



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.**  
**ΜΕ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ»**



**ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΣΑΒΒΑΣ**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΚΙΚΑΣ ΠΕΤΡΟΣ**

**ΧΑΝΙΑ 2016**

## Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, το Καθηγητή κ. Πέτρο Γκίκα, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κ. Νίκο Ξεκουκουλωτάκη και κ. Νίκο Καλογεράκη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την γενικότερη συμβολή τους στη μόρφωση μου. Ευχαριστώ επίσης τους φίλους μου που ήταν και αυτοί με τη σειρά τους κοντά μου σε κάθε προσπάθεια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Μάρακα Χάρη, Πρωιμάκη Μανούσο και τον Χουρδάκη Ιωάννη για τη σημαντική τους βοήθεια στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ανάγκες των ανθρώπων δημιουργούν στερεά και υγρά απόβλητα τα οποία υπόκεινται επεξεργασία ώστε να είναι πιο φιλικά με το περιβάλλον αλλά και τον άνθρωπο. Μια μεγάλη μερίδα των στερεών αυτών οδηγείται στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) όπου εναποτίθεται στο έδαφος ανάμεσα σε ειδικά στρώματα ασφαλείας του εδάφους. Κάθε στρώμα έχει ξεχωριστό σύστημα συλλογής στραγγισμάτων των υγρών δηλαδή που δημιουργούνται λόγω της υγρασίας και της πίεσης στα απόβλητα.

Στην παρούσα εργασία ερευνάται η επεξεργασία αυτών των στραγγιδίων μέσω ενός φυγοκεντρικού φίλτρου. Τα συγκεκριμένα στραγγίδια προερχόντουσαν από το Χ.Υ.Τ.Α. Πέρα Γαληνών του Ηρακλείου και ύστερα κατευθυνόντουσαν προς επεξεργασία από ένα φυγοκεντρικό διαχωριστή. Δεχτήκαμε συνολικά 11 ημερών επεξεργασμένα στραγγίδια (δείγματα) στα οποία έγιναν μετρήσεις για τον έλεγχο του βαθμού απόδοσης - επεξεργασίας του συστήματος (φυγοκεντρικό φίλτρο) όπως pH, TOC, BOD, COD, TSS, Αγωγιμότητα, θολερότητα, θειικά, αμμωνιακά  $\text{NH}_3\text{-N}$ , Ολικό φώσφορο, ολικό άζωτο, TS. Κάποια από αυτά ήταν μετά τη χρήση κροκιδωτικών και άλλα χωρίς να έχουν προστεθεί κροκιδωτικά. Το φυγοκεντρικό φίλτρο παρουσίασε καλά ποσοστά απομάκρυνσης σε πολλές παραμέτρους όπως θα αναφερθεί και παρακάτω αλλά για την απομάκρυνση τόσο ισχυρού ρυπαντικού φορτίου όπως των Χ.Υ.Τ.Α. ώστε οι εκροές να συμπίπτουν με τα περιβαλλοντικά όρια κρίνεται απαραίτητη είτε η περαιτέρω ανάπτυξη της μεθόδου είτε η προσθήκη και άλλων διεργασιών ως βοήθεια.

## **ABSTRACT**

The needs of people create solid and liquid wastes which are processed to be more friendly to the environment but also to humans as well. A large portion of these solids is sent to garbage landfill sites (Landfills) where it is deposited to the ground between layers of secure soils. Each layer has a special collection system of leachate, which leachate is generated because of the moisture and the pressure in the waste.

This diploma work researches the treatment of these leachates via a centrifugal filter. The specific leachates are originated from the landfill of "Pera Galinwn" of Heraklion and then are going to be treated by a centrifugal separator. We received a total of 11 days treated leachate (samples) to which measurements have been carried out to test the removal performance of the system (centrifugal filter) at different parameters such as pH, TOC, BOD, COD, TSS, turbidity, conductivity, sulphates, ammonium NH<sub>3</sub>-N, Total phosphorus, nitrogen, TS (Total solids). Some of the leachates were after the use of flocculants and others without having added flocculant. The centrifuge filter presented good removal rates on many parameters which are mentioned below but for the removal of so strong polluting loads as a landfill site so that the outflows match with the environmental limits is necessary either the further development of the method or the addition of other processes to help.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

### **1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

1.1	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ.....	8
1.2	ΧΩΡΟΙ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ (Χ.Υ.Τ.Α.).....	12
1.2.1	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....	15
1.2.2	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ - ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	18
1.2.3	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ.....	21
1.2.4	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ.....	23
1.2.5	ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ.....	27
1.3	Χ.Υ.Τ.Α. ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ , Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.....	33
1.4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.....	37

### **2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....**

40

### **3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

3.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ.....	41
3.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ.....	45

<b>3.3</b>	<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ.....</b>	<b>48</b>
------------	---	-----------

<b>3.4</b>	<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>50</b>
3.4.1	PH.....	50
3.4.2	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ.....	50
3.4.3	ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ.....	50
3.4.4	BOD (ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ).....	50
3.4.5	COD (ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ).....	51
3.4.6	TSS (ΟΛΙΚΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ).....	52
3.4.7	ΤΟΣ (ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ).....	52
3.4.8	ΟΛΙΚΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ.....	53
3.4.9	ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ (NH <sub>3</sub> -N).....	54
3.4.10	ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ.....	54
3.4.11	ΘΕΙΙΚΑ.....	55
3.4.12	TS (ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ).....	56

#### **4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

<b>4.1</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>	<b>57</b>
4.1.1	ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΚΡΟΚΙΔΩΤΙΚΩΝ.....	58
4.1.2	ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΡΟΚΙΔΩΤΙΚΩΝ.....	65
<b>4.2</b>	<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>79</b>

#### **5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

<b>5.1</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>84</b>
<b>5.2</b>	<b>ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>88</b>

<b>6</b>	<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b>	<b>89</b>
----------	----------------------------	-----------

<b>7</b>	<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u></b>	<b>93</b>
----------	-------------------------	-----------

# **1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## **1.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

Τα στερεά απόβλητα που παράγονται από τη κοινωνία συνολικά απαρτίζονται από δύο κατηγορίες: α) τα στερεά ή ημι-στερεά αντικείμενα τα οποία δεν έχουν κάποια αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχο τους ώστε αυτός να συνεχίζει να τα κρατάει και να τα διατηρεί και β) τα στερεά ή ημι-στερεά υλικά που προκύπτουν ως ανεπιθύμητα υπολείμματα από τις διάφορες δραστηριότητες των νοικοκυριών, βιομηχανιών, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων κ.α. Πρόκειται δηλαδή για αντικείμενα ή υλικά από τα οποία ο κάτοχος τους σκοπεύει να απαλλαγεί είτε λόγω επιλογής είτε λόγω υποχρέωσης (**Παναγιωτακόπουλος, 2007**). Ακόμα τα στερεά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τα αστικά στερεά απόβλητα (δραστηριότητες νοικοκυριών, εμπορικές δραστηριότητες και άλλων κοινόχρηστων χώρων) και τα ειδικά απόβλητα (όπως βιομηχανικά - επικίνδυνα απόβλητα, απόβλητα εκσκαφών κατασκευών και κατεδαφίσεων, απόβλητα λατομείων και ορυχείων, απόβλητα ηλεκτρονικού εξοπλισμού). Ανεξάρτητα όμως από την πηγή προέλευσης τα αστικά απόβλητα αποτελούνται από υπολείμματα τροφών –οργανικά, χαρτί, ξύλο, γυαλί, πλαστικά διαφόρων ειδών, σιδηρούχα μέταλλα, μη σιδηρούχα μέταλλα, ανόργανα (χώμα, τέφρα, σκόνη, μπάζα) και διάφορα (υφάσματα, δέρματα, βιομηχανικά απόβλητα κ.λ.π.). Τα στάδια που απαρτίζουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων ή ΑΣΑ (προσωρινή αποθήκευση, συλλογή, μεταφορά, μεταφόρτωση, αξιοποίηση, επεξεργασία και διάθεση).

Προσωρινή αποθήκευση: Αναφέρεται στο χρονικό διάστημα ανάμεσα στην παραγωγή των απορριμμάτων και τη τοποθέτησή τους σε συγκεκριμένο κατάλληλο χώρο, μέχρι το χρονικό διάστημα της αποκομιδής τους.

Συλλογή: Περιλαμβάνει τις εξής διαδικασίες, τη συγκέντρωση των αποβλήτων, το διαχωρισμό τους ανάλογα με τις φυσικές και χημικές



ιδιότητες τους και τέλος την ανάμειξη τους ώστε να μπορέσουν να μεταφερθούν.

**Μεταφορά:** Πρόκειται για τη μεταφορά των αποβλήτων από τα σημεία συλλογής που βρίσκονται στους χώρους διάθεσης και αξιοποίησης.

**Μεταφόρτωση:** Είναι το σύνολο των εργασιών μεταφοράς των αποβλήτων από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα συγκέντρωσής τους, ώστε στη συνέχεια να οδηγηθούν προς περαιτέρω διαχείριση τους **(Νταρακάς, 2014)**.

**Αξιοποίηση:** Με τον όρο αξιοποίηση περιλαμβάνεται κάθε είδους εργασία ανάκτησης υλικών ή ενέργειας από τα οικιακά απόβλητα.

**Επεξεργασία:** Περιλαμβάνει την εφαρμογή μεμονωμένα ή συνδυαστικά των φυσικών, χημικών, θερμικών και βιολογικών διεργασιών που χρειάζονται προκειμένου να μεταβληθούν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων ώστε να περιοριστεί ο όγκος τους ή οι επικίνδυνες ιδιότητες που έχουν. Έτσι επιτυγχάνεται ο έλεγχος τους αλλά και η ανάκτηση των χρήσιμων υλικών και ενέργειας. Οι κυριότεροι μέθοδοι επεξεργασίας των αστικών στερεών αποβλήτων είναι οι ακόλουθες:

**Θερμική επεξεργασία:** μέσω της θερμικής επεξεργασίας τα στερεά απορρίμματα μετατρέπονται σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα με παράλληλη απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων θερμικής ενέργειας. Η θερμική επεξεργασία επιτυγχάνεται με πολλούς τρόπους εξ αυτών είναι η αποτέφρωση ή καύση η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών (850 έως 1500 °C), με παρουσία φλόγας, για την οξείδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών. Στόχος της εν λόγω διαδικασίας είναι η καύση των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία περίσσειας οξυγόνου, με συνέπεια την μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους **(Γιδαράκος, 2006)**. Ακόμα μια όχι και τόσο διαδεδομένη μέθοδος είναι η πυρόλυση η οποία αποτελεί μια ενδοθερμική αντίδραση και για τον λόγο αυτό απαιτεί εξωτερική πηγή θερμότητας. Από την διαδικασία παράγονται: α) ένα υγρό κλάσμα που μέσω ειδικής επεξεργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνθετικό καύσιμο, β) μείγμα αερίων, γ) ένα

υπόλειμμα που αποτελείται από άνθρακα και από αδρανή υλικά που υπάρχουν στα απόβλητα.

Αεριοποίηση (gasification) (**Gikas, 2014**): Αποτελεί μια μη ευρέως διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων και περιλαμβάνει τη ελεγχόμενη μερική – ατελή καύση των στερεών απορριμμάτων, σε θερμοκρασία 600-1500 C παρουσία μικρής ποσότητας οξυγόνου, με αποτέλεσμα την παραγωγή καύσιμου αερίου (αέριο σύνθεσης ) πλούσιο σε  $H_2$  και μονοξείδιο του άνθρακα. Τέλος η αεριοποίηση με τη μέθοδο πλάσματος (plasma gasification) πρόκειται για μια σχετικά καινούρια μέθοδο επεξεργασίας των αποβλήτων σε υψηλές θερμοκρασίες (>5000 C ). Το αέριο που έχει ιονιστεί ονομάζεται πλάσμα. Το πλάσμα δημιουργείται κατά την ηλεκτρική εκκένωση ενός αερίου, έτσι όταν εφαρμοστεί υψηλή τάση τα αέρια τείνουν να χάσουν τις μονωτικές τους ικανότητες με αποτέλεσμα να θερμαίνονται αρκετά (**Γκούσκος, 2006**).

Ένα άλλο είδος επεξεργασίας είναι η *βιολογική επεξεργασία* που περιλαμβάνει δύο μεθόδους την αερόβια χώνευση ή κομποστοποίηση και την αναερόβια χώνευση. Κατά την κομποστοποίηση, πραγματοποιείται η βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης με τη βοήθεια της μικροβιακής κοινότητας (βακτήρια, ακτινομύκητες και μύκητες) που οδηγεί: στη δημιουργία ενός πλήθους μεταβολικών προϊόντων και κλασμάτων, στην απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών από οργανικές ενώσεις και τη μεταφορά τους σε ανόργανα άλατα και στην έκλυση αερίων. Τα βασικά προϊόντα της κομποστοποίησης είναι το compost, το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα. Το compost είναι πλούσιο σε οργανική ύλη υλικό και διαθέτει υψηλό χουμικό περιεχόμενο, εξαιτίας αυτού χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό. Κατά την αναερόβια χώνευση επιτυγχάνεται η βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών με τη βοήθεια μικροοργανισμών υπό την απουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Η αναερόβια επεξεργασία γίνεται σε κλειστούς αντιδραστήρες κάτω από συγκεκριμένες αλλά και ελεγχόμενες συνθήκες, με σκοπό την ανάκτηση ενέργειας, την ελάττωση του όγκου των αστικών στερεών αποβλήτων και τη βιολογική σταθεροποίησή τους. Τα προϊόντα της διεργασίας είναι σταθεροποιημένο οργανικό υλικό (χωνεμένη ιλύς) και αέριο υψηλής

περιεκτικότητας σε μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί και να παραχθεί ενέργεια **(Νταρακάς, 2014)**. Η χωνεμένη ιλύς μπορεί να διατεθεί απ' ευθείας στο έδαφος ή να υποστεί περαιτέρω αερόβια επεξεργασία για τη σταθεροποίηση της και να μετατραπεί σε compost.

Μια ακόμα τεχνική επεξεργασίας είναι η μηχανική επεξεργασία: Αναφέρεται στις διαδικασίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων με μηχανικά μέσα όπως κοσκινά, χειρωνακτικός διαχωρισμός, μαγνητικοί διαχωριστές, διαχωριστές με επαγωγικά ρεύματα, διαχωριστές επίπλευσης αφρού, αεροδιαχωριστές, βαλλιστικοί διαχωριστές και οπτικοί διαχωριστές.

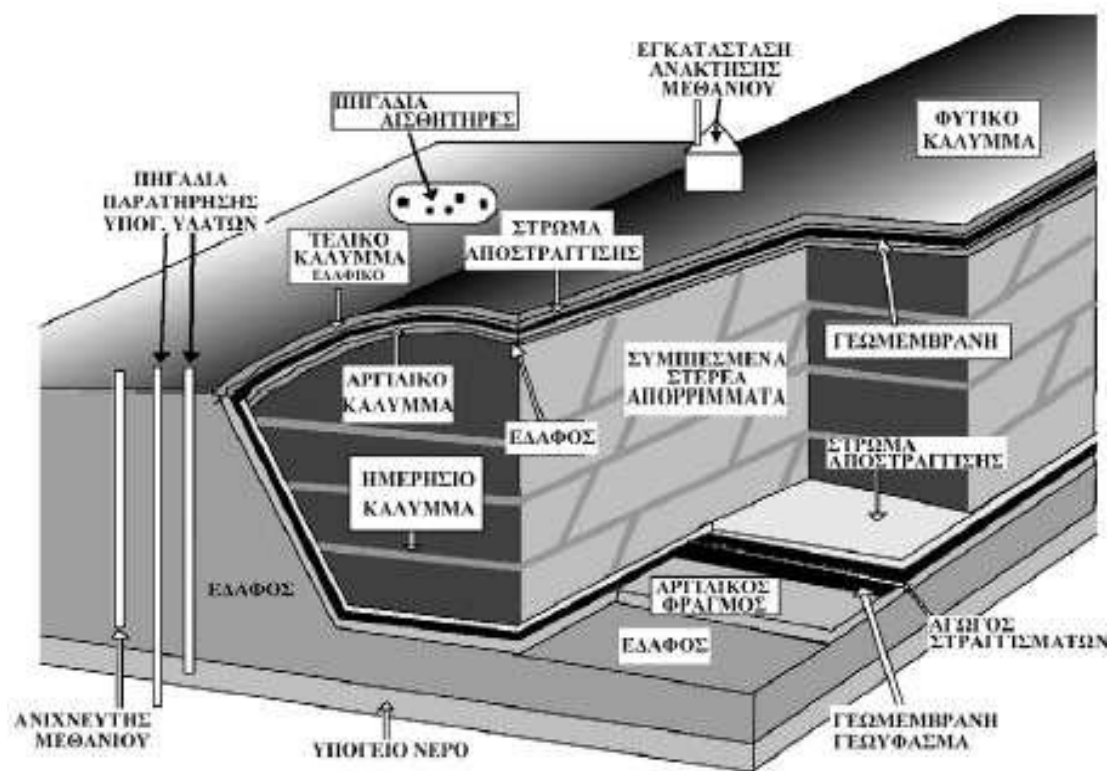
Διάθεση: Τελευταίο στάδιο διαχείρισης των ΑΣΑ είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής απορριμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) όπου τα απορρίμματα συμπιέζονται από ειδικά μηχανήματα και στη συνέχεια καλύπτονται με πολλές στρώσεις από εδαφικό υλικό. Το επιφανειακό στρώμα κάλυψης των απορριμμάτων αποτελείται από συμπιεσμένο γαιώδες υλικό το οποίο έχει προδιαγραφές τέτοιες, ώστε να αποτρέπεται η διείσδυση του νερού στο εσωτερικό του χώρου διάθεσης. Το γαιώδες αυτό υλικό συνήθως αποτελείται από άργιλο, μίγμα άμμου-μπετονίτη, συνθετικές γεωμεμβράνες ή συνδυασμός τους. Σκοπός των Χ.Υ.Τ.Α. είναι η απόρριψη σε αυτούς όλων των αποβλήτων που δεν μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία και δεν μπορούν να απορριφθούν κάπου αλλού. Έτσι ο χώρος υγειονομικής ταφής απορριμάτων όταν έχει συνδυαστεί και με άλλες μεθόδους πιο πριν όπως τη διαλογή στη πηγή, την ανακύκλωση-επαναχρησιμοποίηση και την εναλλακτική αξιοποίηση των υλικών, αποτελεί την πιο ολοκληρωμένη, οικονομική αλλά και πιο περιβαλλοντικά αποδεκτή μέθοδο αντιμετώπισης των απορριμάτων **(Βουδούρης, 2009)**.

## 1.2 ΧΩΡΟΙ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ (Χ.Υ.Τ.Α.)

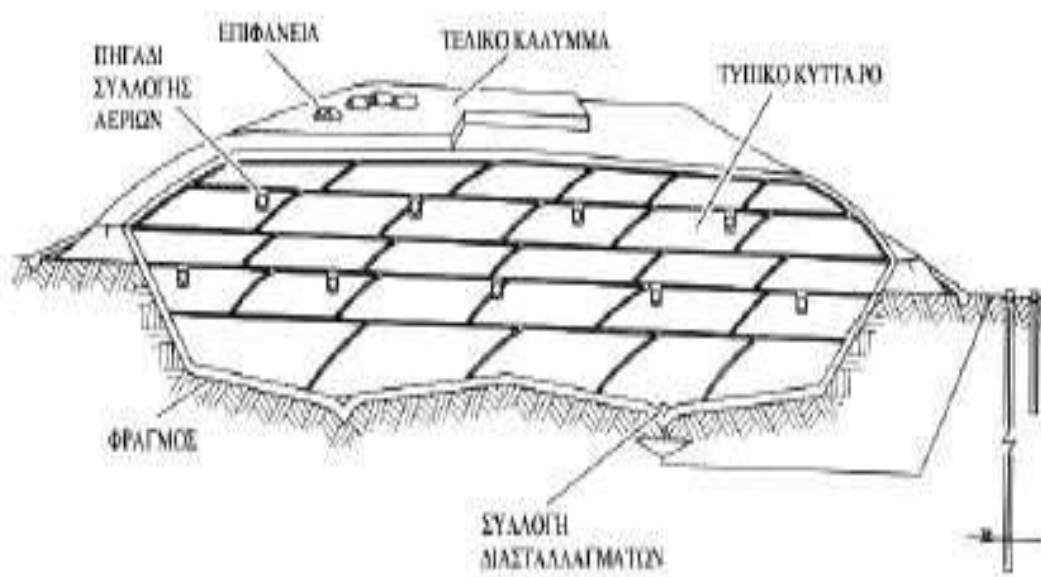
Οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) είναι χώροι ειδικά διαμορφωμένοι στους οποίους γίνεται η ταφή των στερεών αστικών απορριμμάτων που είτε δεν μπορούσαν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία είτε στάλθηκαν κατευθείαν εκεί. Οι ΧΥΤΑ είναι διαμορφωμένοι με τέτοιο τρόπο προκειμένου υγρά τοξικά ή οργανικά απόβλητα (στραγγίδια) να μην μπορούν να διαφύγουν στον υδροφόρο ορίζοντα και γενικότερα στο περιβάλλον.

