	Είδος άρδευσης	Εκτιθέμενη ομάδα πληθυσμού	Εντερικοί νηματώδεις ^β (αριθμητικός μέσος αυγών ανά λίτρο) ^γ	Περιττωματικά κολοβακτηρίδια, FC (γεωμετρικός μέσος ανά 100 ml) ^γ	Επεξεργασία που αναμένεται να επιτύχει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα
A	Άρδευση καλλιεργειών με τρόφιμα που καταναλώνονται ωμά, άρδευση γηπέδων, δημοσίων πάρκων ^δ	Εργαζόμενοι, καταναλωτές, κοινό	≤1	≤1000 ^ο	Σειρά λιμνών σταθεροποίησης που επιτυγχάνει την απαιτούμενη μικροβιολογική ποιότητα, ή άλλη ισοδύναμη επεξεργασία
B	Άρδευση δημητριακών, βιομηχανικών καλλιεργειών, ζωοτροφών, βοσκοτόπων και δέντρων ^ε	Εργαζόμενοι	≤1	Δεν τίθενται όρια	Παραμονή σε λίμνες σταθεροποίησης για 8-10 μέρες, ή ισοδύναμη απομάκρυνση εντερικών νηματωδών και 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 την τεχνολογία του συστήματος άρδευσης, αλλά όχι μικρότερη από πρωτοβάθμια καθίζηση

Κίνδυνοι από αρδευτική χρήση ελλειπώς επεξεργασμένων αποβλήτων ΕΕΑ (Πηγή WMO, 2006 ; Αγραφιώτη, 2010).

Εκτιθέμενη ομάδα	Απειλές για την υγεία		
	Εντερικοί σκώληκες	Βακτήρια/Ιοί	Πρωτόζωα
Καταναλωτές	Σημαντικός κίνδυνος μόλυνσης τόσο για τους ενήλικες όσο και για τα παιδιά που έρχονται σε επαφή με ανεπεξέργαστα λύματα	Χολέρα, τυφοειδής πυρετός και shigellosis από τη χρήση ανεπεξέργαστων λυμάτων, θετική αντίδραση στο <i>Helicobacter pylori</i> (για ανεπεξέργαστα λύματα), εκδήλωση διάρροιας όταν τα ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κολοβακτηρίδια που εμπεριέχονται στο νερό ξεπερνούν τα $10^7/100\text{ml}$	Ενδείξεις παρασιτικών πρωτόζωων στις επιφάνειες λαχανικών που αρδεύονται με ανακτημένα λύματα, αλλά καμία άμεση απόδειξη για μετάδοση ασθένειας
Αγρότες και οικογένειες αγροτών	Σημαντικός κίνδυνος μόλυνσης από εντερικούς σκώληκες τόσο για τους ενήλικες όσο και για τα παιδιά που έρχονται σε επαφή με ανεπεξέργαστα λύματα, αυξημένος κίνδυνος μόλυνσης από νηματοσκώληκες για τους εργάτες που δεν φορούν υποδήματα. Ο κίνδυνος για μόλυνση από εντερικούς σκώληκες παραμένει, κυρίως για τα παιδιά, ακόμα και όταν το επεξεργασμένο νερό περιέχει <1 αυγό εντερικών σκωλήκων/l. Για αυτή τη συγκέντρωση οι ενήλικες δεν εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο	Αυξημένος κίνδυνος διάρροιας σε νέα παιδιά που έρχονται σε επαφή με τα λύματα όταν τα ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κολοβακτηρίδια που εμπεριέχονται στο νερό ξεπερνούν τα $10^7/100\text{ml}$, αυξημένος κίνδυνος μόλυνσης από <i>Salmonella</i> για τα παιδιά που εκτίθενται σε ανεπεξέργαστα λύματα, υψηλή αντίδραση στο πορονίπυς για τους ενήλικες που έρχονται σε επαφή με μερικώς επεξεργασμένα λύματα	Ο κίνδυνος μόλυνσης από <i>Giardia</i> βρέθηκε ασήμαντος για επαφή τόσο με επεξεργασμένα όσο και με ανεπεξέργαστα λύματα. Μία άλλη μελέτη που διεξήχθη στο Μεξικό έδειξε τρεις φορές αύξηση του κινδύνου μόλυνσης από <i>Giardia</i> για τους αγρότες που χρησιμοποιούν ανεπεξέργαστα λύματα σε σύγκριση με την άρδευση με καθαρό νερό. Παρατηρείται αυξημένος κίνδυνος αμοιβάδωσης από την επαφή με ανεπεξέργαστα λύματα
Γειτονικές κοινότητες	Η μετάδοση ασθενειών εντερικών σκωλήκων δε μελετήθηκε για τη περίπτωση άρδευσης με καταιονισμό, αλλά ισχύουν όλα τα παραπάνω για άρδευση με αυλάκια και κανάλια με μεγάλη πιθανότητα επαφής	Η άρδευση με καταιονισμό με κακής ποιότητας νερό (10^6-10^8 ολικά κολοβακτηρίδια/100ml) και η έκθεση σε υγρά ψεκασμού συνδέονται με έναν αυξημένο κίνδυνο μόλυνσης. Η χρήση μερικώς επεξεργασμένων λυμάτων (10^3-10^5 ή και λιγότερα ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες κολοβακτηρίδια /100ml) για άρδευση με καταιονισμό δε σχετίζεται με αυξημένο ρυθμό μόλυνσης από ιούς	Δεν υπάρχουν στοιχεία για τη μετάδοση ασθενειών που οφείλονται σε πρωτόζωα από τη χρήση λυμάτων για την άρδευση με καταιονισμό