Η δομή ενός ΧΥΤΑ αποτελείται από μια εσκαμμένη έκταση η οποία έχει επικαλυφθεί με ένα αργιλικό στρώμα και διάφορες μεμβράνες ή γεωυφάσματα για να αποφευχθεί η διαρροή των στραγγισμάτων και να στεγανοποιηθεί ο χώρος γενικότερα (**Γενειατάκης, 2004**). Το κύριο χαρακτηριστικό και ουσιαστικά δομικό στοιχείο ενός ΧΥΤΑ είναι το κύτταρο (cell) στο οποίο αποτίθενται απορρίμματα μέχρι την πλήρωση του. Κατά την διάρκεια της πλήρωσης, τα απορρίμματα στρώνονται από ειδικά μηχανήματα και ύστερα καλύπτονται από μια στρώση εδαφικού υλικού. Η στρώση αυτή αποτελείται από 15 – 30 cm χώματος ή άλλων εναλλακτικών υλικών (π.χ. compost). Σκοπός της είναι η να αποτρέπει την είσοδο του ύδατος στα ΑΣΑ όπως επίσης και στη παρεμπόδιση τρωκτικών και εντόμων να εισέλθουν (**Γιδαράκος, 2005**).

Ταμπάνι ή στρώση ονομάζεται ένα πλήρες στρώμα κυττάρων σε όλη την έκταση του ΧΥΤΑ ή σε ένα μεγάλο τμήμα αυτού. Σε ένα ΧΥΤΑ θα βρούμε μια σειρά από τέτοιες στρώσεις η μία επάνω στην άλλη. Σε κάθε στρώση υπάρχει ξεχωριστό σύστημα συλλογής στραγγισμάτων, αγωγοί συλλογής βιοαερίου. Στην επιφάνεια του χώρου του ΧΥΤΑ τοποθετείται ένα τελικό κάλυμμα το οποίο απαρτίζεται από πολλές στρώσεις χώματος και γεωμεμβράνες με σκοπό την αποφυγή εισροής νερού προς τα ενδότερα του ΧΥΤΑ ώστε να προλαμβάνεται ρύπανση του υπόγειου υδροφορέα από τα στραγγίδια που θα δημιουργηθούν αλλά αποσκοπεί και στη στήριξη της επερχόμενης βλάστησης. Τέλος περιμετρικά του πεδίου του ΧΥΤΑ υπάρχουν πηγάδια παρατήρησης των υπογείων υδάτων, προκειμένου να εντοπίζονται τυχόν διαρροές και να αποφευχθεί μια πιθανή ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα (**Γιδαράκος, 2005**). Στο σχήμα 1.2.1 και 1.2.2 παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός χώρος ΧΥΤΑ.



Εικόνα 1.2.1 : Απεικόνιση χώρου ΧΥΤΑ (Tchobanoglous et al., 1993).



Εικόνα 1.2.2 : Δομή ενός ΧΥΤΑ (Tchobanoglous et al., 1993).

Οι βασικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό ενός ΧΥΤΑ είναι η αποσάθρωση, η γήρανση και η δημιουργία στραγγισμάτων. Η γήρανση είναι μια αναερόβια διεργασία όπου η οργανική ύλη των απορριμμάτων μετασχηματίζεται σε χούμους μέσω βιολογικών διεργασιών, ενώ δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες. Επίσης η γήρανση προκαλεί ορυκτοποίηση, διεργασία που είναι αντίθετη με την αποσάθρωση η οποία διαβρώνει και δημιουργεί ευδιάλυτες ουσίες. Υπάρχουν δύο κατηγορίες αποσάθρωσης, η φυσική και η βιολογική αποσάθρωση. Τέλος τα στραγγίδια περιλαμβάνουν όλες τις ευδιάλυτες ουσίες που δημιουργήθηκαν κατά το φαινόμενο της γήρανσης και τα διαλύτα προϊόντα που προέρχονται από τη γήρανση και την αποσάθρωση. Η ποσότητα των στραγγισμάτων επηρεάζεται άμεσα από την εισροή του νερού από τα υψηλότερα στρώματα αλλά και από την υγρασία του χώρου των ΧΥΤΑ **(Αγγελίδης, 2006)**.

Επομένως, είναι απαραίτητο ένας χώρος υγειονομικής ταφής να είναι σχεδιασμένος με βάση τις γνώσεις και την εμπειρία της επιστήμης του μηχανικού προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη εναπόθεση των υπολειμμάτων των ΑΣΑ επί του εδάφους με τις μικρότερες δυνατές αρνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία αλλά και στο περιβάλλον.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μια παραπλήσια μέθοδος επεξεργασίας είναι και ο Χ.Υ.Τ.Υ. (Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων). Ο ΧΥΤΥ είναι μια πιο σύγχρονη αντιμετώπιση του προβλήματος των απορριμμάτων και πρόκειται ουσιαστικά για ένα χώρο εναπόθεσης των υπολειμμάτων των απορριμμάτων. Τα υπολείμματα προέρχονται από μια αρχική προεπεξεργασία των απορριμμάτων όπως η διαλογή στη πηγή, η μεταφορά των απορριμμάτων σε ένα σταθμό μεταφόρτωσης για την συμπίεση και μείωση του όγκου, η μηχανική επεξεργασία ή η κομποστοποίηση και η κάυση. Το υπόλειμμα που προκύπτει από αυτές τις διεργασίες οδηγείται σε ένα ΧΥΤΥ. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν αυτές οι υποδομές ώστε να υπάρχουν και ΧΥΤΥ.

Εν κατακλείδι η εναπόθεση των αστικών απορριμμάτων σε χώρο υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) επιλέγεται συνήθως λόγω της αποτελεσματικότητας της, της αποδοχής της ως αποδεκτής μεθόδου σύμφωνα με την περιβαλλοντική ευρωπαϊκή νομοθεσία και τέλος λόγω ότι αποτελεί μια συμφέρουσα οικονομικά μορφή διαχείρισης απορριμμάτων. Παρόλα αυτά όμως οι ΧΥΤΑ αποτελούν το τελευταίο αλλά απαραίτητο στάδιο διαχείρισης απορριμμάτων μετά την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση, την ανάκτηση ενέργειας αλλά

και τη λιπασματοποίηση για όσα αστικά απορρίμματα δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από τις προηγούμενες μεθόδους.

### **1.2.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ**

Το Βιοαέριο που παράγεται από ένα ΧΥΤΑ είναι ένα μίγμα αερίων κυρίως μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) τα οποία παράγονται από την αποσύνθεση οργανικής ύλης απουσία οξυγόνου.

Το βιοαέριο ως μίγμα περιέχει όπως προαναφέρθηκε κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και μικρότερες ποσότητες από άλλες αέριες ενώσεις όπως υδρατμοί, αμμωνία, υδρογόνο, υδρόθειο αλλά και μικρές συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων. Οι διεργασίες που λαμβάνουν μέρος στην παραγωγή του μεθανίου είναι: η υδρόλυση κατά την οποία οι χημικοί δεσμοί των οργανικών ενώσεων σπάνε υπο την επίδραση του νερού που συνήθως προέρχεται από την υγρασία του ΧΥΤΑ, η ζύμωση (δηλαδή την βιολογική αποδόμηση των οργανικών ενώσεων από μικροοργανισμούς σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου) και η μεθανογένεση όπου παράγεται μεθάνιο μέσω της αναερόβιας χώνευσης που επιτελείται από ειδικά μεθανογενή βακτήρια. Ο ρυθμός, ο όγκος και η ποιότητα του βιοαερίου, που παράγεται σε ένα συγκεκριμένο χώρο ταφής, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων δηλαδή την σύσταση και ηλικία των απορριμμάτων, και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως παρουσία οξυγόνου, υγρασία, θερμοκρασία.

Σύσταση των απορριμμάτων: όσο μεγαλύτερο είναι το οργανικό φορτίο στα αστικά απορρίμματα ενός ΧΥΤΑ τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή βιοαερίου μέσω τη βακτηριακής αποδόμησης. Ακόμα η ύπαρξη θρεπτικών στοιχείων στα απορρίμματα αυξάνει τη παραγωγή αφού βοηθούν τα βακτήρια να τραφούν.

Ηλικία των απορριμμάτων: νεότερης ηλικίας (κάτω των 10 ετών) ενταφιασμένα απορρίμματα παράγουν περισσότερο βιοαέριο από άλλα απορρίμματα άνω των δέκα ετών, η μέγιστη παραγωγή παρατηρείται στα 5-7 χρόνια.

Θερμοκρασία: η θερμοκρασία επηρεάζει τη παραγωγή βιοαερίου αφού τα μεθανογενή βακτήρια επηρεάζονται από αυτή αλλά και επίσης όλες οι διεργασίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με τη θερμοκρασία. Τέλος οι κατάλληλες θερμοκρασίες είναι ανάμεσα σε 30 - 38 °C για μεσοφιλικές διεργασίες και 50 - 58 °C θερμοφιλικές διεργασίες (**Γκίκας, 2008**).

Παρουσία οξυγόνου: συμβάλει στη επιβράδυνση της διαδικασίας παραγωγής μεθανίου αφού επιμηκύνεται η ζωή των αερόβιων μικροβίων τα οποία συμβάλουν στη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και νερού.

Υγρασία: αυξάνει τη παραγωγή βιοαερίου επειδή δημιουργεί συνθήκες που ευνοούν τη μικροβιακή αποδόμηση των απορριμμάτων σε ένα ΧΥΤΑ.

Αφού παραχθούν τα αέρια που αποτελούν το βιοαέριο, αυτά κινούνται με κύριο στόχο την έξοδο από τον ΧΥΤΑ. Έτσι λοιπόν αυτά διαστέλλονται, και γεμίζουν τα κενά που τους παρουσιάζονται και με τον τρόπο αυτό μετακινούνται μέσα στα συμπιεσμένα απορρίμματα του ΧΥΤΑ. Αέρια όπως το μεθάνιο έχουν μικρότερη πυκνότητα από αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα για το λόγο αυτό είναι ελαφρύτερα και έχουν την τάση να ανυψώνονται προς τα ανώτερα στρώματα. Όταν αυτά τα αέρια συναντήσουν κάποιο εμπόδιο λόγω της πυκνής συμπίεσης των απορριμμάτων ή της τελικής κάλυψης του ΧΥΤΑ, αυτά τείνουν να κινηθούν οριζόντια σε άλλα τμήματα του ΧΥΤΑ μέχρις ότου η ανοδική κίνηση γίνει πάλι εφικτή (**Γενειατάκης, 2004**).

Πάνω σε αυτό το μοτίβο κίνησης του βιοαερίου έχουν αναπτυχθεί κάποια βασικά συστήματα για τη συλλογή και απαγωγή του όπως: παθητικός εξαερισμός μέσω επιφάνειας, σύστημα απαγωγής με οριζόντιους αγωγούς, άντληση βιοαερίου με κατακόρυφα φρεάτια.

*Παθητικός εξαερισμός μέσω επιφάνειας:* σε αυτή τη περίπτωση το βιοαέριο εξέρχεται από το ενδότερα στρώματα του ΧΥΤΑ μέσα από ειδικά κατασκευασμένα τμήματα της επιφανειακής κάλυψης τα οποία έχουν διαστρωθεί με οργανικό εδαφικό υλικό το οποίο είναι πλούσιο σε βακτήρια να μπορούν να αναπτυχθούν οι κατάλληλες βιοχημικές δράσεις αποδόμησης του οργανικού πλάσματος αλλά και να μην επιτρέπουν την είσοδο επιφανειακών νερών.

*Σύστημα απαγωγής με οριζόντιους αγωγούς:* Πρόκειται για τοποθέτηση οριζόντιων αγωγών συλλογής κάτω από οριζόντιες τάφρους υψηλής διαπερατότητας. Οι οριζόντιοι τάφροι συλλογής των αερίων

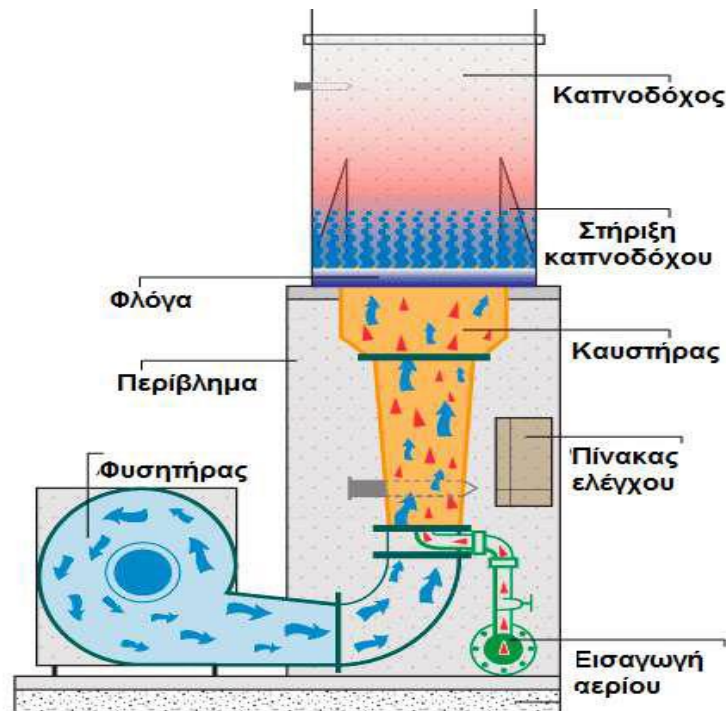


τοποθετούνται κάτω από τη μόνωση του ΧΥΤΑ και σε απόσταση μεταξύ τους περίπου 60 m. Στα σημεία εξόδου των αγωγών εγκαθίσταται μονάδα συλλογής συμπυκνωμάτων (αφύγρανσης).

*Άντληση βιοαερίου με κατακόρυφα φρεάτια:* Τα κατακόρυφα φρεάτια συλλογής αερίων τοποθετούνται εντός του ΧΥΤΑ, σε βάθος ίσο προς το 80% - 90% του συνολικού ύψους των αποβλήτων που έχουν αποτεθεί και απέχουν από τη μόνωση του πυθμένα τουλάχιστον 2m. Επίσης, η ακτίνα επιρροής κάθε αγωγού να είναι μικρότερη ή ίση των εικοσιπέντε μέτρων.

### 1.2.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ - ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην περίπτωση που η περιεκτικότητα του συλλεγόμενου βιοαερίου σε μεθάνιο είναι υψηλή, το αέριο χρήζει επεξεργασίας πριν την έκλυσή του στην ατμόσφαιρα. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) 55% -70% και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) 30% - 45%. Επίσης περιέχει ελάχιστες ποσότητες άλλων αερίων, όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο, η δε θερμογόνο δύναμή του κυμαίνεται από 20 έως 25  $\text{MJ/m}^3$ . Το βιοαέριο μπορεί να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) (εικόνα 1.2.2.2), καυστήρες αερίου ή αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, πυρσούς καύσης (εικόνα 1.2.2.1) (Ζαφειρης, ΚΑΠΕ).



Εικόνα 1.2.2.1: Καύση βιοαερίου σε πυρσό ανάφλεξης

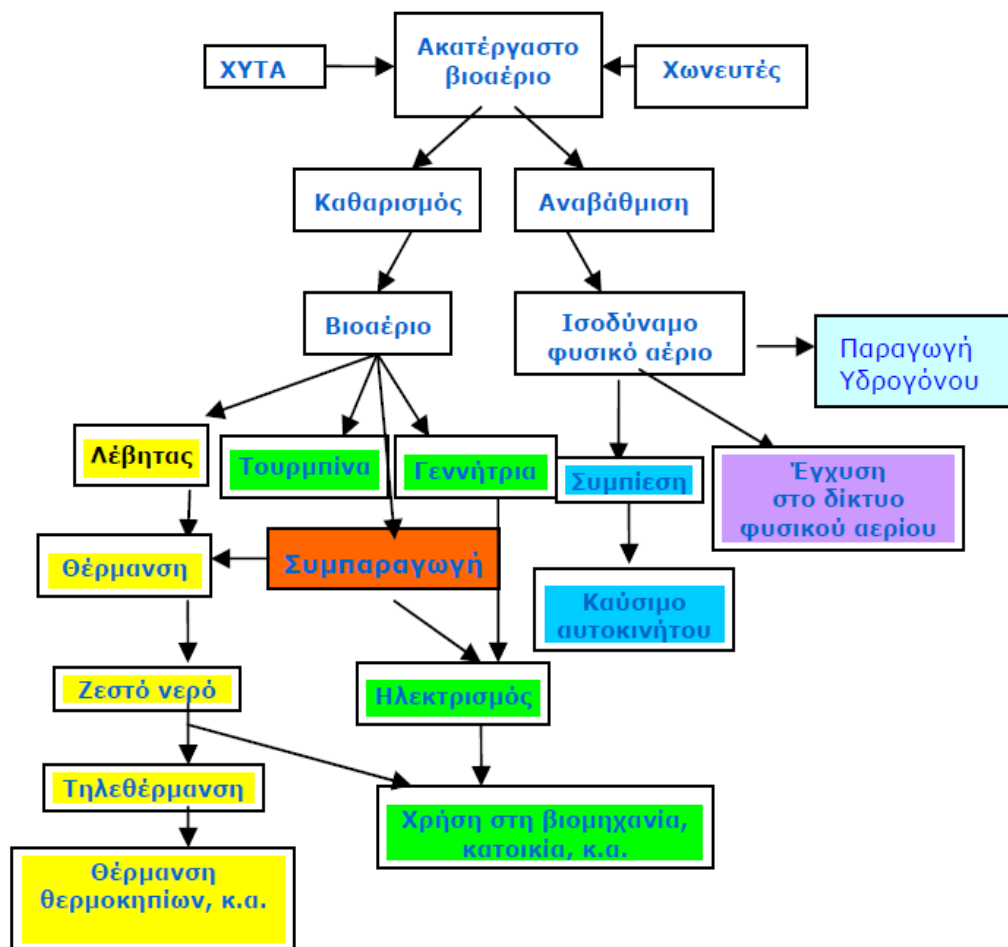


**Εικόνα 1.2.2.2 : Μηχανή εσωτερικής καύσης βιοαερίου**

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του βιοαερίου σε μεθάνιο συνίσταται η οικονομική αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου ως μια αξιοσημείωτη επιλογή διαχείρισής του. Ευνόητο είναι ότι η ανάλυση των δεδομένων και η βιωσιμότητα αξιοποίησης αυτής της δυνατότητας, αποτελεί αντικείμενο εξειδικευμένης μελέτης (Εικόνα 1.2.2.3), η επιλογή της ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητά του. Βιοαέριο με περιεκτικότητα σε μεθάνιο κάτω από 45% σπάνια αξιοποιείται λόγω χαμηλής απόδοσης της διεργασίας και των πιθανών προσμίξεων του βιοαερίου όπως για παράδειγμα το υδρόθειο ( $H_2S$ ). Το βιοαέριο περιέχει  $H_2S$ , για το λόγο αυτό η θερμοκρασία της καύσης απαιτεί αυστηρό έλεγχο, επίσης λόγω προβλημάτων διάβρωσης το  $H_2S$  πρέπει να απομακρυνθεί όσο γίνεται από το βιοαέριο πριν την καύση του. Πολλές φορές για να αυξηθεί η περιεκτικότητα του βιοαερίου σε μεθάνιο είναι απαραίτητη η απομάκρυνση των  $CO_2$ ,  $H_2O$  και  $H_2S$  από το μείγμα για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές διαχωρισμού όπως ημιπερατές μεμβράνες και φυσική ή χημική προσρόφηση. Όπως αναφέρθηκε και πριν, η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιλογή της μεθόδου κατάλληλης διαχείρισής του. Ενδεικτικά, στην περίπτωση του σχεδιασμού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω συσχέτιση της παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου και των μεθόδων διαχείρισής του:

- 1)  $<150 \text{ m}^3/\text{h}$  – βιοφίλτρα
- 2)  $150 - 1200 \text{ m}^3/\text{h}$  – πυρσός καύσης
- 3)  $>1200 \text{ m}^3/\text{h}$  – ενεργειακή αξιοποίηση

### Χρήσεις Βιοαερίου

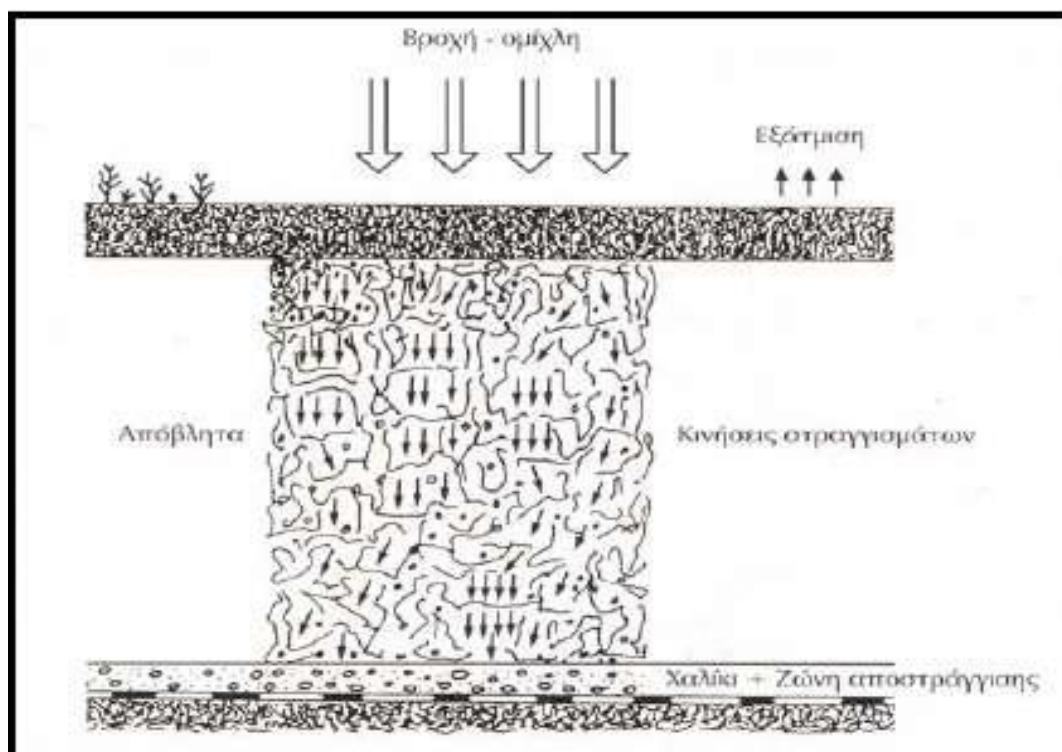


Εικόνα 1.2.2.3 : Χρήσεις βιοαερίου (Ζαφειρης, ΚΑΠΕ)

### 1.2.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ

Στραγγίδια ονομάζονται οποιαδήποτε υγρά ρέουν δια μέσου των αποτεθέντων αποβλήτων και εκρέουν από το χώρο ταφής ή περιέχονται μέσα του. Ακόμα ως στραγγίσματα (ή διασταλλάγματα ή αποπλύματα) ενός ΧΥΤΑ μπορούν να οριστούν τα υγρά που διαπερνούν την απορριμματική μάζα και τα οποία ανακύπτουν:

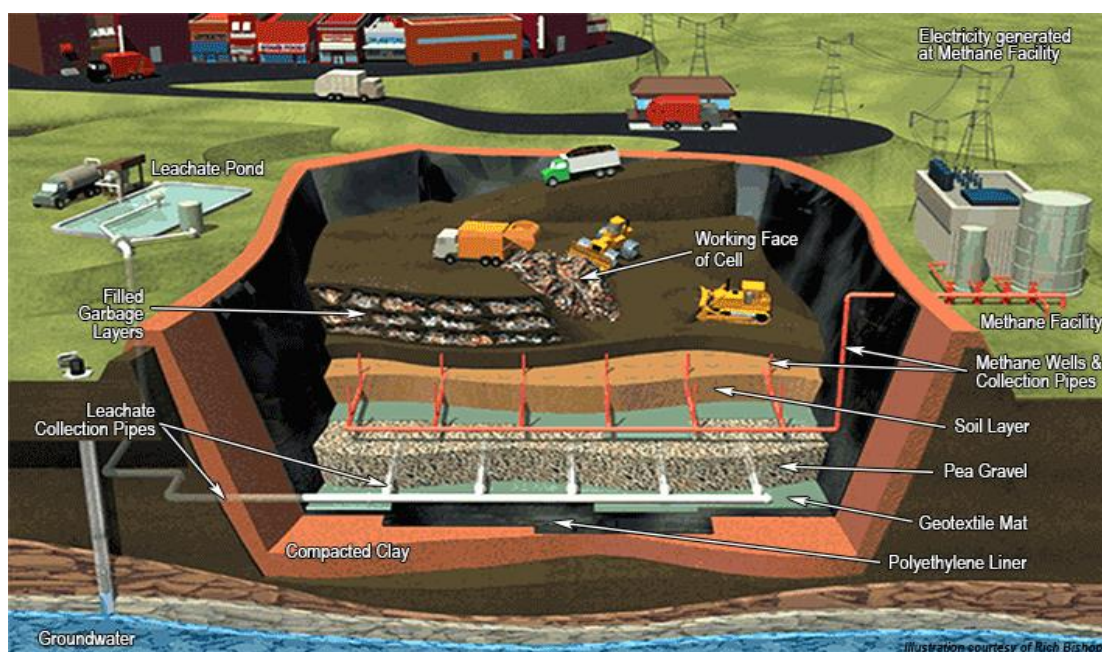
1. Από την άφιξη στα απορρίμματα επιφανειακών ή βρόχινων νερών που έχει σαν αποτέλεσμα την απόπλυση των απορριμμάτων και των προϊόντων αποσύνθεσης τους με αποτέλεσμα τη δημιουργία τοξικού υγρού (στραγγίσματα) (εικόνα 1.2.3.1).
2. Από την ίδια την υγρασία που περιέχεται στα αστικά στερεά απόβλητα ή άλλα πρόσθετα υλικά (π.χ. ιλύς) και αποβάλλεται λόγω των υψηλών πιέσεων που επικρατούν.
3. Από υγρασία που περιέχεται στις επικαλύψεις (Γκούσκος, 2005).
4. Από την αποτελεσματικότητας της στράγγισης μετά την κάλυψη.



Εικόνα 1.2.3.1 : Κίνηση – δημιουργία στραγγιδίων



Γενικά τα στραγγίσματα παράγονται υπό αναερόβιες συνθήκες με αποτέλεσμα να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων οργανικών ενώσεων, οι οποίες προέρχονται από την αποσύνθεση οργανικών υλικών, καθώς το νερό κινείται στο εσωτερικό του ΧΥΤΑ παρασύρει όλα τα προϊόντα αποδόμησης και ευδιάλυτες ουσίες. Γενικότερα για την παραγωγή του στραγγίσματος απαιτείται ο κορεσμός των συμπυκνωμένων απορριμμάτων σε νερό. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στη λειτουργία του ΧΥΤΑ και την εμφάνιση του στραγγίσματος εξαρτάται από την αρχή λειτουργίας του πρώτου και την αρχική περιεκτικότητα υγρασίας. Έτσι δεδομένου ότι τα στραγγίσματα αποτελούν σοβαρή απειλή για το περιβάλλον, πρέπει να συλλέγονται, να διαβιβάζονται σε ένα σύστημα αποχέτευσης και να οδηγούνται σε μια μονάδα επεξεργασίας, την οποία πρέπει να διαθέτει ο ΧΥΤΑ. Για το λόγο αυτό ένα σύστημα συλλογής και επεξεργασίας είναι απαραίτητο και η επιλογή του πρέπει να γίνεται με γνώμονα τη ποσότητα των στραγγισμάτων αλλά και τη πιθανότητα εισροής επιφανειακών νερών. Τέλος επιβάλλεται να κατασκευαστούν ορισμένα έργα υποδομής με σκοπό την αποφυγή διαρροής των στραγγισμάτων όπως: α) στεγάνωση του πυθμένα και των πλευρικών τοιχείων της έκτασης του ΧΥΤΑ, β) κατασκευή δικτύου αποστράγγισης και απομάκρυνσης των στραγγισμάτων (εικόνα 1.2.3.2), γ) αντιπλημμυρική προστασία του χώρου έτσι ώστε να μην επιβαρύνονται τα στραγγίσματα από παρακείμενα νερά (Κουμάκη, 2010).



Εικόνα 1.2.3.2 : Σύστημα συλλογής στραγγιδίων

#### 1.2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ

Τα στραγγίσματα δημιουργούνται όταν το νερό διηθείται μέσω των στερεών αποβλήτων που υποβάλλονται στην αποσύνθεση μαζί με τα βιολογικά υλικά και τα χημικά συστατικά. Η περισσότερη οργανική ουσία που περιλαμβάνεται στα στερεά απόβλητα είναι βιοαποικοδομήσιμη και μπορεί να κατανεμηθεί σε απλούστερες ενώσεις ανά αναερόβιους και αερόβιους μικροοργανισμούς, που οδηγούν στο σχηματισμό των στραγγισμάτων. Το στράγγισμα που παράγεται από τις βιοχημικές διαδικασίες χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών και ανόργανων συστατικών. Με τη διείσδυση νερού στα απορρίμματα με την πάροδο του χρόνου, το υπάρχον στράγγισμα αραιώνεται και έτσι δημιουργείται νέο στράγγισμα διαφορετικής συγκέντρωσης (**Παπασταύρου, 2007**).

Καθώς το νερό κινείται στο εσωτερικό του ΧΥΤΑ, παρασύρει ευδιάλυτες χημικές ουσίες και προϊόντα αποδόμησης και αυτό καθιστά στην ουσία τα στραγγίσματα να αποτελούν και την πλέον σοβαρή απειλή για το περιβάλλον. Ως εκ τούτου, η χημική σύσταση των στραγγισμάτων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων, την ταχύτητα ροής και τη δομή, λειτουργία και ηλικία του ΧΥΤΑ.

Γενικότερα οι ακριβείς φυσικοχημικές παράμετροι των στραγγισμάτων είναι δύσκολο να καθοριστούν διότι η σύσταση των αστικών στερεών απορριμμάτων διαφέρει ανάλογα με τη περιοχή ενώ παρατηρούνται και διαφορετικές βιογεωχημικές συνθήκες παρόλα αυτά υπάρχει μια γενική εικόνα όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2.4.1. Η ποιότητα των στραγγισμάτων ενός ΧΥΤΑ οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ηλικία των στραγγισμάτων, στη σύνθεση των ΑΣΑ, στην υδρογεωλογία του χώρου ταφής, στο πάχος του υλικού κάλυψης, στο ύψος των κελιών, στην εισροή επιφανειακών νερών ή βροχής αλλά και στις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Τα πιο σημαντικά συστατικά τους είναι οι οργανικές χημικές ενώσεις οι οποίες εμφανίζονται με τη μορφή ευδιάλυτων ή αιωρούμενων προϊόντων βιοαποδόμησης, αλλά και ως οργανικές ενώσεις που έχουν αποβληθεί μαζί με τα απορρίμματα, τα βαρέα μέταλλα [χρώμιο ( $\text{Cr}^{3+}$ ), κάδμιο ( $\text{Cd}^{2+}$ ) κλπ.], διάφορα ανόργανα στοιχεία όπως ασβέστιο ( $\text{Ca}^{2+}$ ) και μαγνήσιο ( $\text{Mg}^{2+}$ ) και ξενοβιοτικές οργανικές ενώσεις (XOCs) όπως αρωματικοί και αλογονομένοι

υδρογονάθρακες (**Peter Kjeldsen, Morton A. Barlaz, Alix P. Rooker, Anders Baun, Anna Ledin & Thomas H. Christensen, 2002**).

Οι τιμές των συγκεντρώσεων των οργανικών ουσιών στα στραγγίσματα που ανακύπτουν τα δύο πρώτα χρόνια μετά την απόθεση είναι πολύ υψηλές, ενώ μετά από κάποια χρόνια οι τιμές αυτές μειώνονται αρκετά. Αυτή η μεταβολή στη σύνθεση των στραγγισμάτων δυσχεραίνει το σχεδιασμό και τη λειτουργία συστημάτων επεξεργασίας τους. Στην εικόνα 1.2.4.2 γίνεται μια ταξινόμηση των στραγγισμάτων σε «νέα», «ενδιάμεσα» και «σταθεροποιημένα» ανάλογα με την αλλαγή στη σύνθεσή τους.

Χημική Παράμετρος	Εύρος κύμανσης (mg/L)	Τυπική τιμή (mg/L)
BOD <sub>5</sub>	2.000 - 30.000	10.000
COD	3.000 – 45.000	18.000
TDS	200 – 1.000	500
TOC	1.500 – 20.000	6.000
pH	5,3 – 8,5	6
Αλκαλικότητα ως CaCO <sub>3</sub>	1.000 – 10.000	3.000
Ολική σκληρότητα ως CaCO <sub>3</sub>	300 – 10.000	3.500
Οργανικό άζωτο	10 - 600	200
Αμμωνία	10 - 800	200
Νιτρικά	5 - 40	25
Ολικός φώσφορος	1 -70	30
Ορθοφώσφορος	1 - 50	20
Ολικός σίδηρος	50 - 600	60
Ασβέστιο	200 – 3.000	1.000
Μαγνήσιο	50 -1.500	250
Κάλιο	200 -2.000	300
Νάτριο	200 – 2.000	500
Χλώριο	100 – 3.000	500
Θειικά	100 – 1.500	300

Εικόνα 1.2.4.1 : Χημική σύσταση στραγγίσματος Χ.Υ.Τ.Α. (Tchobanoglous , 1977)



Τύπος στραγγίσματος	«Νέο»	«Ενδιάμεσο»	«Σταθεροποιημένο»
Ηλικία (χρόνια)	<5	5-10	>10
pH	<6.5	6.5-7.5	>7.5
COD (mg/l)	>10000	4000-10000	<4000
BOD <sub>5</sub> /COD	>0.3	0.1-0.3	<0.1
Οργανικές ενώσεις	80% πτητικά οξέα	5-30% πτητικά οξέα & χουμικά και φουλβικά οξέα	Χουμικά και φουλβικά οξέα
Βιοδιασπασιμότητα	Μεγάλη	Μεσαία	Χαμηλή

**Εικόνα 1.2.4.2 : Ταξινόμηση στραγγισμάτων αναλόγως της σύνθεσης (S. Renou et al., 2008)**

Όπως γίνεται αντιληπτό από τον παραπάνω πίνακα, στα στραγγίσματα ενός «νέου» ΧΥΤΑ βρίσκονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων (που κυρίως είναι πτητικά λιπαρά οξέα τα οποία βιοαποδομούνται εύκολα) σε σύγκριση με ΧΥΤΑ μεγαλύτερης ηλικίας (ενδιάμεσος ΧΥΤΑ, σταθεροποιημένος ΧΥΤΑ). Όσο η ηλικία του ΧΥΤΑ αυξάνεται και ο χώρος σταθεροποιείται, το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών οξέων αποδομείται. Έτσι, παραμένουν μόνο χουμικά και φουλβικά οξέα τα οποία διαλύονται δυσκολότερα. Οι αλλαγές της βιοδιασπασιμότητας των στραγγιδίων φαίνονται από το λόγο BOD<sub>5</sub>/COD. Για παράδειγμα όταν ο λόγος αυτός είναι μεγαλύτερος του 0,3 τότε τα στραγγίσματα θεωρούνται σχετικά βιοαποδομήσιμα. Αντίθετα αν ο λόγος βρεθεί κάτω από 0,1 τότε τα στραγγίδια χαρακτηρίζονται ως σταθεροποιημένα (**Κουμάκη, 2010**). Έτσι μια μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας θα είχε αποτέλεσμα αν τα στραγγίσματα είχαν ανακύψει πρόσφατα και περιείχαν μεγάλες

συγκεντρώσεις βιοαποδομήσιμων οργανικών ουσιών δηλαδή όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο λόγος BOD<sub>5</sub>/COD ήταν υψηλός. Αντιθέτως, για στραγγίσματα που ο λόγος αυτός είναι μικρός και περιέχουν συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών μια τέτοια επεξεργασία δε θα ήταν αποδοτική (**J.M. Abdul et al., 2008**).

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τα χαρακτηριστικά των στραγγισμάτων είναι και οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής του ΧΥΤΑ. Αυτό συμβαίνει καθώς η αύξηση θερμοκρασίας επιταχύνει τη βιοαποδόμηση και επομένως την αύξηση του ρυπαντικού φορτίου (μεγαλύτερη τιμή BOD). Κατά γενικό κανόνα οι οργανικές ουσίες δείχνουν τάση μείωσης της συγκέντρωσης τους όσο αυξάνεται η ηλικία της εγκατάστασης ενός ΧΥΤΑ. Όσον αφορά τα ανόργανα στοιχεία των στραγγισμάτων, αυτά χωρίζονται ανάλογα με την διαχρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεών τους σε τρεις κατηγορίες (**Φροντιστής, 2007**):

- α) παράμετροι με διαχρονική εξέλιξη συγκέντρωσης (Fe, Ca, Mg, Mn, Zn).
- β) παράμετροι με μακροπρόθεσμα ελαφρά αυξανόμενη συγκέντρωση (Cl, K, Na).
- γ) παράμετροι με τυχαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεων (NO<sub>x</sub>, P και βαρέα μέταλλα Pb, Ni, As, Cu, Cd, Cr, Co).

Καταλήγοντας, γίνεται αντιληπτό ότι ο ρυθμός μεταφοράς και η κατανομή των ουσιών στα στραγγίσματα καθορίζεται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι η διαλυτότητά τους, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, η τοπογραφία του υδροφόρου ορίζοντα και οι κλιματικές συνθήκες (**Αλμπάνης, 2005**).

### 1.2.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΔΙΩΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες ένα ευρύ φάσμα μεθόδων επεξεργασίας των στραγγισμάτων έχουν αναπτυχθεί για να αποφευχθούν αρνητικές επιπτώσεις από τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Εκτεταμένες εργασίες έχουν επικεντρωθεί στην ενίσχυση των μεθόδων επεξεργασίας με κύρια κριτήρια την αξιοπιστία, την απλότητα στη λειτουργία, την υψηλή απόδοση, το χαμηλό κόστος και την απαιτούμενη έκταση, ενδεικτικά μια τέτοια μέθοδος που προηγείται και των υπόλοιπων μεθόδων είναι η ανατροφοδοσία στραγγιδίων στο κύτταρο του Χ.Υ.Τ.Α. προκειμένου να διατηρηθεί η απαραίτητη υγρασία.

Οι συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας των στραγγισμάτων από χώρους υγειονομικής ταφής μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- α. μεταφορά στραγγισμάτων σε κεντρικό σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (συνεπεξεργασία με υγρά αστικά απόβλητα, ανακυκλωση).
- β. Βιοαποδόμηση (λίμνες επεξεργασίας, μέθοδος ενεργού ιλύος, βιολογικοί αντιδραστήρες διαλείπουσας ροής, βιολογικά φίλτρα, περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι, Αναερόβια χώνευση, Αναερόβια φίλτρα).
- γ. φυσικοχημικές μέθοδοι (Επίπλευση, Κροκίδωση – Συσσωμάτωση, Προσρόφηση, σύστημα μεμβρανών, συνδυασμός μεθόδων).

Συνεπεξεργασία με υγρά αστικά απόβλητα: Ουσιαστικά πρόκειται για συνεπεξεργασία των στραγγισμάτων με υγρά αστικά απόβλητα σε μια μονάδα επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Ο συγκεκριμένος τρόπος επεξεργασίας προσφέρει χαμηλό λειτουργικού κόστος και εύκολη συντήρηση του συστήματος. Η μέθοδος αυτή όμως σταμάτησε να προτιμάται εξαιτίας της παρουσίας, στα στραγγίσματα, βαρέων μετάλλων τα οποία επιδρούν αρνητικά στην απόδοση της μεθόδου και επηρεάζουν την ποιότητα των νερών εκροής και ενώσεων που δυσχαιρένουν την βιοαποδόμηση και επίσης είναι δύσκολο να εφαρμοστεί επειδή συνήθως δεν συμβαίνει να βρίσκεται μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων κοντά στο Χ.Υ.Τ.Α. (**Renou et al., 2008**).

Ανακύκλωση: Επιτυγχάνεται η αύξηση της υγρασίας και η ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών μέσα στο Χ.Υ.Τ.Α.. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη αναερόβιων βακτηρίων και έτσι συνολικά ο ΧΥΤΑ λειτουργεί σαν ένα αναερόβιο φίλτρο. Με την ανακύκλωση βελτιώνεται

η ποιότητα των στραγγισμάτων και επίσης μειώνεται ο χρόνος σταθεροποίησης του ΧΥΤΑ αλλά μπορεί να αποτελέσει και ανασταλτικός παράγων για τη αναερόβια αποδόμηση των στερεών αποβλήτων **(Κουμάκη, 2010)**. Είναι όμως μια διαδικασία που χρησιμοποιείται σε πολλούς ΧΥΤΑ και ένας από αυτούς είναι ο ΧΥΤΑ Πέρα Γαληνών του Νέου Ηρακλείου.

Λίμνες επεξεργασίας: Πρόκειται για αβαθείς δεξαμενές (1 - 1,2 m) στις οποίες το απαιτούμενο για τη βιολογική δράση οξυγόνο μεταφέρεται από την ατμόσφαιρα μέσω της επιφάνειας του νερού και επίσης παράγεται από τη δράση των μικροφυκών **(Λέκκας, 2001)**.

Οι λίμνες επεξεργασίας δεσμεύουν μεγάλη έκταση λόγω του μεγάλου χρόνου παραμονής που χρειάζονται τα στραγγίσματα. Παρόλα αυτά το κόστος κατασκευής αλλά και το λειτουργικό κόστος είναι σχετικά χαμηλά.

Τέλος αυτή η μέθοδος όμως δεν ενδείκνυται για την επεξεργασία των στραγγισμάτων σε περιπτώσεις υψηλού οργανικού φορτίου και σύντομων χρόνων παραμονής στο σύστημα. Άλλες παράμετροι στραγγισμάτων που επηρεάζουν την καταλληλότητα της μεθόδου είναι το pH των στραγγιδίων, η αναλογία BOD<sub>5</sub>/N/P και COD/BOD<sub>5</sub> (ιδανική περίπτωση είναι η αναλογία 100/5/1 και 1,5 με 2 αντίστοιχα) και η συγκέντρωση τοξικών ουσιών. Γενικότερα οι λίμνες επεξεργασίας έχουν 55% – 64% ποσοστό απομάκρυνσης του COD **(Orupold et al., 2000)**, αλλά αν οι απαιτήσεις ως προς την εκροή είναι υψηλές τότε δεν είναι και η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας στραγγιδίων.