Τιμές ελέγχου επαλήθευσης για E.coli (/100 ml) για διάφορα στάδια επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΑ (Πηγή WMO, 2006 ; Αγραφιώτη, 2010).

Κατηγορία άρδευσης	Επιλογή (σχήμα 2.1)	Απαιτούμενη μείωση παθογόνων μέσω επεξεργασίας (log)	Έλεγχος επαλήθευσης (E.coli/100ml)	Παρατηρήσεις
Απεριόριστη	A	4	$\leq 10^3$	Καλλιέργειες των οποίων καταναλώνεται η ρίζα
	B	3	$\leq 10^4$	Καλλιέργειες των οποίων δεν καταναλώνεται η ρίζα
	C	2	$\leq 10^5$	Στάδην άρδευση καλλιεργειών που αναπτύσσονται πολύ
	D	4	$\leq 10^3$	Στάδην άρδευση καλλιεργειών που δεν αναπτύσσονται πολύ
	E	6 ή 7	$\leq 10^1$ ή $\leq 10^0$	Τα ποιοτικά κριτήρια εξαρτώνται από τις απαιτήσεις των τοπικών αρμόδιων οργανισμών ²
Περιορισμένη	F	3	$\leq 10^4$	Χειρωνακτική άρδευση (προστασία ενηλίκων και παιδιών κάτω των 15 ετών)
	G	2	$\leq 10^5$	Μηχανοποιημένη άρδευση
	H	0,5	$\leq 10^6$	Απομάκρυνση παθογόνων σε δεξαμενή βιολογικού καθαρισμού

Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις στο έδαφος για βαρέα μέταλλα και άλλα τοξικά υλικά (Πηγή WMO, 2006 ; Αγραφιώτη, 2010).

Χημικά Στοιχεία	Συγκέντρωση στα λύματα (mg/kg)	Χημικά Στοιχεία	Συγκέντρωση στα λύματα (mg/kg)
Αντιμόνιο	36	DDT	1,54
Αρσενικό	8	Διχλωροβενζένιο	15
Βάριο	302	Dieldrin	0,17
Βηρύλλιο	0,2	Διοξίνες	0,00012
Βόριο	1,7	Επταχλωρίδιο	0,18
Κάδμιο	4	Εξαχλωροβενζένιο	1,40
Φθόριο	635	Λιντάνιο	12
Μόλυβδος	84	Methoxychlor	4,27
Υδράργυρος	7	PAHs (βενζοπυρένιο)	16
Μολυβδένιο	0,6	PCB	0,89
Νικέλιο	107	Πενταχλωροφαινόλη	14
Σελήνιο	6	Φθαλκικές ενώσεις	137333*
Αργυρος	3	Πυρένιο	41
Θάλλιο	0,3	Στυρένιο	0,68
Βανάδιο	47	2,4,5-T	3,82
Aldrin	0,48	Τετραχλωροαιθάνιο	1,25
Βενζένιο	0,14	Τετραχλωροαιθυλένιο	0,54
Chlordane	3	Τολουένιο	12
Χλωροβενζένιο	211	Ταξαφέν	0,0013
Χλωροφόρμιο	0,47	Τριχλωροαιθάνιο	0,68