Μέθοδος ενεργούς ιλύος: Αποτελείται από τρία δομικά στοιχεία: α) τη δεξαμενή αερισμού η οποία με τη χρήση φυσητήρων αναδύει και προσφέρει οξυγόνο στους μικροοργανισμούς και λειτουργεί σαν βιοαντιδραστήρας β) μία δεξαμενή καθίζησης όπου όλα τα οργανικά συσσωματώματα που σχηματίστηκαν από δεξαμενή αερισμού καθιζάνουν και γ) ένα σύστημα ανακυκλοφορίας **(Metcalf & Eddy, 2006)**. Η μέθοδος της ενεργού ιλύος στηρίζεται στην επαναεισαγωγή βιομάζας στη δεξαμενή αερισμού προκειμένου να διατηρηθεί υψηλή η συγκέντρωση των μικροοργανισμών σε αυτή. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται αρκετά συχνά για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχτεί μη αποτελεσματική μέθοδος για την επεξεργασία στραγγιδίων λόγω της μεγάλης ποσότητας ενέργειας που καταναλώνει, τους υψηλούς χρόνους παραμονής, την ανεπαρκή καθίζηση της ιλύος αλλά και τη δυσκολία ανάπτυξης των

μικροοργανισμών λόγω των τοξικών ουσιών που περιέχονται στα στραγγίσματα. Χρησιμοποιείται ως στάδιο προεπεξεργασίας των στραγγισμάτων στο Χ.Υ.Τ.Α. Φυλής Α' φάσης.

Βιολογικοί αντιδραστήρες διαλείπουσας ροής: Οι βιολογικοί αντιδραστήρες διαλείπουσας ροής (sequencing batch reactor - SBR) εξυπηρετούνται από έναν αντιδραστήρα εναλλασσόμενων φάσεων (με πλήρη ανάμιξη) όπου κατά τη διάρκεια της αντίδρασης στην ίδια δεξαμενή συνυπάρχουν και η έννοια του αερισμού και της καθίζησης. Όλα τα συστήματα αντιδραστήρων διαλείπουσας ροής έχουν πέντε κοινά βήματα και διεξάγονται με τη σειρά που ακολουθεί:

- α. πλήρωση,
- β. αντίδραση (αερισμός),
- γ. ηρεμία (καθίζηση/διαύγαση),
- δ. άντληση (άδειασμα)
- ε. παύση.

Κατά τη διάρκεια της πλήρωσης, εισάγεται στον αντιδραστήρα ορισμένος όγκος στραγγιδίων, ο οποίος αναδεύεται ή αερίζεται προκειμένου να ξεκινήσουν οι βιολογικές αντιδράσεις μέσα στη δεξαμενή. Στο χρόνο της αντίδρασης, οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν τις οργανικές ενώσεις που περιέχονται στα στραγγίσματα. Κατά τη φάση της καθίζησης, τα στερεά διαχωρίζονται από το υγρό υπό συνθήκες ηρεμίας, με αποτέλεσμα το διαυγασμένο υγρό να μπορεί να αποβληθεί ως εκροή. Η διαυγασμένη εκροή απομακρύνεται κατά τη διάρκεια του αδειάσματος (**Κουμάκη, 2010**). Επισημαίνεται από αρκετούς ερευνητές ότι η απομάκρυνση του BOD με τη μέθοδο του SBR στα στραγγίσματα μπορεί να φτάσει πάνω από 75% (**Renou et al., 2008**) και επίσης επιτυγχάνεται 95% απομάκρυνση του χρώματος (**Loukidou & Zouboulis, 2001**).

Βιολογικά φίλτρα: Αποτελούνται από διαφορετικά στρώματα πολλών υλικών με μεγάλη διαπερατότητα, μέσα στα οποία τα λύματα διασκορπίζονται με διάφορους μηχανισμούς στην επιφάνεια και καταλήγουν στον πυθμένα αφού διαπεράσουν τα υλικά του στρώματος. Τα υλικά του στρώματος των βιολογικών φίλτρων προσφέρουν την επιφάνεια που χρειάζεται για να επιτευχθεί η απαραίτητη βιολογική δράση αποσκοπεί στην αποδόμηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα λύματα (**Λέκκας, 2001**). Σε ότι αφορά στη χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου για την επεξεργασία στραγγιδίων, η έλλειψη θρεπτικών συστατικών στα στραγγίδια δημιουργεί

προβλήματα στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια την αποκόλληση της ανεπτυγμένης βιομάζας από το φίλτρο. Λύση αυτού του προβλήματος είναι η προσθήκη θρεπτικών στοιχείων όπως φώσφορος και άζωτο στα στραγγίδια.

Περιστρεφόμενοι βιοδίσκοι: Απαρτίζονται από μια σειρά κυκλικών βιοδίσκων με πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε ένα οριζόντιο άξονα. Το σύστημα αυτό είναι “βουτηγμένο” σε μια δεξαμενή με λύματα, πιο συγκεκριμένα το 40% της επιφάνειας του βιοδίσκου είναι βουτηγμένη. Ο οριζόντιος άξονας περιστρέφεται αργά και με την περιστροφή αυτή γίνεται αλληπάλληλη βύθιση διαδοχικών τμημάτων της επιφάνειας των δίσκων μέσα στα λύματα και έπειτα ανάδυση και έκθεση στον ατμοσφαιρικό αέρα. Με την μέθοδο αυτή μικροοργανισμοί προσκολλώνται πανω στο δίσκο και πολλαπλασιάζονται και δημιουργούν ένα στρώμα βιομάζας. Όταν το στρώμα της βιομάζας γίνει πολύ πυκνό τότε αποκολλάται από τους δίσκους και καθιζάνει σε ξεχωριστή δεξαμενή καθίζησης (Κουμάκη, 2010).

Αναερόβια χώνευση: Η αναερόβια χώνευση είναι μια βιοχημική διαδικασία, που επιτελείται από αναερόβιους μικροοργανισμούς δηλαδή σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου με σκοπό τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων. Η διάσπαση αυτή επιτυγχάνεται μετά από δύο βασικά στάδια μεταβολισμού: 1) μετατροπή των οργανικών στερεών σε οργανικά οξέα όπου μικροοργανισμοί μετατρέπουν τις πολύπλοκες οργανικές ενώσεις σε απλά οργανικά οξέα και 2) παραγωγή μεθανίου από τη διάσπαση των οργανικών οξέων, αυτό πραγματοποιείται από μια άλλη κατηγορία αυστηρά αναερόβιων μικροοργανισμών (μεθανογενείς) που μετατρέπουν τα οργανικά οξέα σε μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και νερό. Τέλος σκοπός αυτής της μεθόδου επεξεργασίας είναι διπλός. Πρώτον, η μείωση του ρυπαντικού φορτίου του στραγίσματος και δεύτερον, η παραγωγή ενέργειας από την αναερόβια διαδικασία. Ένα από τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης ως προς τα στραγγίδια είναι το γεγονός ότι η μέθοδος δεν περιορίζεται από τη συγκέντρωση του οργανικού φορτίου που στη περίπτωση των στραγγιδίων είναι πολύ υψηλό. Αντίθετα μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι λόγω των αρκετών τοξικών ουσιών που βρίσκονται στα στραγγίδια κάποιοι μεθανογενείς μικροοργανισμοί είναι ευαίσθητοι στη παρουσία τους (Κουμάκη, 2010).

Αναερόβια φίλτρα: Ουσιαστικά πρόκειται για ένα τύπο χαλικοδιυλιστηρίου (trickling filter) που επιτρέπει την βιολογική επεξεργασία των λυμάτων σε συνδυασμό με τη δυνατότητα απόρριψης του νερού στο περιβάλλον. Απαρτίζεται από δύο δεξαμενές, που επικοινωνούν μεταξύ τους και δημιουργείται ένα ενιαίο σύστημα. Η βιολογική επεξεργασία επιτελείται από αναερόβιους μικροοργανισμούς που υπό μορφή φιλμ προσκολλώνται σε ειδικό πληρωτικό υλικό. Τα αναερόβια βιολογικά φίλτρα μπορεί να είναι ανοδικής ή καθοδικής ροής και σταθερής ή διαστελλόμενης κλίνης.

Επίπλευση: Κατά τη διαδικασία της επίπλευσης εισάγεται αέρας υπο τη μορφή φυσαλίδων με στόχο το διαχωρισμό των στερεών σωματιδίων από την υγρή φάση. Οι φυσαλίδες προσκολλούνται στη σωματιδιακή υλη και τη παρασύρουν προς την επιφάνεια λόγω άνωσης. Η άνοδος της ύλης μπορεί να διευκολυνθεί και από τη διαφορά πυκνότητας της και του υγρού (**Metcalf & Eddy, 2003**).

Κροκίδωση – Συσσωμάτωση: Η κροκίδωση (coagulation) των αιωρημάτων είναι μια διεργασία που προηγείται της καθίζησης και της διήθησης. Είναι απαραίτητη για να καταστεί δυνατή η συσσωμάτωση (flocculation), που έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μεγαλύτερων αιωρούμενων στερεών και συνεπώς τον καλύτερο διαχωρισμό τους από την υγρή φάση. Η κροκίδωση χρησιμοποιείται ευρέως με επιτυχία σε πολλές περιπτώσεις επεξεργασίας σταθεροποιημένων στραγγιδίων και αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο της προεπεξεργασίας των στραγγιδίων (όπως γίνεται στο Χ.Υ.Τ.Α. Δομοκού όπου χρησιμοποιείται άλας σιδήρου  $[\text{FeCl}_3]$  ως κροκιδωτικό) πριν οδηγηθούν στα επόμενα στάδια επεξεργασίας όπως η αντίστροφη όσμωση ή η βιολογική επεξεργασία.

Προσρόφηση: Η προσρόφηση είναι ιδιότητα που παρουσιάζουν κάποιες χημικές ουσίες να δεσμεύουν στην επιφάνειά τους κάποια άλλη ουσία. Προσρόφηση είναι η προσκόλληση ατόμων, ιόντων ή μορίων ενός αερίου, υγρού, ή διαλυμένου στερεού σε μία επιφάνεια. Η διεργασία αυτή δημιουργεί έναν υμένα του προσροφόμενου υλικού στην επιφάνεια του μέσου που προσροφά στην επιφάνεια. Ο ενεργός άνθρακας είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος προσροφητικού μέσου, είτε αυτός είναι σε κοκκώδη μορφή είτε σε σκόνη. Η προσρόφηση εφαρμόζεται συνήθως σε στραγγίσματα τα οποία έχουν υποστεί πρώτα μια προεπεξεργασία, έτσι οι μη βιοαποδομήσιμες οργανικές ενώσεις

έχουν απομακρυνθεί και προκύπτει ένα επεξεργασμένο λύμα καλής ποιότητας (Κουμάκη, 2010).

Σύστημα μεμβρανών: Αποτελεί ουσιαστικά μια ομάδα από σχετικά νέες μεθόδους επεξεργασίας οι οποίες στηρίζονται στην ικανότητα μιας ημιπερατής μεμβράνης να επιτρέπει την επιλεκτική διέλευση μιας ή περισσότερων ουσιών μέσα από τους πόρους της, ενώ συγχρόνως εμποδίζει την διέλευση άλλων (Λέκκας, 2005). Στην ομάδα αυτή των μεμβρανών περιλαμβάνονται οι εξής διεργασίες: η μικροδιήθηση, η υπερδιήθηση, η νανοδιήθηση και η ευρέως πιο γνωστή και συνάμα πιο προτιμώμενη μέθοδος επεξεργασίας στραγγιδίων Χ.Υ.Τ.Α. η αντίστροφη όσμωση. Η όσμωση είναι μια φυσική διεργασία κατά την οποία αραιά διαλύματα περνούν αβίαστα σε πιο πυκνά διαλύματα διαμέσου ημιπερατών μεμβρανών το οποίο οφείλεται στη διαφορά της οσμωτικής πίεσης μεταξύ των δύο διαλυμάτων που προκαλεί ροή με κατεύθυνση από το διαλυτικό μέσο (νερό) προς την περιοχή υψηλότερης οσμωτικής πίεσης έως ότου επέλθει ισορροπία.

Η αντίστροφη όσμωση είναι η επιστημονική διαδικασία αναστροφής της φυσικής διεργασίας της όσμωσης δηλαδή, η εφαρμογή μεγαλύτερης πίεσης από την οσμωτική πίεση αρκεί για να επιτευχθεί μια ανάστροφη ροή στην ημιπερατή μεμβράνη για να διαχωρισθούν τα άλατα και τα διαλυμένα στερεά σώματα. Η αντίστροφη όσμωση χρησιμοποιείται κυρίως για την επεξεργασία ώριμων στραγγισμάτων. Είναι απαραίτητη η χρήση υψηλής αντοχής μεμβρανών ενώ πολύ συχνά αντιμετωπίζονται προβλήματα αποθέσεων και έμφραξης. Με κατάλληλη προεπεξεργασία η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης έχει πολύ μεγάλα ποσοστά απομάκρυνσης σε COD και βαρέα μέταλλα στα στραγγίσματα. Η αντίστροφη όσμωση είναι πολύ ευρέως διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας και στην Ελλάδα και εφαρμόζεται με επιτυχία στους Χ.Υ.Τ.Α. Φυλής Α' φάσης αλλά και Άνω Λιοσίων ως τελικό στάδιο επεξεργασίας.

Συνδυασμός μεθόδων: Αποτελεί ένα συνδυασμό κάποιων από τις προηγούμενες μεθόδους με σκοπό τη βέλτιστη επεξεργασία των στραγγισμάτων. Συνήθως αποτελείται από διάφορα στάδια επεξεργασίας (π.χ. προεπεξεργασία) μέχρι να έχουμε την τελική μας επεξεργασμένη εκροή.



### 1.3 Χ.Υ.Τ.Α. ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ, Ν. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Ο υπό εξέταση ΧΥΤΑ βρίσκεται στην περιοχή των Πέρα Γαλήνων του Δ. Γαζίου του Ν. Ηρακλείου, σε απόσταση 32 km περίπου από την πόλη του Ηρακλείου, προς τα δυτικά, στα διοικητικά όρια του Δήμου Γαζίου. Το σύνολο του χώρου έκτασης είναι 180 περίπου στρέμματα και ο εξεταζόμενος ΧΥΤΑ ανήκει στην κατηγορία των ΧΥΤΑ μη επικινδύνων στερεών αποβλήτων. Σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους του έργου: «Ο χώρος διάθεσης θα δέχεται οικιακά και προσομοιούμενα προς τα οικιακά απόβλητα. (Ευρωπαϊκός κατάλογος αποβλήτων ΕΚΑ κεφ. 20, Απόφαση 2001/118/ΕΚ). Δε γίνονται αποδεκτά όσα εμπίπτουν στην ΚΥΑ 13588/725/2006-περί επικινδύνων αποβλήτων».

<b>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΤΟΝΟΙ ΑΝΑ ΕΤΟΣ) ΚΑΙ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΥΤΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ (πραγματικά στοιχεία σε τόνους από τη γεφυροπλάστιγγα του ΧΥΤΑ)</b>	
<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΧΥΤΑ (τόνοι)</b>
2010	142988
2011	120401
2012	109892
2013	133835
2014	124415
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ (τόνοι)	126306
ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	304352

Πίνακας 1.3.1 : Δυναμικότητα Χ.Υ.Τ.Α. Πέρα Γαληνών

Σύμφωνα με μελέτη που εκπόνησε το Πολυτεχνείο Κρήτης για λογαριασμό του ΕΣΔΑΚ, η σύνθεση (% κ.β.) των απορριμμάτων της εξυπηρετούμενης περιοχής παρουσιάζεται στον πίνακα 1.3.2 που ακολουθεί.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	% Κ.Β.
Αδρανή	3,04%
Μέταλλα	3,90%
Αλουμίνιο	1,87%
Γυαλί	4,25%
Δέρματα - Ξύλα - Υφάσματα -Λάστιχα	4,68%
Χαρτί	20,51%
Υπολείμματα τροφών	38,72%
Πλαστικά	17,48%
Υπόλοιπα	5,55%
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%

**Πίνακας 1.3.2 : Χ.Υ.Τ.Α Πέρα Γαληνών , Σύνθεση απορριμμάτων (% κ.β)**

Ο εξεταζόμενος χώρος διάθεσης απορριμμάτων εξυπηρετεί τέσσερις δήμους του Νομού Ηρακλείου. Οι δήμοι του Ν. Ηρακλείου είναι: Δ. Ηρακλείου, Δ. Μαλεβιζίου, Δ. Φαιστού και Δ. Γόρτυνας.

Συνοπτικά ο ΧΥΤΑ (εικόνα 1.3.3) αποτελείται από 4 κύρια τμήματα, δύο παλιά και δύο νέα. Το 1<sup>ο</sup> τμήμα (ΧΑΔΑ Α') άρχισε να λειτουργεί το 1992 και έκλεισε το 1997. Η διάθεση απορριμμάτων στο 2<sup>ο</sup> τμήμα (ΧΑΔΑ Β') ξεκίνησε το 1998 και έκλεισε το 2008. Το 3<sup>ο</sup> τμήμα- κύτταρο Α' του ΧΥΤΑ, είναι υπερκείμενο του ΧΑΔΑ Β' και δέχθηκε τις αποθέσεις από το 2009 έως και το 2012 και το 4<sup>ο</sup> τμήμα (κύτταρο Β') είναι υπερκείμενο τμήμα του ΧΑΔΑ Α' και υποδέχεται τα απορρίμματα από το 2012 και αναμένεται να πληρωθεί στα τέλη του 2015. Ήδη κατασκευάζεται το κύτταρο Γ' το οποίο αναμένεται να δεχθεί τις ποσότητες των απορριμμάτων από το 2016.



**Εικόνα 1.3.3 : Γενική εικόνα αποθέσεων του ΧΥΤΑ πέρα Γαληνών**

Η μονάδα επεξεργασίας στραγγισμάτων του ΧΥΤΑ χωροθετήθηκε κοντά στο Κτίριο Διοίκησης. Ο σχεδιασμός της Μονάδας Επεξεργασίας Στραγγισμάτων, που παράγονται από το σύνολο του εξεταζόμενου χώρου διάθεσης των Πέρα Γαληνών (ΧΑΔΑ, κύτταρα Α' και Β'). Η ΜΕΣ αποτελείται από:

- Δεξαμενή συλλογής – εξισορρόπησης στραγγισμάτων κυττάρου Β'.
- Δεξαμενή συλλογής – εξισορρόπησης στραγγισμάτων και αντλιοστάσια τροφοδοσίας της πρώτης βιολογικής βαθμίδας.
- Πρώτο στάδιο βιολογικής επεξεργασίας με διακριτές φάσεις αερισμού και ανοξικών συνθηκών για αποδόμηση οργανικού φορτίου

και νιτροποίηση-απονιτροποίηση σε δύο κλειστά συγκροτήματα που λειτουργούν παράλληλα, τύπου “compact” με βιοαντιδραστήρες MBBR.

- Δεύτερο στάδιο βιολογικής επεξεργασίας, με βιοαντιδραστήρες σε συνδυασμό με βιοαντιδραστήρα μεμβρανών MBR, σε δύο κλειστά συγκροτήματα που λειτουργούν παράλληλα. Εντός των ίδιων συγκροτημάτων, πραγματοποιείται η διαύγαση του ανάμικτου υγρού με τη βοήθεια μεμβρανών.
- Δεξαμενή Πάχυνσης της προκύπτουσας στις βιολογικές βαθμίδες ιλύος και αντλιοστάσιο μεταφοράς της προς το ΧΥΤΑ.
- Δεξαμενή συλλογής εκροής δεύτερου σταδίου βιολογικής επεξεργασίας.

Η εκροή του δεύτερου σταδίου βιολογικής επεξεργασίας οδηγείται, μέσω του υφιστάμενου αντλιοστασίου το οποίο είναι κατάλληλα διαστασιολογημένο και θεωρείται επαρκές, για ανακυκλοφορία στο σώμα του ενεργού χώρου.

## 1.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

Το σύστημα αυτό πρόκειται για μια ευρεσιτεχνία του Βασιλείου Σταύρου Ηλία της οποίας δεν είναι απόλυτα γνωστός ο τρόπος λειτουργίας αλλά είχε χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ως μέθοδος καθαρισμού λυμάτων σε γαλακτοβιομηχανίες (εικόνα 1.4.1). Το φυγοκεντρικό φίλτρο αποτελείται από πολλές στρώσεις από κωνικά μεταλλικά ελλάσματα (“μεμβράνες”) τα οποία έχουν μικρές προεξοχές κατά μήκος του κώνου. Επίσης πάνω στα ελλάσματα υπάρχουν διάφορα μικρά ανοίγματα (τρύπες) με σκοπό να περνάει το λύμα από το ένα έλλασμα προς το άλλο. Τα κωνικά ελλάσματα περιστρέφονται μεταξύ τους με σκοπό το λύμα που βρίσκεται μεταξύ των δύο ελλασμάτων να ωθείται από τις προεξοχές έτσι ώστε να οδεύει στο επόμενο έλλασμα κατά ένα ποσοστό πιο καθαρό και αντίστοιχα συμβαίνει και στις επόμενες, ενώ πάνω στα ελλάσματα κατακρατείται ιλύς η οποία απομακρύνεται με διαλείποντα τρόπο με παροχέτευση νερού έκπλυσης. Το σύστημα αυτό (εικόνα 1.4.1) δέχεται ακόμα μια παλμική κίνηση πέρα από τις στροφικές κινήσεις μεταξύ των ελλασμάτων για την επίτευξη μιας καλύτερης απομάκρυνσης του ρυπαντικού φορτίου. **(Βασιλείου Σταύρου Ηλίας, Βιολογικός Καθαρισμός Υγρών αποβλήτων Γαλακτοβιομηχανιών, Αριθμός Αίτησης Δ.Ε. : 20050100483, Διεθνής Ταξινόμηση : IPC8: C02F 3/00)**







**Εικόνα 1.4.2 : Φυγοκεντρικό φίλτρο**

## **2      ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η δοκιμή ενός νέου πατενταρισμένου συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων για την επεξεργασία στραγγιδίων Χ.Υ.Τ.Α.. Το σύστημα επεξεργασίας λειτουργεί ως φυγοκεντρικό φίλτρο και έχει περιγραφεί στην παράγραφο 1.4. Οι δοκιμές θα γίνουν σε στραγγίδια που παράγονται στο Χ.Υ.Τ.Α. Πέρα Γαληνών, στο Φόδελε Ηρακλείου. Το πατενταρισμένο σύστημα επεξεργασίας έχει μέχρι στιγμής εφαρμοστεί με επιτυχία, σε βιομηχανική κλίμακα, σε απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας, ενώ έχουν γίνει προκαταρκτικές δοκιμές για την επεξεργασία στραγγιδίων Χ.Υ.Τ.Α. οι οποίες είναι ενθαρυντικές. Η εργασία αυτή στοχεύει να εξετάσει την συνολική απόδοση του συστήματος για το αν θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για την επεξεργασία αποβλήτων όπως αυτών του ΧΥΤΑ μιας και το πιλοτικό σύστημα έχει χαμηλές απαιτήσεις σε ενέργεια και το συνολικό του κόστος και ο όγκος τοποθέτησής του είναι μικρός.