Όρια ποιότητας απορριπτόενων αστικών λυμάτων για χρήση, σύμφωνα με US-EPA (Πηγή US-EPA, 2004 ; Αγραφιώτη, 2010).

Κατηγορία επαναχρησιμοποίησης	Επεξεργασία	Ποιότητα ανακτημένου νερού ²	Έλεγχος ανακτημένου νερού	Αποστάσεις ασφαλείας ³
Αστική χρήση Αρδευση διαμορφωμένων εξωτερικών χώρων (πχ. γήπεδα γκολφ, πάρκα, νεκροταφεία), πλύσιμο αυτοκινήτων, καθαρισμός τουαλετών, πυροπροστασία, κλιματισμός και άλλες εφαρμογές με παρόμοια πρόσβαση ή έκθεση στο νερό	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Διήθηση⁵ • Απολύμανση⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • $\leq 10\text{mg/l BOD}$⁷ • $\leq 2\text{ NTU}$⁸ • ND FC/100ml^{9,10} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον)¹¹ • 12 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 15m (50ft) από πηγάδια πόσιμου νερού
Περιορισμένης πρόσβασης αρδευόμενες περιοχές Χλοοτάπητες, δασολογικές εκτάσεις, και άλλες περιοχές στις οποίες η πρόσβαση κοινού απαγορεύεται, είναι περιορισμένη ή σπάνια	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Απολύμανση⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • $\leq 30\text{mg/l BOD}$⁷ • $\leq 30\text{mg/l TSS}$ • $\leq 200\text{FC}/100\text{ml}$^{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον)¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 90m (300ft) από πηγάδια πόσιμου νερού • 30m (100ft) από περιοχές προσιτές από το κοινό (για άρδευση με ψεκασμό)
Αστική χρήση Αρδευση διαμορφωμένων εξωτερικών χώρων (πχ. γήπεδα γκολφ, πάρκα, νεκροταφεία), πλύσιμο αυτοκινήτων, καθαρισμός τουαλετών, πυροπροστασία, κλιματισμός και άλλες εφαρμογές με παρόμοια πρόσβαση ή έκθεση στο νερό	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Διήθηση⁵ • Απολύμανση⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • $\leq 10\text{mg/l BOD}$⁷ • $\leq 2\text{ NTU}$⁸ • ND FC/100ml^{9,10} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον)¹¹ • 12 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 15m (50ft) από πηγάδια πόσιμου νερού
Περιορισμένης πρόσβασης αρδευόμενες περιοχές Χλοοτάπητες, δασολογικές εκτάσεις, και άλλες περιοχές στις οποίες η πρόσβαση κοινού απαγορεύεται, είναι περιορισμένη ή σπάνια	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Απολύμανση⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • $\leq 30\text{mg/l BOD}$⁷ • $\leq 30\text{mg/l TSS}$ • $\leq 200\text{FC}/100\text{ml}$^{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον)¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 90m (300ft) από πηγάδια πόσιμου νερού • 30m (100ft) από περιοχές προσιτές από το κοινό (για άρδευση με ψεκασμό)