Δοκιμές θα γίνουν σε ανεπεξέργαστο και επεξεργασμένο με κροκίδωση απόβλητο. Το φίλτρο θα λειτουργήσει για περίπου έντεκα ημέρες, και θα γίνουν δοκιμές ως προς την απομάκρυνση του BOD, COD αλλά και των άλλων παραμέτρων, καθώς και ως προς τη σύσταση της παραγόμενης ιλύος.

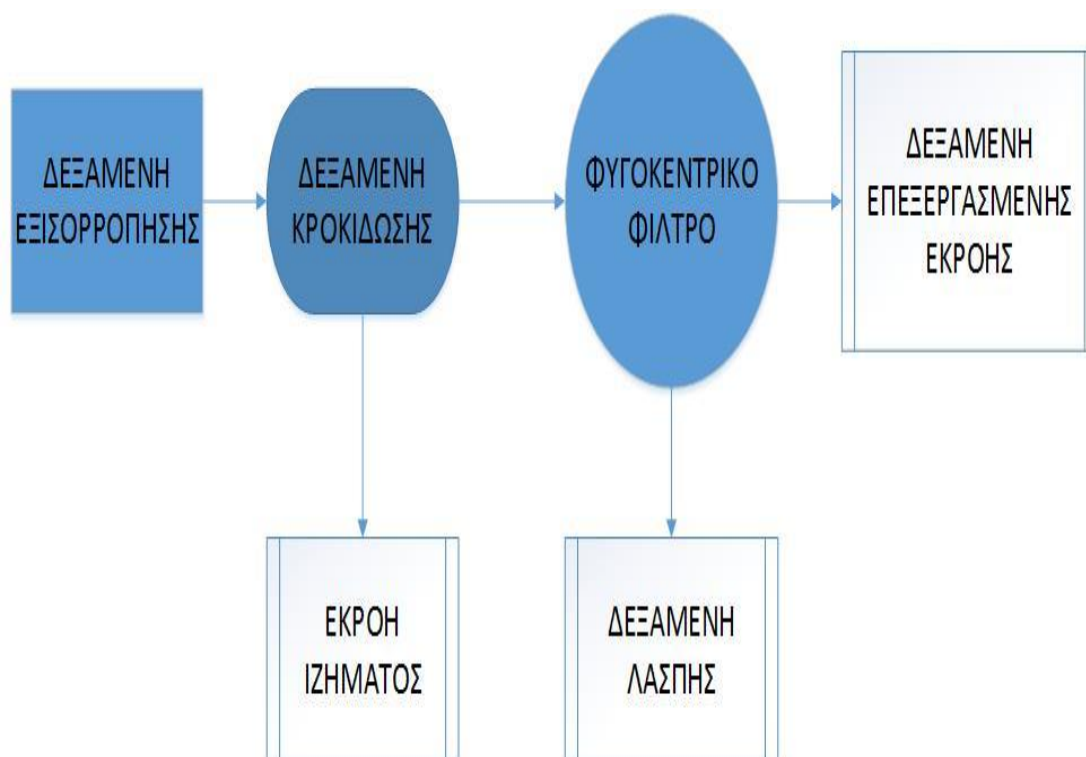
Το φυγοκεντρικό φίλτρο δεχόταν κάποιες μέρες τα στραγγίδια χωρίς αυτά να έχουν υποστεί κάποιου είδους προεπεξεργασία όπως κροκίδωση ενώ τις υπόλοιπες μέρες τα στραγγίδια ήταν κροκιδωμένα. Εκπονήθηκαν μετρήσεις σε διαφορετικά δείγματα 11 ημερών (είσοδος, έξοδος, λάσπη κ.α.) με σκοπό την εύρεση των χαρακτηριστικών του κάθε δείγματος (BOD, COD, TOC, pH, αγωγιμότητας, θολερότητας, Νιτρικών, Αμμωνιακών, Θεικών, Φωσφορικών, TSS, TS, TN) και με βάση των τελικών και των αρχικών τιμών να προκύψει ο βαθμός επεξεργασίας και αποτελεσματικότητας του συστήματος.



### **3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

#### **3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ**

Η διάταξη του συστήματος άλλαξε πολλές φορές κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Αρχικά τα στραγγίδια των Χ.Υ.Τ.Α. εισέρχονταν κατευθείαν στο φυγοκεντρικό φίλτρο, αυτό όμως αργότερα άλλαξε αφού το ακροκίδωτο απόβλητο ήταν επικίνδυνο για φθόρα του φυγοκεντρικού φίλτρου. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων υπήρχαν και αρκετές παραλλαγές στις εξόδους του επεξεργασμένου απόβλητου. Η επικρατούσα όμως διάταξη είχε ως εξής (όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.1.1): Αρχικά τα στραγγίδια συλλεγόντουσαν στη δεξαμενή εξισορρόπησης προκειμένου να εξομαλυνθεί η διακύμανση της ποιότητας αλλά και της ποσότητας των στραγγιδιών, μετά τα εξισορροπημένα στραγγίδια οδηγόντουσαν στη δεξαμενή κροκίδωσης με σκοπό τη δημιουργία συσσωματώματων και την εισαγωγή του αιωρήματος στο φυγοκεντρικό φίλτρο. Το φυγοκεντρικό φίλτρο αποτελούσε το κύριο στάδιο επεξεργασίας όπου εκεί μέσω της φυγοκέντρισης που προκαλούσαν οι μεταλλικές μεμβράνες επεξεργαζόταν τα στραγγίδια και η εκροή αυτών κατευθυνόταν σε μια δεξαμενή συλλογής των επεξεργασμένων στραγγιδιών. Τέλος υπήρχε και μια δεξαμενή συλλογής της λάσπης στην οποία όμως 'κακώς' αραιωνόταν με μεγάλη ποσότητα από το έκπλυμα. Τα δείγματα ήταν συνολικά 11 ημερών από τα οποία όπως φαίνεται στο πίνακα 3.1.2 τα δείγματα των τριών πρώτων ημερών ήταν ακροκίδωτα ενώ τα υπόλοιπα είχαν υποστεί κροκίδωση. Κάποια από τα σημεία δειγματοληψίας διέφεραν λόγω των αλλαγών στην πειραματική διάταξη κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Έπειτα γινόταν ένας αρχικός σχεδιασμός με βάση το προβλεπόμενο φορτίο των δειγμάτων προκειμένου να υπολογιστεί η αραιώση του δείγματος και ανάλογα το σημείο δειγματοληψίας ή τη παράμετρο που εξεταζόταν η αραιώση άλλαζε. Με αυτό τον τρόπο επιλέχθηκαν τα κατάλληλα αντιδραστήρια προκειμένου να υπολογιστούν οι παράμετροι (BOD, COD, TSS κλπ.) για το κάθε σημείο δειγματοληψίας των έντεκα ημερών.



**Σχήμα 3.1.1 : Διάγραμμα ροής επικρατούσας διάταξης**

	ΔΕΞΑΜΕ ΝΗ ΕΞΙΣΟΡΡ ΟΠΗΣΗΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ ΦΥΓΟΚΕΝ ΤΡΙΚΟΥ	ΕΞΟΔΟΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΥ			ΛΑΣΠΗ ΕΚΚΕΝ ΩΣΗΣ (min)	ΙΖΗΜΑ	ΕΚΠΛΥΜΑ ΦΥΓΟΚΕΝ ΤΡΙΚΟΥ
1η Μέρα 7.5.2015 (Ακροκίδω το)		ακροκίδωτο	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά			~20		
2η Μέρα 8.5.2015 (Ακροκίδω το)		ακροκίδωτο	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά	30 λεπτών		~45		
3η Μέρα 9.5.2015 (Ακροκίδω το)		ακροκίδωτο	30λεπτώ ν	60 λεπτών		~70		τέλος διεργασίας
4η Μέρα 18.5.2015	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά	30 λεπτών		~45		τέλος διεργασίας
5η Μέρα 19.5.2015	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	1η (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	2η (την ίδια χρονική στιγμή, ~10 λεπτά)	3η (την ίδια χρονική στιγμή, ~10 λεπτά)	~20	κροκιδωσ ης	τέλος διεργασίας
6η Μέρα 21.5.2015	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά			~20	κροκιδωσ ης	τέλος διεργασίας
7η Μέρα 22.5.2015	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά			~20		
8η Μέρα 25.5.2015	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά			~20		

<b>9η Μέρα 9.6.2015</b>	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά	από επανακυ κλοφορία	από επανακυκλ οφορία & φιλτράρισ μα σε αμμόφιλτρ ο	~20		
<b>10η Μέρα 6.6.2015</b>	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά	την ίδια χρονική στιγμή, ~10 λεπτά				
<b>11η Μέρα 23.6.2015</b>	Δεξαμενή εξισορρόπη σης στραγγισμά των ΧΥΤΑ	κροκιδωμένη	μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά			~20		

**Πίνακας 3.1.2 : Περιγραφή δειγματοληψίας**

### 3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Επειδή στην αρχή των πειραμάτων η διάταξη βρισκόταν κάτω από συνεχείς αλλαγές η πειραματική διάταξη του φυγοκεντρικού φίλτρου δεν ήταν από την αρχή η ίδια για αυτό άλλωστε κάποια από τα πρώτα δείγματα δεν είχαν κροκιδωθεί και συνεχώς η διάταξη υπόκεινταν σε αλλαγές είτε μικρές είτε μεγάλες. Όμως το σύστημα σταθεροποιήθηκε και απαρτιζόταν από μία δεξαμενή εξισορρόπησης (εικόνα 3.2.1) όπου εκεί συλλεγόντουσαν τα ανεπεξέργαστα στραγγίδια ώστε να εξομαλυνθούν οι ξαφνικές αιχμές του υδραυλικού και του ρυπαντικού φορτίου και να παραδοθούν τα απόβλητα με σταθερότερη κατά το δυνατόν ποιότητα και παροχή.



Εικόνα 3.2.1 : Δεξαμενή εξισορρόπησης

Τα εξισορροπημένα στραγγίδια στην συνέχεια οδηγόντουσαν σε μια μικρή δεξαμενή κροκίδωσης από όπου μετά από τη προσθήκη των κροκιδωτικών το αιώρημα κατευθυνόταν στο φυγοκεντρικό φίλτρο (εικόνα 3.2.2).



**Εικόνα 3.2.2 : αριστερά είναι η δεξαμενή κροκίδωσης και δεξιά είναι η διάταξη της .**

Το επεξεργασμένο λύμα συλλέγεται σε ειδικές δεξαμενές όπως και η λάσπη που προκύπτει από όλη αυτή την επεξεργασία (εικόνα 3.2.3 ) από όπου συλλεγόταν το δείγμα. Τέλος για να αποτρέπεται η υπερθέρμανση του φυγοκεντρικού φίλτρου ήταν αναγκαία η ύπαρξη δεξαμενής ψυκτικού υγρού αριστερά του φυγοκεντρικού φίλτρου, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.2.4.





**Εικόνα 3.2.3 : Δεξαμενές λάσπης και επεξεργασμένων στραγγιδίων**



**Εικόνα 3.2.4 : Άποψη του πιλοτικού συστήματος**

### **3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ**

Αρχικά το ανεπεξέργαστο απόβλητο οδηγούταν στην δεξαμενή εξισορρόπησης προκειμένου να σταθεροποιηθεί και κατόπιν χρησιμοποιώντας σωληνώσεις, τα στραγγίδια μεταφερόντουσαν στο φυγοκεντρικό φίλτρο όπου το λύμα διαχωριζόταν στην υγρή φάση (επεξεργασμένο λύμα) και στη ήμιστερεή φάση (λάσπη). Λόγω του σχεδιασμού της εγκατάστασης, η λάσπη απομακρύνονταν από την ίδια έξοδο που απομακρύνονταν το νερό ψύξης, γεγονός που συνήθως οδηγούσε στην συλλογή αραιωμένης λάσπης.

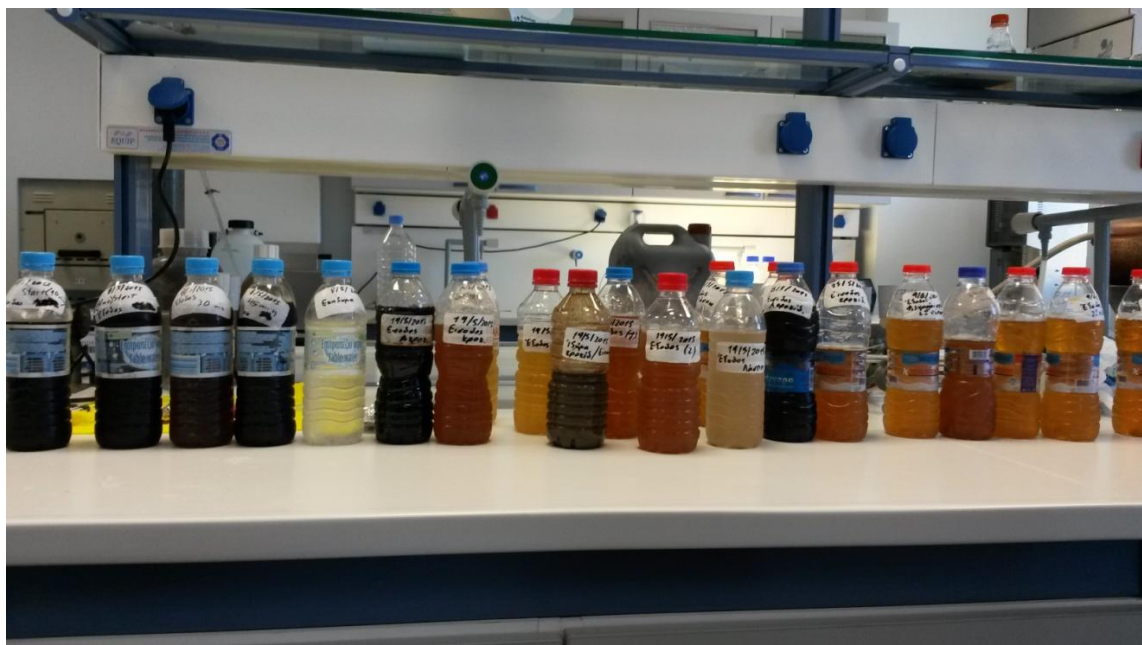
Συγκεκριμένα το υγρό εισερχόταν στο φίλτρο από τη κορυφή και λόγω βαρύτητας κατευθυνόταν προς τα κάτω αφού είχε συνθλιφτεί από την κάθε μεταλλική κωνική μεμβράνη λόγω της προεξοχής της αλλά και της στροφικής κίνησης μεταξύ των κώνων. Τελικώς τα επεξεργασμένα στραγγίδια και η λάσπη συλλεγόντουσαν σε δεξαμενές από τις οποίες γινόντουσαν οι δειγματοληψίες και ύστερα το φυγοκεντρικό φίλτρο ξεπλενόταν και το νερό της πλύσης συλλεγόταν προκειμένου να μετρηθεί και αυτό ως «έκπλυμα».

Συνεπώς τα σημεία δειγματοληψίας ήταν η δεξαμενή εξισορρόπησης δηλαδή τα στραγγίδια πριν τη κροκίδωση, η κροκιδωμένη είσοδος μετα τη δεξαμενή κροκίδωσης, η έξοδος φυγοκεντρικού φίλτρου, οι δεξαμενές λάσπης και επεξεργασμένου λύμματος όπως επίσης και η συλλογή του εκπλύματος δηλαδή του νερού που ξέπλενε το φυγοκεντρικό φίλτρο και τα λοιπά μέρη της πειραματικής διάταξης. Τέλος τα δείγματα τοποθετούνταν σε πλαστικά μπουκάλια (PET) και μεταφερόντουσαν αφθμερόν στο εργαστήριο για ανάλυση (εικόνα 3.3.1, εικόνα 3.3.2).





**Εικόνα3.3.1: Ενδεικτικά μπουκάλια δειγματοληψίας**



**Εικόνα3.3.2: Μπουκάλια δειγματοληψίας στο εργαστήριο**

### **3.4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **3.4.1 PH**

Το pH μετρήθηκε με το φορητό πεχάμετρο Multi WTW χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο. Χωρίς να πραγματοποιηθεί αραίωση το ηλεκτρόδιο τοποθετούταν στο δείγμα και καταγραφόταν η μέτρηση.

#### **3.4.2 ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ**

Η αγωγιμότητα (conductivity) μετρήθηκε με μια την συσκευή μέτρησης WTW Multi 3410 χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο (Conductivity Probe) μέσα στο δείγμα αφού είχε προηγηθεί αραίωση (συνήθως 1/5) όπου χρειαζόταν.

#### **3.4.3 ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ**

Αφού προηγηθεί αραίωση (1/5) στο δείγμα, αυτό τοποθετείται στην ειδική κυψελίδα του θολερόμετρου Ratio turbidimeter 18900 της HACH και κατόπιν γινόταν καταγραφή της αναφερόμενης τιμής από το όργανο με την κυψελίδα σωστά τοποθετημένη εντός της υποδοχής του.

#### **3.4.4 BOD (ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ)**

Αρχικά τα δείγματα λόγω ότι ήταν στραγγίσματα από εγκαταστάσεις ΧΥΤΑ δεν περιείχαν μικροοργανισμούς στην σύνθεσή τους, έτσι σε μια κωνική φιάλη με απιονισμένο νερό ρίχναμε μια ειδική κάψουλα (Polyseed BOD capsules - HACH) με μικροοργανισμούς και με ανάδευση όποτε χρειαζόταν με το ακροφύσιο διοχέτευσης αέρα τους αφήναμε να αναπτυχθούν για 40 περίπου λεπτά.

Η μέτρηση του BOD γινόταν σύμφωνα με τα standards methods, όπου το αραιωμένο διάλυμα κάθε δείγματος τοποθετούνταν σε κωνική φιάλη στην οποία εισαγόταν ακροφύσιο διοχέτευσης αέρα με σκοπό τον κορεσμό του διαλύματος σε οξυγόνο. Παράλληλα, στο διάλυμα τοποθετούνταν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών (από ένα ml/L διαλύματος φωσφόρου, καλίου και ασβεστίου σύμφωνα με τα Standard Methods). Μετά τον κατάλληλο αερισμό, το διάλυμα μοιραζόταν σε δύο γυάλινα μπουκάλια Robotic των 300 ml (για λόγους ακρίβειας) όπου σε κάθε μπουκάλι είχαν τοποθετηθεί 4 ml από τη φιάλη με τους μικροοργανισμούς (καλλιέργεια Polyseed BOD capsules) και μετά γινόταν μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου με χρήση του οξυγονόμετρου WTW Multi 3410 και του ανάλογου ηλεκτροδίου. Έπειτα, τα μπουκάλια κλείνονταν και τοποθετούνταν για πέντε 24ωρα σε θερμοστατούμενο θάλαμο BOD της WTW με σταθερή θερμοκρασία στους  $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

Τέλος, με το πέρας των πέντε 24ώρων, τα μπουκάλια λαμβάνονταν από το θερμοστατούμενο θάλαμο, και πραγματοποιούνταν οι τελικές μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου. Πρέπει να αναφερθεί ακόμα ότι γινόταν μέτρηση από τα τυφλά διαλύματα με τους μικροοργανισμούς (κάψουλες) έτσι ώστε μετά τις μετρήσεις να γίνει η απαραίτητη διόρθωση - αφαίρεση του τυφλού διαλύματος ώστε να είναι σωστές και αντιπροσωπευτικές οι τιμές. Το  $\text{BOD}_5$  προκύπτει από τη διαφορά των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου πολλαπλασιασμένη με την αρχική αραιώση του δείγματος και υπολογίζοντας το μέσο όρο κάθε δείγματος αφού χρησιμοποιήθηκαν δύο μπουκάλια για κάθε δείγμα.

### **3.4.5 COD (ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ)**

Αρχικά γινόταν η κατάλληλη αραιώση στο κάθε δείγμα με απιονισμένο νερό και από αυτό λαμβάνονταν 2 ml και τοποθετούνταν σε φιάλες αντιδραστηρίων της εταιρίας HACH με κωδικές ονομασίες ( LCK 514, LCK 314, LCK 114) ανάλογα με το αναμενόμενο COD και αναδεύονταν ελαφρά. Στη συνέχεια οι φιάλες τοποθετούνταν στην συσκευή-φούρνο

χώνευσης των COD τον HACH LT200). Η λειτουργία του είχε προγραμματισμένη θερμοκρασία 150°C και χρόνο παραμονής 2 ώρες.