<p>Αγροτική χρήση-Βρώσιμες καλλιέργειες που δεν υφίστανται καμία επεξεργασία</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Διήθηση ⁵ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • ≤ 10mg/l BOD ₇ • ≤ 2 NTU ⁸ • ND FC/100ml _{9,10} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον) ₁₁ • ₁₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 15m (50ft) από πηγάδια πόσιμου νερού
<p>Επιφανειακή άρδευση ή άρδευση με καταιονισμό κάθε βρώσιμης καλλιέργειας συμπεριλαμβανομένων και των καλλιεργειών που καταναλώνονται ωμές</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • ≤ 30mg/l BOD ₇ • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml _{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον) ₁₁ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 90m (300ft) από πηγάδια πόσιμου νερού • 30m (100ft) από περιοχές προσιτές από το κοινό (για άρδευση με ψεκασμό)
<p>Αγροτική χρήση-Μη βρώσιμες καλλιέργειες</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • ≤ 30mg/l BOD ₇ • ≤ 30mg/l TSS • ≤ 200FC/100ml _{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον) ₁₁ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 90m (300ft) από πηγάδια πόσιμου νερού • 30m (100ft) από περιοχές προσιτές από το κοινό (για άρδευση με ψεκασμό)
<p>Βοσκότοποι για ζώα που παράγουν γάλα, ζωοτροφές, καλλιέργειες για σπόρο</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Διήθηση ⁵ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • ≤ 10mg/l BOD ₇ • ≤ 2 NTU ⁸ • ND FC/100ml _{9,10} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον) ₁₁ • ₁₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 150m (500ft) από πηγάδια πόσιμου νερού (τουλάχιστον) αν η βάση δεν είναι κλεισμένη
<p>Τεχνητές λίμνες αναψυχής</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Διήθηση ⁵ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • ≤ 10mg/l BOD ₇ • ≤ 2 NTU ⁸ • ND FC/100ml _{9,10} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον) ₁₁ • ₁₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 150m (500ft) από πηγάδια πόσιμου νερού (τουλάχιστον) αν η βάση δεν είναι κλεισμένη
<p>Επιτρέπεται η τυχαία (πχ. ψάρεμα και βαρκάδα) και η εξολοκλήρου σωματική επαφή με το ανακτημένο νερό.</p>				

<p>Τεχνητές λίμνες</p> <p>Λίμνες στις οποίες δεν επιτρέπεται η ανθρώπινη επαφή με το ανακτημένο νερό</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\leq 30\text{mg/l BOD}$ ⁷ • $\leq 30\text{mg/l TSS}$ • $\leq 200\text{FC}/100\text{ml}$ ^{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) ¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 150m (500ft) από πηγάδια πόσιμου νερού (τουλάχιστον) αν η βάση δεν είναι κλεισμένη
<p>Κατασκευαστική χρήση</p> <p>Συμπίεση εδάφους, έλεγχος σκόνης, κατασκευή σκυροδέματος, πλύσιμο αδρανών υλικών</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\leq 30\text{mg/l BOD}$ ⁷ • $\leq 30\text{mg/l TSS}$ • $\leq 200\text{FC}/100\text{ml}$ ^{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) ¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής 	
<p>Βιομηχανική χρήση</p> <p>Απευθείας ψύξη</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια ⁴ • Απολύμανση ⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH=6-9 • $\leq 30\text{mg/l BOD}$ ⁷ • $\leq 30\text{mg/l TSS}$ • $\leq 200\text{FC}/100\text{ml}$ ^{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) ¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 90m (300ft) από περιοχές προσιτές στο κοινό
<p>Ψύξη μέσω πύργων επανακυκλοφορίας</p>	<p>Δευτεροβάθμια ⁴</p> <ul style="list-style-type: none"> • Απολύμανση ⁶ • (ίσως χρειαστεί κροκίδωση και διήθηση ³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεταβλητές που εξαρτώνται από το ρυθμό επανακυκλοφορίας • pH=6-9 • $\leq 30\text{mg/l BOD}$ ⁷ • $\leq 30\text{mg/l TSS}$ • $\leq 200\text{FC}/100\text{ml}$ ^{9,13,14} • 1mg/l υπολειμματικό Cl_2 (τουλάχιστον) ¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-εβδομαδιαία • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl_2-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 90m (300ft) από περιοχές προσιτές στο κοινό (η απόσταση μπορεί να μειωθεί εάν υπάρχει υψηλός βαθμός απολύμανσης)

<p>Περιβαλλοντική χρήση</p> <p>Υδροβιότοποι, βάλτοι, φυσικό περιβάλλον άγριων ζώων, αύξηση ροής ρεμάτων</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ποικίλει • Δευτεροβάθμια⁴ και απολύμανση⁶ (τουλάχιστον) 	<p>Ποικίλει αλλά δεν πρέπει να υπερβαίνει τα :</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\leq 30\text{mg/l BOD}$⁷ • $\leq 30\text{mg/l TSS}$ • $\leq 200\text{FC}/100\text{ml}$^{9,13,14} 	<ul style="list-style-type: none"> • BOD-εβδομαδιαία • TSS-ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής 	
<p>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων</p> <p>Διανομή ή έγχυση σε υπόγειους υδροφορείς που δεν χρησιμοποιούνται για την κάλυψη δημοσίων αναγκών σε νερό</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάλογη με την επεξεργασία και την αναμενόμενη χρήση • Πρωτοβάθμια (τουλάχιστον) για διανομή • Δευτεροβάθμια⁴ (τουλάχιστον) για έγχυση 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάλογη με την επεξεργασία και την αναμενόμενη χρήση 	<ul style="list-style-type: none"> • Εξαρτάται από την επεξεργασία και την αναμενόμενη χρήση 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάλογες με την τοποθεσία
<p>Έμμεση πόσιμη χρήση</p> <p>Διανομή σε υδροφορείς που φέρουν πόσιμο νερό</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Απολύμανση⁶ • Ίσως απαιτείται διήθηση⁵ και/ή προηγμένη επεξεργασία¹⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Απολύμανση⁶ • Έπειτα από διήθηση θα πρέπει να ικανοποιούνται τα κριτήρια για το πόσιμο νερό¹² 	<p>Περίλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH- ημερήσια • Κολοβακτηρίδι α-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής • Κριτήρια για πόσιμο νερό-κάθε τρίμηνο • Άλλα¹⁷- ανάλογα με τη σύσταση • BOD-εβδομαδιαία • Θολότητα-διαρκής 	<ul style="list-style-type: none"> • 150m (500ft) από πηγάδια άντλησης. Ίσως διαφοροποιείται ανάλογα με την επεξεργασία και τις ειδικές συνθήκες σε κάθε περιοχή.

<p>Έμμεση πόσιμη χρήση</p> <p>Εγχυσή σε υδροφορείς που φέρουν πόσιμο νερό</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Διήθηση⁵ • Απολύμανση⁶ • Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας¹⁶ 	<p>Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH=6,5-9 • ≤ 2 NTU⁸ • ND FC/100ml^{9,10} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον)¹¹ • ≤ 3mg/l TOC • ≤ 0,2mg/l TOX • Ικανοποίηση κριτηρίων πόσιμου νερού¹² 	<p>Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH- ημερήσια • Θολότητα- διαρκής • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής • Κριτήρια για πόσιμο νερό-κάθε τρίμηνο • Άλλα¹⁷- ανάλογα με τη σύσταση 	<ul style="list-style-type: none"> • 600m (2000ft) από πηγάδια άντλησης. Ίσως διαφοροποιείται ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες σε κάθε περιοχή.
<p>Έμμεση πόσιμη χρήση</p> <p>Αύξηση επιφανειακών αποθεμάτων</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δευτεροβάθμια⁴ • Διήθηση⁵ • Απολύμανση⁶ • Προηγμένες μέθοδοι επεξεργασίας¹⁶ 	<p>Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH=6,5-9 • ≤ 2 NTU⁸ • ND FC/100ml^{9,10} • 1mg/l υπολειμματικό Cl₂ (τουλάχιστον)¹¹ • ≤ 3mg/l TOC • Ικανοποίηση κριτηρίων πόσιμου νερού¹² 	<p>Περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στα ακόλουθα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH- ημερήσια • Θολότητα- διαρκής • Κολοβακτηρίδια-ημερήσια • Υπολειμματικό Cl₂-διαρκής • Κριτήρια για πόσιμο νερό-κάθε τρίμηνο • Άλλα¹⁷-ανάλογα με τη σύσταση 	<ul style="list-style-type: none"> • Διαφοροποιούνται ανάλογα με τις συνθήκες σε κάθε περιοχή