Μετά τις 2 ώρες τα φιαλίδια παρέμεναν για κάποια λεπτά έως ότου να κρυώσουν και τοποθετούνταν στο φασματοφωτόμετρο (HACH DR2800) το οποίο αναγνώριζε αυτόματα το Barcode του αντίστοιχου φιαλιδίου, ρύθμιζε το απαιτούμενο μήκος κύματος ανάλογα με τη φιάλη αντιδραστηρίου και εμφάνιζε το αποτέλεσμα του COD.

### **3.4.6 TSS (ΟΛΙΚΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ)**

Για την μέτρηση των TSS των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα (Whatman glass microfiber filters, Grade 934 0,45μm - 47mm) στηριζόμενα σε διαμορφωμένα αλουμινόχαρτα τα οποία αρχικά ξεραίνονταν για 45 λεπτά σε φούρνο (Memmert 'UL50' Lab Oven) σε θερμοκρασία 100°C, στη συνέχεια ζυγίζονταν σε ζυγαριά ακριβείας Kern & Sohn ABJ-NM, διηθούνταν συνήθως 25 ml δείγματος (ανάλογα την οπτική πυκνότητα του δείγματος) και ξεραίνονταν ξανά σε φούρνο. Τέλος, τοποθετούνταν σε αφυγραντήρα για λίγα λεπτά και ζυγίζονταν για τελευταία φορά. Η διαφορά του βάρους από το κάθε φιλτράκι ανά 25ml δείγματος ήταν και το τελικό αποτέλεσμα της τιμής των TSS.

### **3.4.7 TOC (ΟΛΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ)**

Όπως και στις παραπάνω μετρήσεις έτσι και για την μέτρηση του TOC γινόντουσαν οι κατάλληλες αραιώσεις στο δείγμα και λαμβάνονταν περίπου 35 ml με σύριγγα, στη συνέχεια τοποθετούταν στην άκρη της φίλτρο διήθησης (Sartorius Minisart) 0,45μm για την συγκράτηση των στερεών. Διηθούνταν περίπου 2ml του δείγματος και τοποθετούνταν σε γυάλινο δοχείο.

Τέλος, τοποθετούταν το σωληνάκι δειγματοληψίας του οργάνου Shimadzu TOC-5000A εντός του δοχείου δείγματος και πραγματοποιούνταν η μέτρηση.

### 3.4.8 ΟΛΙΚΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΣ

Για την μέτρηση του ολικού φωσφόρου χρησιμοποιούνται ένα πλήρες σετ της HACH, με ονομασία HACH LCK Kit (εικόνα 3.4.8.1) και το φασματοφωτόμετρο HACH. Αφού γίνουν οι απαραίτητες αραιώσεις και επιλεχθεί το HACH LCK 349 με το κατάλληλο εύρος τιμών, το δείγμα τοποθετούταν στην κυψελίδα και προστίθονταν τα αντίστοιχα αντιδραστήρια του Kit, και μετά τοποθετούταν στον φούρνο για το απαραίτητο διάστημα.

Τέλος γινόταν βαθμονόμηση του φασματοφωτόμετρου με τυφλό διάλυμα απιονισμένου νερού και των αντιδραστηρίων του Kit και πραγματοποιούνται μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο αφού τα φιαλίδια έχουν ετικέτα με γραμμικό κώδικα για αυτόματη αναγνώριση στο φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 3.4.8.1: Ενδεικτικό kit αντιδραστηρίων ολικού φωσφόρου



### 3.4.9 ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ $\text{NH}_3\text{-N}$

Για την μέτρηση των αμμωνιακών ιόντων χρησιμοποιούνταν ένα πλήρες σετ της HACH, με ονομασία HACH Nessler Kit και το φασματοφωτόμετρο HACH DR2800. Η διαδικασία ξεκινούσε, αρχικά με την βαθμονόμηση του φασματοφωτόμετρου με τυφλό διάλυμα απιονισμένου νερού και των αντιδραστηρίων του Kit. Έπειτα για την μέτρηση του αναφερόμενου δείγματος, προστίθονταν τα αντίστοιχα αντιδραστήρια του Kit, το δείγμα τοποθετούταν στην κυψελίδα και πραγματοποιούνταν μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο.

### 3.4.10 ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ

Για την μέτρηση του ολικού αζώτου χρησιμοποιούνταν ένα πλήρες σετ της HACH, με ονομασία HACH LCK 339 Kit (ενδεικτική εικόνα 3.4.10.1) και το φασματοφωτόμετρο HACH. Αφού γίνουν οι απαραίτητες αραιώσεις και επιλεγθεί το HACH LCK Kit με το κατάλληλο εύρος τιμών, το δείγμα τοποθετούταν στην κυψελίδα και προστίθονταν τα αντίστοιχα αντιδραστήρια του Kit, και μετά τοποθετούταν στον φούρνο για το διάστημα που ανέφερε το kit. Τέλος γινόταν βαθμονόμηση του φασματοφωτόμετρου με τυφλό διάλυμα απιονισμένου νερού και των αντιδραστηρίων του Kit και πραγματοποιούνταν μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο αφού τα φιαλίδια έχουν ετικέτα με γραμμικό κώδικα για αυτόματη αναγνώριση στο φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 3.4.10.1: Ενδεικτικό kit αντιδραστηρίων ολικού αζώτου

### 3.4.11 ΘΕΙΙΚΑ

Για την μέτρηση των θειικών χρησιμοποιούνται ένα πλήρες σετ της HACH, με ονομασία HACH LCK Kit (εικόνα 3.4.11.1) και το φασματοφωτόμετρο HACH. Αφού γίνουν οι απαραίτητες αραιώσεις και επιλεγθεί το HACH LCK Kit με το κατάλληλο εύρος τιμών, το δείγμα τοποθετούταν στην κυψελίδα και προστίθονταν τα αντίστοιχα αντιδραστήρια του Kit, και μετά τοποθετούταν στον φούρνο για το διάστημα που ανέφερε το kit.

Τέλος γινόταν βαθμονόμηση του φασματοφωτόμετρου με τυφλό διάλυμα απιονισμένου νερού και των αντιδραστηρίων του Kit και πραγματοποιούνται μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο αφού τα φιαλίδια έχουν ετικέτα με γραμμικό κώδικα για αυτόματη αναγνώριση στο φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 3.4.11.1 : Ενδεικτικό kit αντιδραστηρίων θειικών

#### **4.4.12 TS (ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ)**

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πυρίμαχα γυάλινα δοχεία 25 ml του κάθε δείγματος αφού αρχικά είχαν ζυγιστεί τα δοχεία και μετά ξεραθήκανε σε φούρνο για 2 ώρες. Τέλος, τοποθετούνταν σε αφυγραντήρα για λίγα λεπτά και ζυγίζονταν για τελευταία φορά. Η διαφορά του βάρους του δοχείου ανά 25 ml δείγματος ήταν και το τελικό αποτέλεσμα της τιμής των TS.



## **4     ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

### **4.1    ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια συνολικά συλλέχθηκαν επεξεργασμένα δείγματα 11 ημερών από τις οποίες οι 3 πρώτες μέρες (7/5/2015, 8/5/2015, 9/5/2015) το δείγμα ήταν ακροκίδωτο προτού μπει στο φυγοκεντρικό φίλτρο. Πάνω σε αυτά τα δείγματα εκπονήθηκαν μετρήσεις στο εργαστήριο με τα κατάλληλα όργανα και αντιδραστήρια.

Παρακάτω θα παρουσιασθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων αρχικά για τις μέρες που δεν έγινε κροκίδωση και στο επόμενο κεφάλαιο για τις μέρες κατά τις οποίες η είσοδος στο φυγοκεντρικό φίλτρο είχε υποστεί κροκίδωση. Πιο αναλυτικά και για τις δύο διεργασίες (χωρίς και με κροκίδωση) θα παρουσιαστούν διαγράμματα και επεξεργασμένα αποτελέσματα που θα αφορούν τη διακύμανση μιας κατηγορίας μετρήσεων ανά ημέρα (π.χ. COD, BOD), ως ποσοστά απομάκρυνσης αρχικού και τελικού.

#### 4.1.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΚΡΟΚΙΔΩΤΙΚΩΝ

Τα δείγματα στα οποία δεν είχαμε χρήση κροκιδωτικού προτού οδηγηθεί στο φυγοκεντρικό φίλτρο ήταν τρία (7/5/2015, 8/5/2015, 9/5/2015) όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες απομάκρυνσης των διάφορων παραμέτρων ανά ημέρα για τις εξόδους των 10 λεπτων αλλά και των 30 λεπτών για τις αντίστοιχες μέρες. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η ποιότητα του αποβλήτου στην είσοδο ήταν σταθερή.

##### Αποτελέσματα pH

Από το πίνακα 4.1.1.1 παρατηρούμε ότι το pH δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις αλλά έχει μια σταθερή τιμή κοντά στο 8,5.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος	8,5	8,5	8,5	8,6
Έξοδος	8,4	8,6	8,5	8,5

Πίνακας 4.1.1.1 : Αποτελέσματα pH

### Αποτελέσματα Αγωγιμότητας

Για την αγωγιμότητα προκύπτει ο πίνακας 4.1.1.2 που περιλαμβάνει τις εισόδους και τις εξόδους των 10 και 30 λεπτών των τριών ημερών όπως επίσης και το ποσοστό απομάκρυνσης. Παρατηρείται μια αισθητή μείωση της αγωγιμότητας στις εξόδους της τάξεως του 75%.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	302,1	297	297	300
Έξοδος (mg/l)	75,5	73	44,9	84,9
Απομάκρυνση	0,750	0,754	0,849	0,717
Ποσοστό%	75,0	75,4	84,9	71,7

**Πίνακας 4.1.1.2 : Ποσοστά μείωσης αγωγιμότητας**

### Αποτελέσματα COD

Για το COD προκύπτει ο πίνακας 4.1.1.3 και όπως γίνεται αντιληπτό, η απομάκρυνση του COD είναι σταθερή και κυμαίνεται κοντά στο 80%.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	7943	8172	8172	8172
Έξοδος (mg/l)	1644	1682	900	1944
Απομάκρυνση	0,793	0,794	0,890	0,762
Ποσοστό%	79,3	79,4	89,0	76,2

**Πίνακας 4.1.1.3 : Ποσοστά απομάκρυνσης COD**

### Αποτελέσματα TOC

Στο πίνακα 4.1.1.4 με τις απομακρύνσεις του TOC παρατηρείται ότι οι απομακρύνσεις είναι κοντά στο 77% αφού άλλωστε οι τιμές της εισόδου αλλά και της εξόδου δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	4974	4747	4747	4800
Έξοδος (mg/l)	1135	1085	625	1076
Απομάκρυνση	0,772	0,771	0,868	0,776
Ποσοστό%	77,2	77,1	86,8	77,6

**Πίνακας 4.1.1.4 : Ποσοστά απομάκρυνσης TOC**

### Αποτελέσματα Θεικών

Για τα θειικά προκύπτει ο πίνακας 4.1.1.5 που περιλαμβάνει τις εισόδους και τις εξόδους των 10 και 30 λεπτών των τριών ημερών όπως επίσης και το ποσοστό απομάκρυνσης. Στο πίνακα φαίνονται κάποιες αποκλίσεις για αυτό και οι απομακρύνσεις δεν έχουν μια σταθερή απόδοση.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	785	895	895	420
Έξοδος (mg/l)	231	158	53,5	208,5
Απομάκρυνση	0,706	0,823	0,940	0,504
Ποσοστό%	70,6	82,3	94,0	50,4

**Πίνακας 4.1.1.5: Ποσοστά απομάκρυνσης θεικών**

### **Αποτελέσματα Θολερότητας**

Για την θολερότητα προκύπτει ο πίνακας 4.1.1.6 που περιλαμβάνει τις εισόδους και τις εξόδους των 10 και 30 λεπτών των τριών ημερών όπως επίσης και το ποσοστό απομάκρυνσης.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος	155	115	115	97
Έξοδος	90	35	22	24
ποσοστό %	41,9	69,5	80,9	75,3

**Πίνακας 4.1.1.6 : Αποτελέσματα θολερότητας**

### **Αποτελέσματα Αμμωνιακών NH<sub>3</sub>-N**

Παρατίθεται ο πίνακας 4.1.1.7 με τις απομακρύνσεις στο οποίο παρατηρούμε ότι οι τιμές της εισόδου βρίσκονται σε σταθερά επίπεδα χωρίς ιδιαίτερες αποκλίσεις ενώ οι τιμές της εξόδου κυμαίνονται από 400 mg/l -700 mg/L.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	2280	2570	2570	2160
Έξοδος (mg/l)	720	400	400	540
Απομάκρυνση	0,684	0,844	0,844	0,750
Ποσοστό%	68,4	84,4	84,4	75,0

**Πίνακας 4.1.1.7 : Ποσοστά απομάκρυνσης Αμμωνιακών**

### Αποτελέσματα ολικού φωσφόρου

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 4.1.1.8 με τα ποσοστά απομάκρυνσης του ολικού φωσφόρου. Βλέπουμε ότι οι τιμές της εισόδου κυμαίνονται από 73 mg/L - 98 mg/L και της εξόδου από 10,4 mg/L – 23,6 mg/L.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	98	79	79	73
Έξοδος (mg/l)	17,7	23,6	10,4	17,9
Απομάκρυνση	0,819	0,701	0,868	0,755
Ποσοστό%	81,9	70,1	86,8	75,5

**Πίνακας 4.1.1.8 : Ποσοστά απομάκρυνσης ολικού φωσφόρου**

### Αποτελέσματα TSS

Παρατηρείται από το πίνακα 4.1.1.9 ότι έχουμε μια μείωση κατά 70% περίπου εκτός από τις 8/5/2015 όπου οι απομακρύνσεις είναι σχεδόν μηδενικές αφού οι τιμές των TSS στην είσοδο είναι μικρές.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/2015	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	80	20	24	76
Έξοδος (mg/l)	24	16	24	20
Απομάκρυνση	0,700	0,200	0,000	0,737
Ποσοστό%	70,0	20,0	0,0	73,7

**Πίνακας 4.1.1.9 : Ποσοστά απομάκρυνσης TSS**

### Αποτελέσματα BOD

Απο το πίνακα 4.1.1.10 με τα ποσοστά απομάκρυνσης του BOD φαίνεται μια μείωση του BOD και επίσης οι τιμές της εξόδου του φυγοκεντρικού είναι σταθερά κάτω από τα 100  $\mu\text{g/L}$ .

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	870	595	595	147
Έξοδος (mg/l)	95	78	38	45
Απομάκρυνση	0,891	0,869	0,936	0,694
Ποσοστό%	89,1	86,9	93,6	69,4

**Πίνακας 4.1.1.10 : Ποσοστά απομάκρυνσης BOD**

### Αποτελέσματα ολικού αζώτου

Παρατίθεται ο πίνακας 4.1.1.11 με τις απομακρύνσεις για τις οποίες γίνεται αντιληπτό ότι δεν έχουν τόσο μεγάλη σταθερότητα αφού υπάρχουν αποκλίσεις μεταξύ τους λόγω του μεγάλου εύρους στις τιμές της εισόδου και της εξόδου.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	4910	5550	5550	2480
Έξοδος (mg/l)	1035	935	350	1040
Απομάκρυνση	0,789	0,832	0,937	0,581
Ποσοστό%	78,9	83,2	93,7	58,1

**Πίνακας 4.1.1.11 : Ποσοστά απομάκρυνσης ολικού αζώτου**

### Αποτελέσματα TS

Για τα TS προκύπτει ο πίνακας 4.1.1.12 στον οποίο βλέπουμε ότι οι τιμές της εισόδου κυμαίνονται κοντά στα 13000  $\mu\text{g/L}$  ενώ οι τιμές της εξόδου είναι κοντά στις 3000  $\mu\text{g/L}$ , έτσι οι απομακρύνσεις τους είναι κοντά στο 77%.

Ημέρες	7/5/2015	8/5/2015	8/5/20152	9/5/2015
Λεπτά	10'	10'	30'	30'
Είσοδος (mg/l)	13120	12845	12845	12975
Έξοδος (mg/l)	2830	2940	1845	2980
Απομάκρυνση	0,784	0,771	0,856	0,770
Ποσοστό %	78,4	77,1	85,6	77,0

**Πίνακας 4.1.1.12 : Ποσοστά απομάκρυνσης TS**



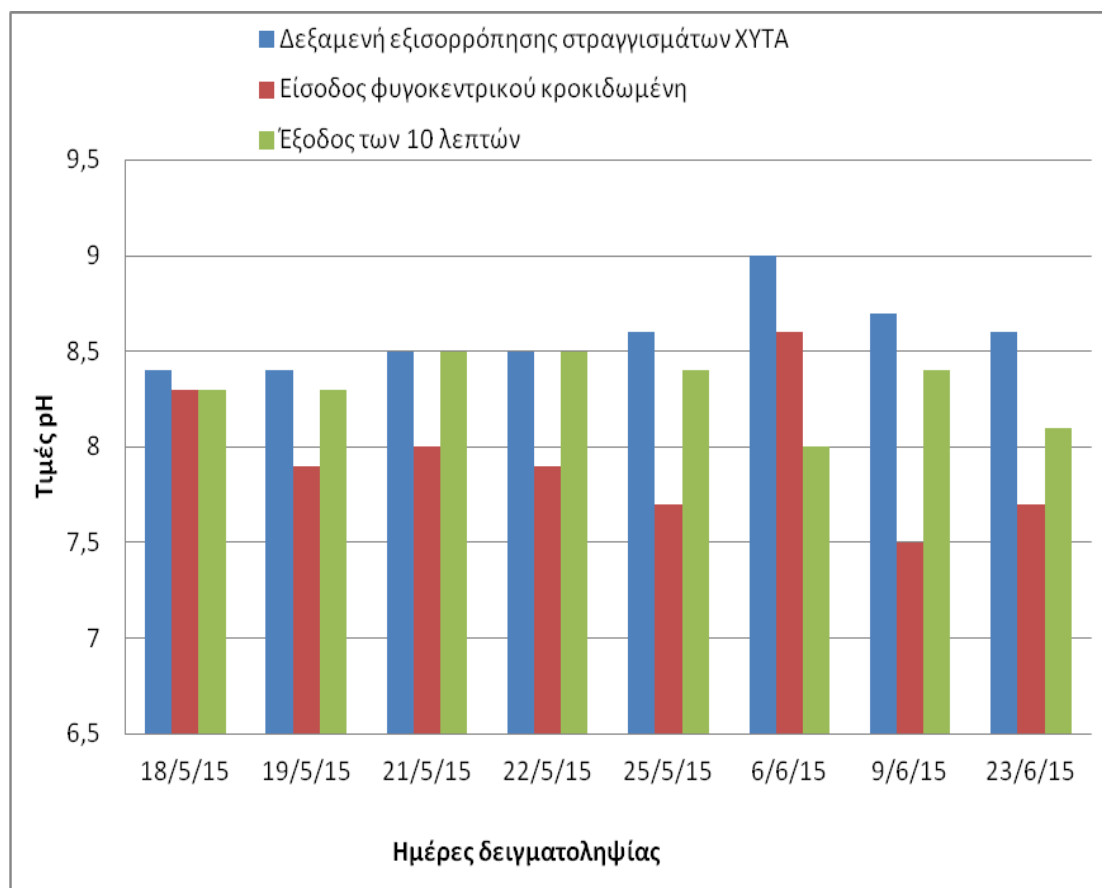
#### **4.1.2 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΡΟΚΙΔΩΤΙΚΩΝ**

Οι μέρες στις οποίες είχαμε χρήση κροκιδωτικού προτού το απόβλητο οδηγηθεί στο φυγοκεντρικό φίλτρο ήταν οχτώ (18/5/2015, 19/5/2015, 21/5/2015, 22/5/2015, 25/5/2015, 6/6/2015, 9/6/2015, 23/6/2015) όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα διακύμανσης των διάφορων μεθόδων μέτρησης ανά ημέρα για την δεξαμενή εξισορρόπησης, για την κροκιδωμένη είσοδο αλλά και για την εξόδο των 10 λεπτών όπως επίσης και τα ποσοστά απομάκρυνσης του φυγοκεντρικού αλλά και γενικότερα του συστήματος αφού στην πρώτη περίπτωση θα λάβουμε υπόψη την κροκιδωμένη είσοδο και την δεκάλεπτη έξοδο και στη δεύτερη περίπτωση τα στραγγίδια που συλλέγονται στη δεξαμενή εξισορρόπησης (προτού κροκιδωθούν) και τη δεκάλεπτη έξοδο.

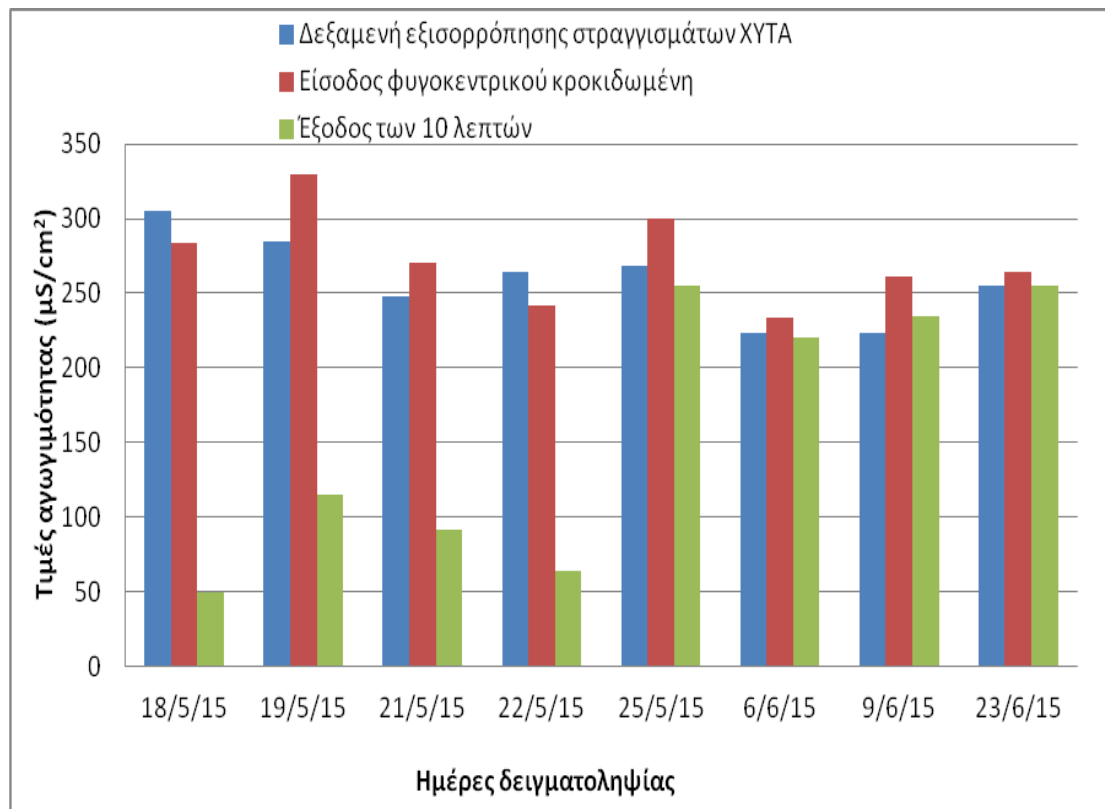
Στα αποτελέσματα δεν έχουν συμπεριληφθεί οι μετρήσεις της λάσπης καθώς όπως αναφέρθηκε και στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο η λάσπη αραιωνόταν με το νερό πλύσης του μηχανήματος. Επίσης δεν παρουσιάζονται οι μετρήσεις στο έκπλυμα, γιατί δεν οδηγούν σε κάποιο συμπέρασμα.

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα 4.1.2.1 με την ημερήσια διακύμανση του pH όπου όπως παρατηρείται οι τιμές κυμαίνονται πολύ κοντά μεταξύ τους.



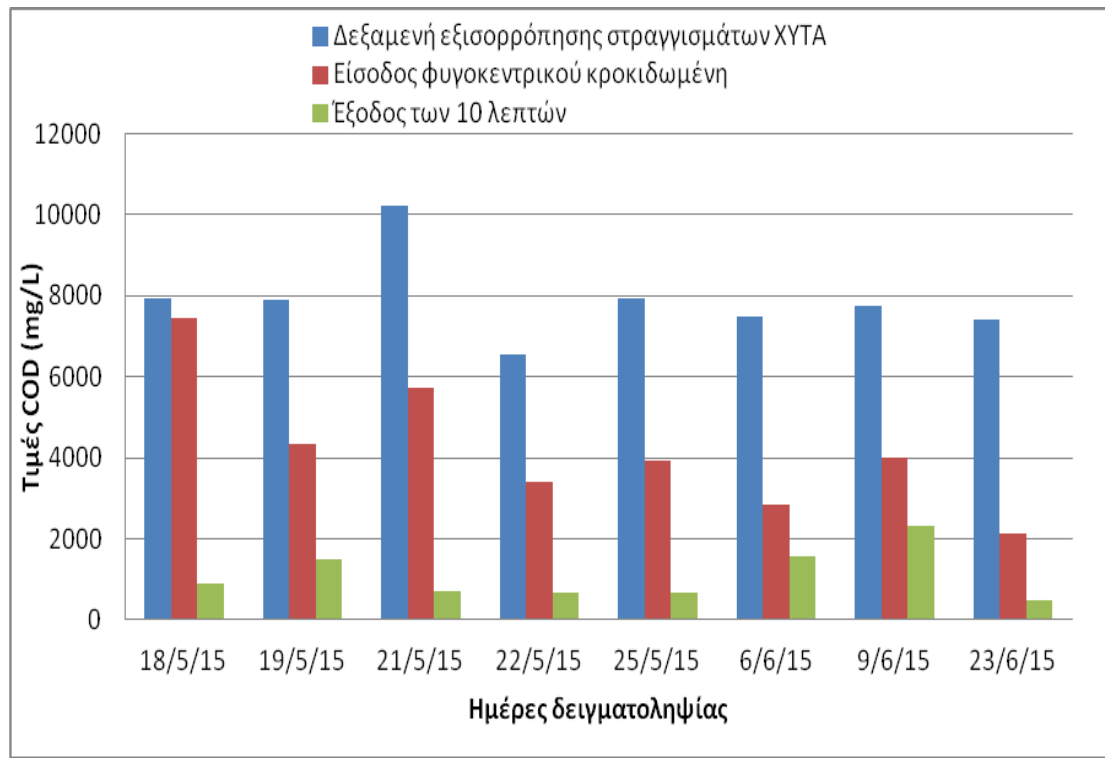
**Διάγραμμα 4.1.2.1: διακύμανση pH**

Στο διάγραμμα 4.1.2.2 για τη διακύμανση της αγωγιμότητας παρατηρείται ότι οι τιμές της εξόδου είναι αρχικά χαμηλές και μετά ανεβαίνουν και πλησιάζουν τα επίπεδα της εισόδου αλλά και της δεξαμενής εξισορρόπησης.



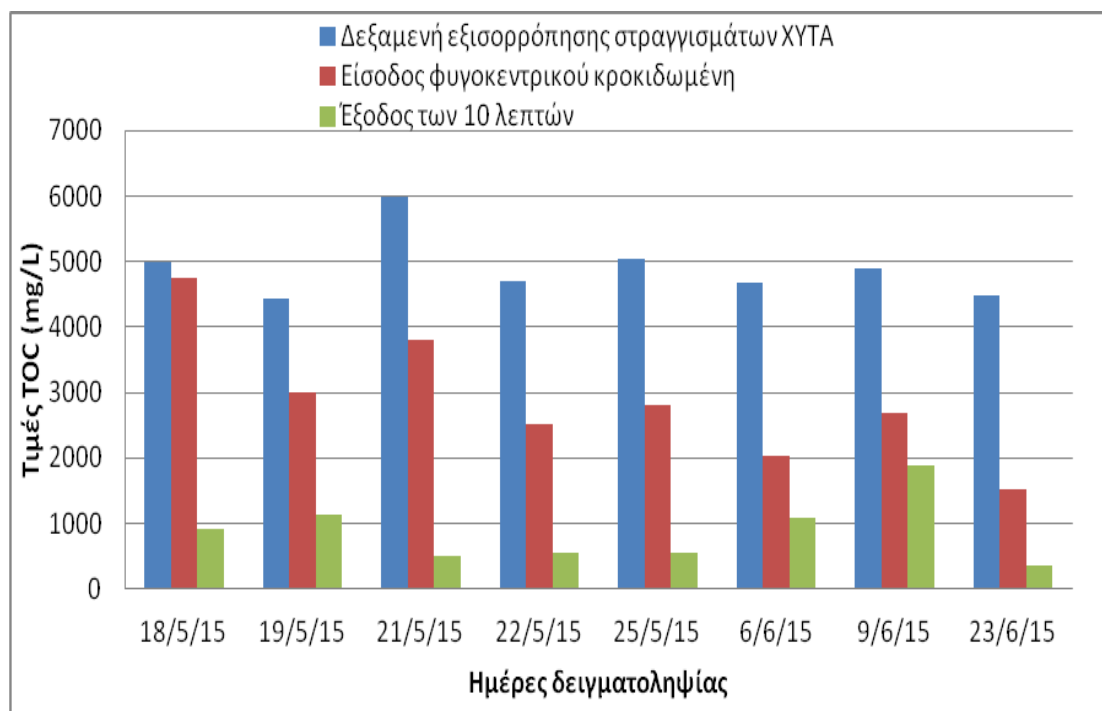
**Διάγραμμα 4.1.2.2: διακύμανση αγωγιμότητας**

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα 4.1.2.3 με την ημερήσια διακύμανση του COD όπου όπως παρατηρείται οι τιμές της εξόδου έχουν μια σταθερή πορεία κάτω από τα 2000 mg/L.



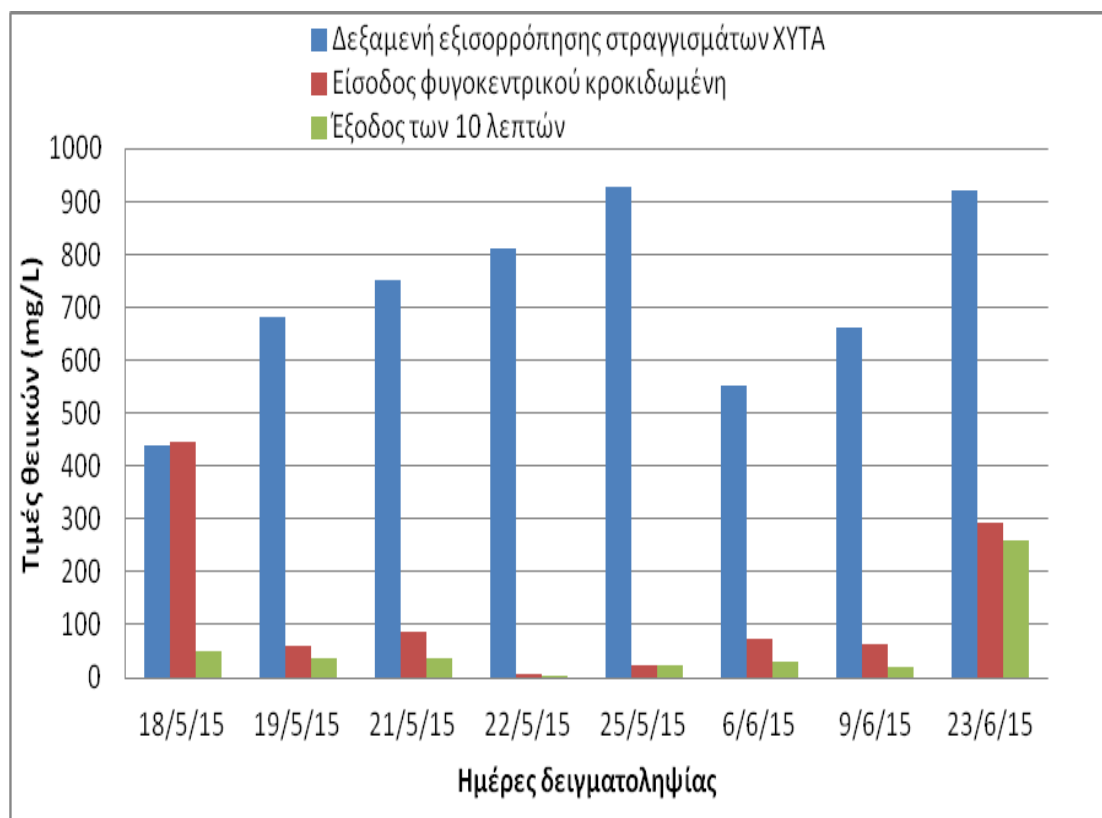
**Διάγραμμα 4.1.2.3: διακύμανση COD**

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.1.2.4 η κροκίδωση βοήθησε αρκετά στην συνολική απομάκρυνση του TOC ώστε η έξοδος των δέκα λεπτών να είναι κοντά στα 1000 mg/L.



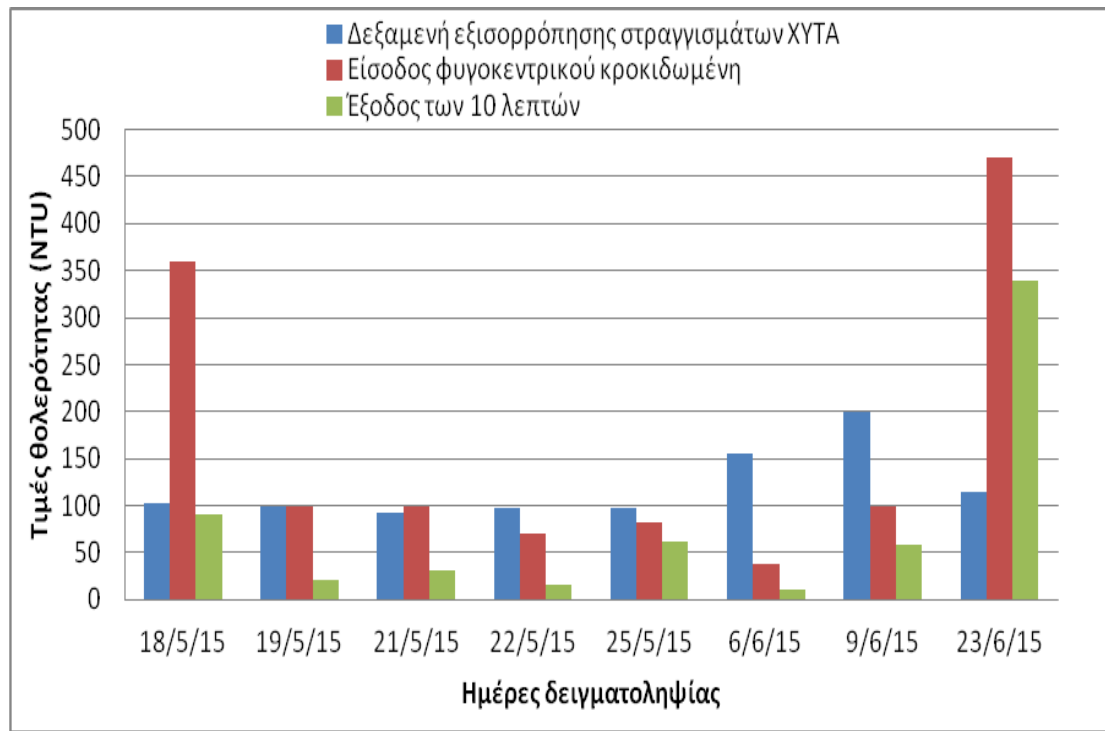
**Διάγραμμα 4.1.2.4: διακύμανση TOC**

Παρατηρείται από το διάγραμμα διακύμανσης των θειικών 4.1.2.5 ότι η μεγαλύτερη απομάκρυνση επιτεύχθηκε λόγω της κροκίδωσης του δείγματος προτού εισέλθει στο φυγοκεντρικό φίλτρο.



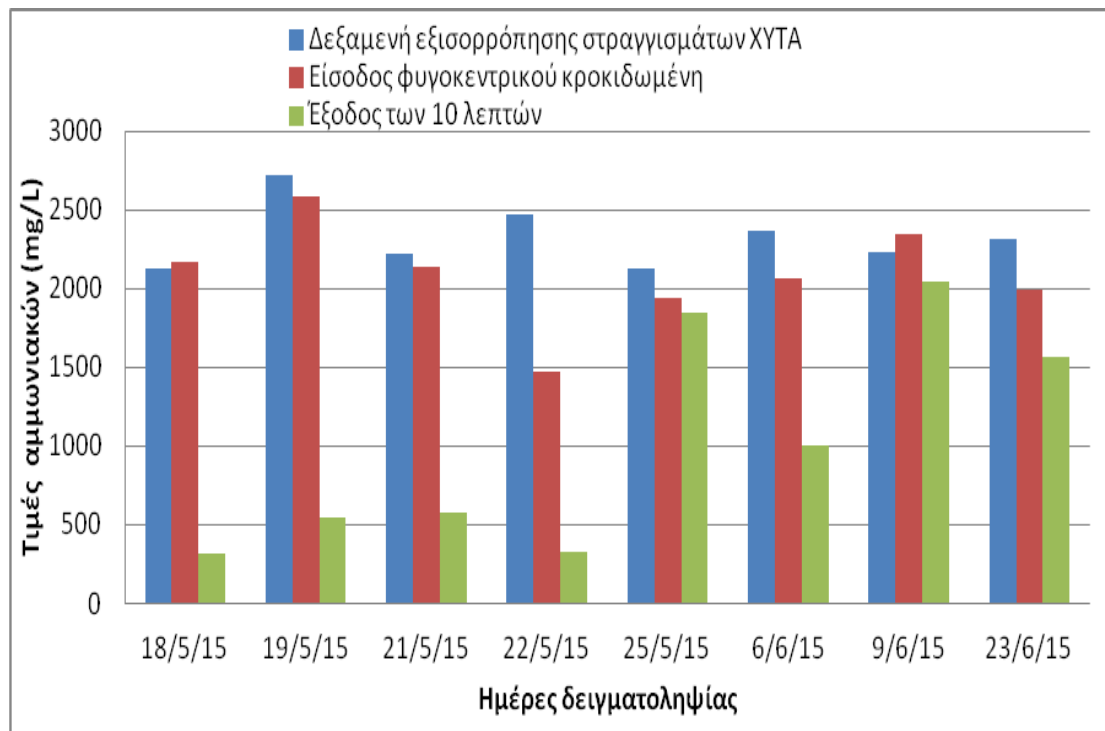
**Διάγραμμα 4.1.2.5: διακύμανση θειικών**

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα 4.1.2.6 με την ημερήσια διακύμανση της θολερότητας όπου δεν πατατηρούνται μεγάλες αλλαγές και απομακρύνσεις.



**Διάγραμμα 4.1.2.6: διακύμανση θολερότητας**

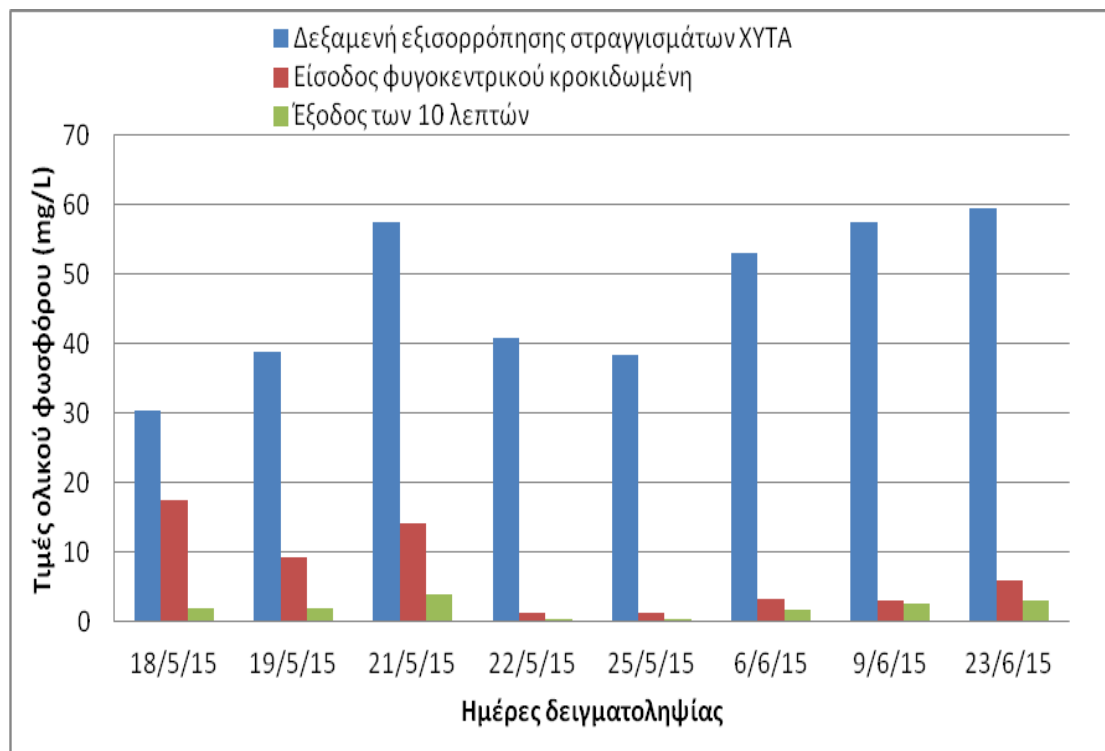
Στο διάγραμμα 4.1.2.7 για τη διακύμανση των αμμωνιακών παρατηρείται ότι οι τιμές της εξόδου είναι αρχικά χαμηλές και μετά ανεβαίνουν και πλησιάζουν τα επίπεδα της εισόδου αλλά και της δεξαμενής εξισορρόπησης.



**Διάγραμμα 4.1.2.7: διακύμανση αμμωνιακών**

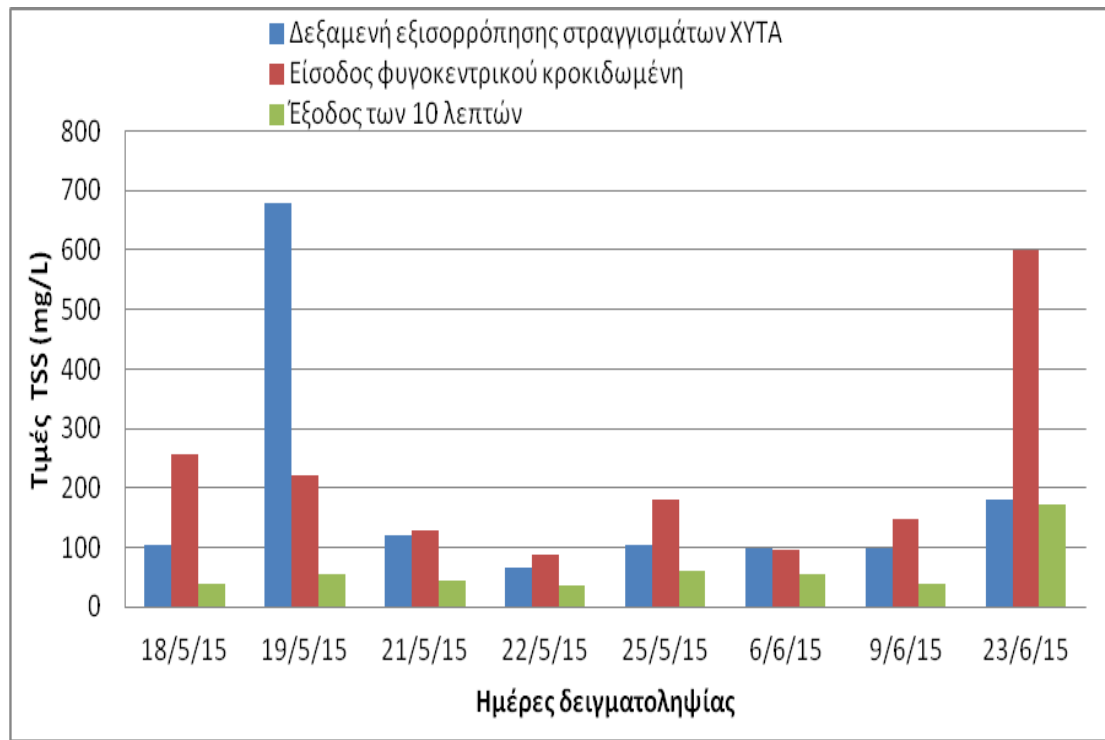


Στο διάγραμμα 4.1.2.8 της ημερήσιας διακύμανσης του ολικού φωσφόρου έχουμε πολύ υψηλές απομακρύνσεις και οι τιμές της εξόδου σχεδόν μηδενικές σε ορισμένες περιπτώσεις.



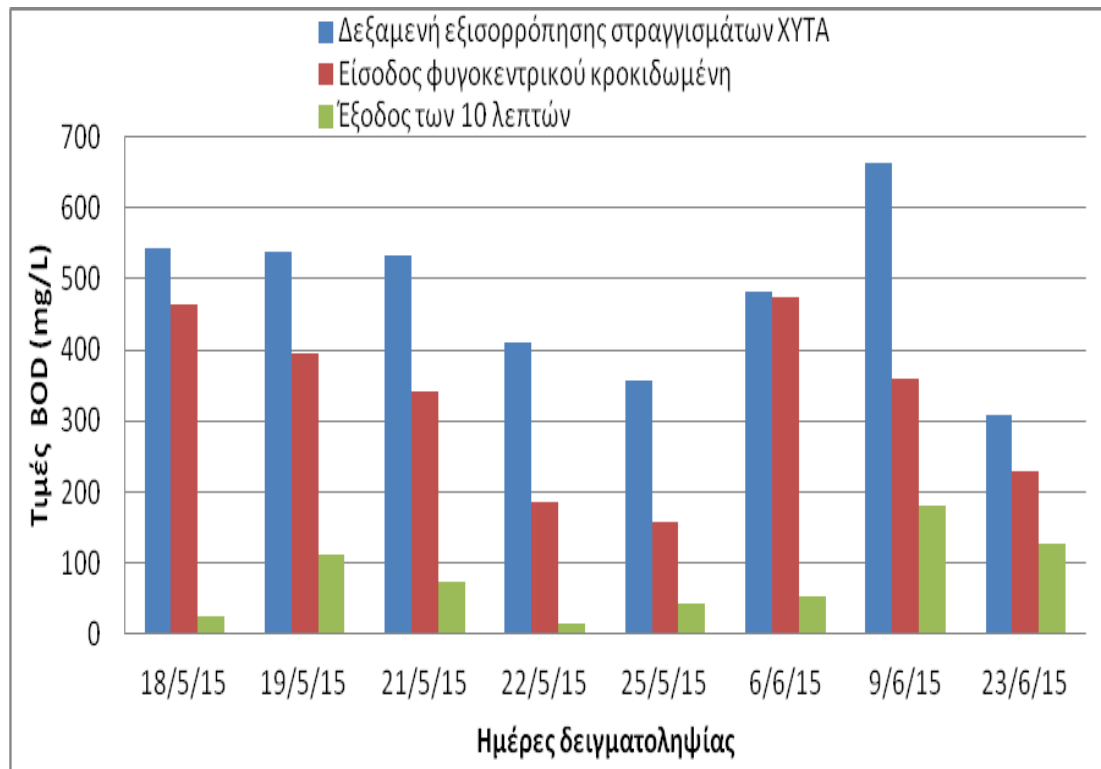
**Διάγραμμα 4.1.2.8: διακύμανση ολικού φωσφόρου**

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα 4.1.2.9 με την ημερήσια διακύμανση των TSS όπου δεν πατατηρούνται μεγάλες αλλαγές και απομακρύνσεις και οι τιμές της εξόδου είναι κοντά στα 50 mg/L.



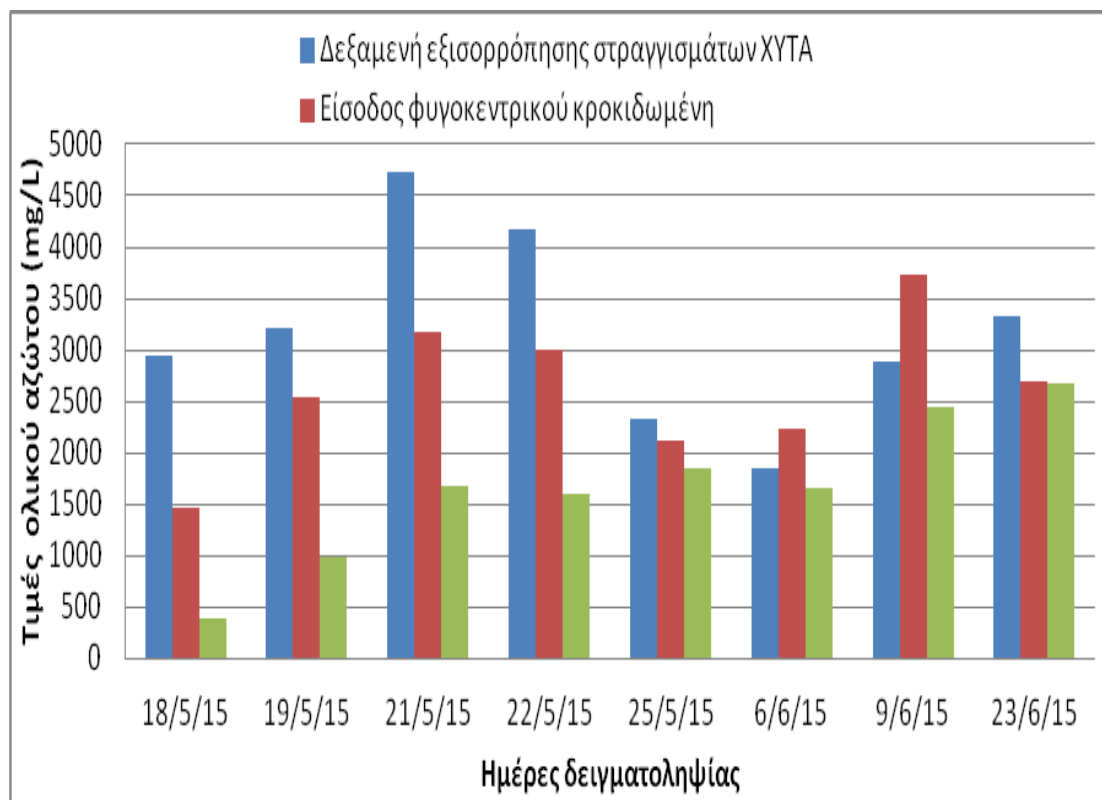
**Διάγραμμα 4.1.2.9: διακύμανση TSS**

Στο διάγραμμα 4.1.2.10 της ημερήσιας διακύμανσης του BOD έχουμε μια αρχική μείωση λόγω της κροκίδωσης και ύστερα μια περαιτέρω μείωση από την απομάκρυνση του φυγοκεντρικού φίλτρου και έτσι οι τιμές της εξόδου κυμαίνονται κοντά στα 100 mg/L.



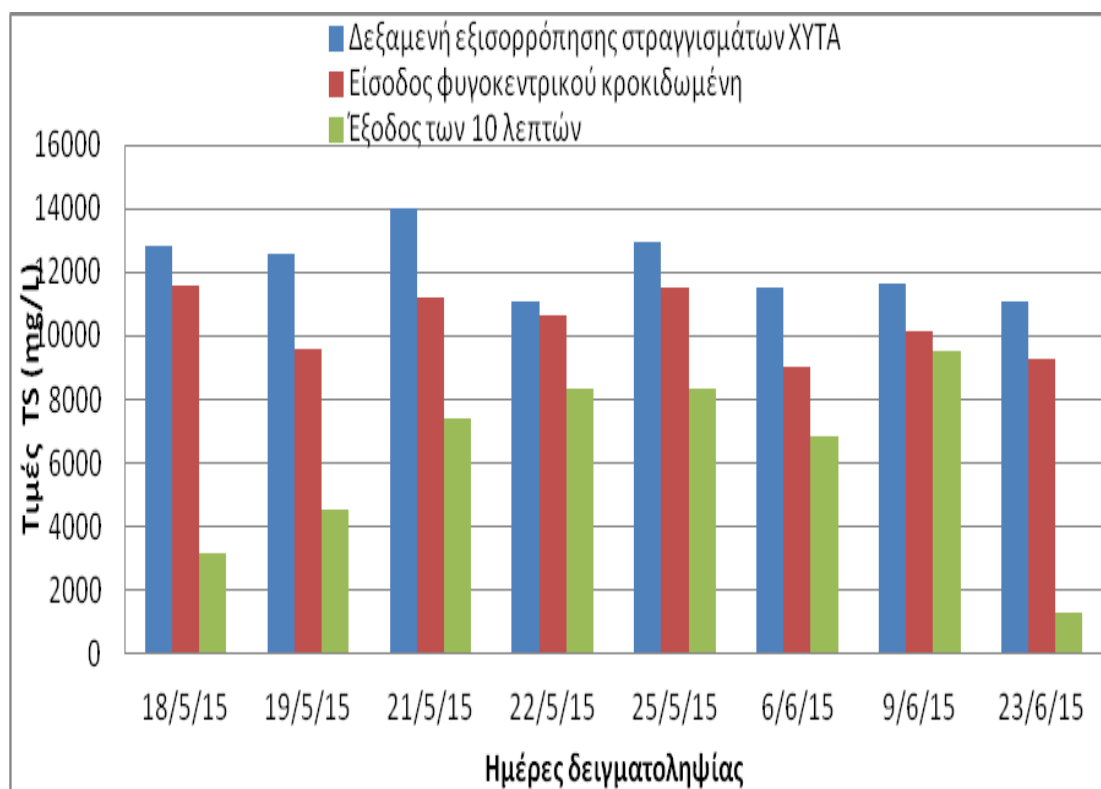
**Διάγραμμα 4.1.2.10: διακύμανση BOD**

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα 4.1.2.11 με την ημερήσια διακύμανση του ολικού αζώτου όπου δεν υφίσταται αισθητή μείωση και ειδικότερα προς τα τελευταία δείγματα.



**Διάγραμμα 4.1.2.11: διακύμανση ολικού αζώτου**

Στο διάγραμμα ημερήσιας διακύμανσης των ολικών στερεών (TS) 4.1.2.12 παρουσιάζεται μια σχετικά μικρή μείωση των ολικών στερεών στις τιμές της κροκιδωμένης εξόδου συγκριτικά την δεξαμενή εξισορρόπησης αλλά και της κροκιδωμένης εισόδου με εξαίρεση την πρώτη και τη τελευταία μέρα.



**Διάγραμμα 4.1.2.12: διακύμανση TS**

Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με τα ποσοστά απομάκρυνσης BOD, TSS, TOC, TS, COD, αμμωνιακών, ολικού φωσφόρου, ολικού αζώτου, θειικών και αγωγιμότητας ανα ημέρα του φυγοκεντρικού φίλτρου αλλά και ολόκληρου του συστήματος (δεξαμενή εξισορρόπησης, δεξαμενή κροκίδωσης, φυγοκεντρικό φίλτρο, δεξαμενές εξόδου).

%	18/5/2015	19/5/2015	21/5/2015	22/5/2015	25/5/2015	6/6/2015	9/6/2015	23/6/2015	M.O.
TOC	80,56	62,53	86,68	78,45	80,77	47,22	29,44	76,05	67,71
TSS	84,38	74,55	65,63	59,09	66,67	41,67	72,97	71,17	67,01
BOD	94,84	71,65	78,3	91,4	72,15	88,69	50	44,1	73,89
COD	88,12	65,68	87,9	80,23	82,74	44,35	42,18	77,44	71,08
ΘΕΙΙΚΑ	89,08	39	56,76	96	7,1	58,63	65,08	11,49	52,89
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ	72,9	61,47	47,18	46,58	12,46	26,42	34,44	0,93	37,8
ΟΛΙΚΟ ΦΩΣΦΟΡΟ	88,63	79,85	72,45	66,4	63,39	51,25	14,67	51,42	61,01
ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	85,25	79,15	72,9	77,55	4,64	51,46	13,19	21,11	50,66
TS	72,51	52,45	33,78	21,48	27,34	24,35	6,08	86,07	40,51
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	82,36	65,08	66,06	73,55	15	5,98	9,96	3,47	40,18
ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ	75,00	79,00	69,00	78,87	26,51	73,68	42,00	27,66	58,97

**Πίνακας 4.1.2.13 : ποσοστά απομάκρυνσης φυγοκεντρικού φίλτρου**

%	18/5/2015	19/5/2015	21/5/2015	22/5/2015	25/5/2015	6/6/2015	9/6/2015	23/6/2015	M.O.
TOC	81,5	74,65	91,55	88,42	89,25	77,02	61,44	91,86	81,96
TSS	61,17	91,76	63,33	46,27	42,31	44	60	3,89	51,59
BOD	95,57	79,14	78,3	96,1	87,64	88,88	72,81	58,58	82,13
COD	88,87	81,12	93,22	89,68	91,45	79,04	70,24	93,51	85,89
ΘΕΙΙΚΑ	88,88	94,64	95,03	99,97	97,53	94,52	96,73	71,99	92,41
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ	86,56	69,49	64,53	61,57	20,56	10,96	15,5	19,79	43,62
ΟΛΙΚΟ ΦΩΣΦΟΡΟ	93,45	95,25	93,23	98,97	98,93	97,06	95,56	95,13	95,95
ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	84,98	80,15	73,87	86,64	13,15	57,81	8,52	32,03	54,64
TS	75,18	63,72	46,92	24,71	35,34	40,51	18,28	88,33	49,12
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	83,6	59,59	62,91	75,8	4,85	1,35	0	0	36,01
ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ	12,62	78,79	66,30	84,54	37,11	93,59	71,00	0,00	55,49

**Πίνακας 4.1.2.14 : ποσοστά απομάκρυνσης όλης της διάταξης του φυγοκεντρικού φίλτρου**

## 4.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σχολιασμός pH: Τις μέρες που το δείγμα δεν κροκιδώθηκε πριν την εισοδό του στο φυγοκεντρικό φίλτρο, το pH δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές και ακολουθεί σταθερή πορεία κοντά στη τιμή 8,5 και δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ εισόδου και εξόδου. Επίσης τις υπόλοιπες μέρες που τα δείγματα ήταν κροκιδωμένα το pH πάλι κυμαίνεται κοντά σε αλκαλικές τιμές δηλαδή από 7 - 9 έχοντας σχετικά σταθερές τιμές ανά ημέρα. Εμφανίζεται μία σταθερή διαφορά της τάξεως του 0,3 μεταξύ της κροκιδωμένης εισόδου και της εξόδου και παρατηρούμε επίσης μια διαφορά ανάμεσα στο pH της δεξαμενής εξισορρόπησης και της εξόδου κοντά στο 0,5 με τις τιμές της δεξαμενής εξισορρόπησης να είναι οι υψηλότερες.

Σχολιασμός αγωγιμότητας: Τις μέρες που το δείγμα δεν κροκιδώθηκε πριν την είσοδο του στο φυγοκεντρικό φίλτρο, οι τιμές της εισόδου με την έξοδο των 10 λεπτών έχουν μεταξύ τους μεγάλη διαφορά της τάξεως των  $200 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  -  $250 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ . Η διαφορά αυτή συνεχίζει να υπάρχει μέχρι και την 8<sup>η</sup> μέρα όπου οι τιμές της εξόδου αρχίζουν και ανεβαίνουν και συμβαδίζουν με τις τιμές της δεξαμενής εξισορρόπησης αλλά και της κροκιδωμένης εισόδου κοντά στα  $250 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ . Ακόμα όπως είναι φανερό από τις διακυμάνσεις που αναφέραμε η απομάκρυνση της θολερότητας της τελευταίες μέρες είναι σχεδόν μηδενική όπως φαίνεται και στους πίνακες με τα ποσοστά απομάκρυνσης.

Σχολιασμός COD: Τις πρώτες μέρες που το δείγμα μας ήταν ακροκιδωτό βλέπουμε ότι οι τιμές της εισόδου είναι κοντά στα 8000 mg/l και της εξόδου είναι μεταξύ 1500 mg/L και 2000 mg/l, από αυτά προκύπτει ένας μέσος όρος στο ποσοστό απομάκρυνσης κοντά στο 80%. Αντίθετα το cod του δείγματος τις μέρες που αυτό έχει κροκιδωθεί προτού οδηγηθεί στο φυγοκεντρικό φίλτρο κυμαίνεται από τα 2000 mg/l - 4000 mg/l με εξαίρεση τη 4<sup>η</sup> μερα που τιμή είναι στα 8000 mg/l. Τα δείγματα από τη δεξαμενή εξισορρόπησης είναι κοντά στα 8000 mg/l ενώ οι τιμές της εξόδου των 10 λεπτών είναι από 1000 mg/l – 1500 mg/l. Έτσι

τα ποσοστά απομάκρυνσης του φυγοκεντρικού φίλτρου είναι κοντά στο 71% ενώ όλης της διάταξης είναι στο 85%.

Σχολιασμός TOC: Στα ακροκίδωτα δείγματα βλέπουμε ότι οι τιμές της εισόδου είναι κοντά στα 5000 mg/l και της εξόδου είναι περίπου στα 1000 mg/l, από αυτά προκύπτει ένας μέσος όρος στο ποσοστό απομάκρυνσης κοντά στο 77%. Αντίθετα το cod του δείγματος τις μέρες που αυτό έχει κροκιδωθεί προτού οδηγηθεί στο φυγοκεντρικό φίλτρο κυμαίνεται από τα 2000 - 4000 mg/l με εξαίρεση τη 4<sup>η</sup> μερα που τιμή είναι στα 5000 mg/l. Τα δείγματα από τη δεξαμενή εξισορρόπησης είναι κοντά στα 5000 mg/l ενώ οι τιμές της εξόδου των 10 λεπτών είναι από 500 mg/l - 1000 mg/l. Έτσι τα ποσοστά απομάκρυνσης του φυγοκεντρικού φίλτρου είναι κοντά στο 68% ενώ όλης της διάταξης είναι στο 82%.

Σχολιασμός Θεικών: Τις τρεις πρώτες μέρες παρατηρούμε εισόδους με τιμές κοντά στο 800 mg/l - 900 mg/l με εξαίρεση μια μέρα που είναι στα 400 mg/l και εξόδους που κυμαίνονται από 50 - 200 mg/l. Από αυτά προκύπτει μια ανομοιομορφία στις απομακρύνσεις αφού στην έξοδο των 10 λεπτών έχουμε 2 απομακρύνσεις (70% και 82%) και στην έξοδο των 30 λεπτών έχουμε 50% και 94%. Τις κροκιδωμένες μέρες οι τιμές της εξισορρόπησης κυμαίνονται από 400 mg/l - 900 mg/l (μεγάλο εύρος). Οι τιμές της κροκιδωμένης εισόδου είναι κατω από τα 100 mg/l όπως και της εξόδου όπου κυμαίνονται γύρω στα 50 mg/l εκτός από κάποιες μέρες όπου η απομάκρυνση δεν ήταν και τόσο καλή. Από το διάγραμμα διακύμανσης αλλά και από το πίνακα απομακρύνσεων παρατηρούμε ότι η κροκίδωση από μόνη της βοήθησε αρκετά την μείωση των θεικών για αυτό άλλωστε τα ποσοστά απομάκρυνσης του συστήματος (92,4%) είναι μεγαλύτερα από του φυγοκεντρικού (54%).

Σχολιασμός Θολερότητας: Η θολερότητα τις πρώτες τρεις μέρες είναι σε φυσιολογικές τιμές δηλαδή η είσοδος παίρνει τιμές από 100 mg/l - 160 mg/l και η έξοδος των 10 και των 30 λεπτών από 40 mg/l - 100 mg/l η μία και κοντά στα 20 mg/l η άλλη. Ακόμα οι κροκιδωμένες μέρες παρουσιάζουν μια ομοιομορφία στη διακύμανση των τιμών (π.χ. Δεξαμενή εξισορρόπησης κοντά στα 100 NTU, κροκιδωμένη είσοδος λίγο κάτω από τις 100 NTU και η έξοδος των 10 λεπτών είναι κάτω από



τα 50 NTU), με εξαίρεση την τελευταία μέρα όπου η θολερότητα είναι αυξημένη στην εξισορρόπηση, στη κροκιδωμένη είσοδο αλλά και στην έξοδο.

Σχολιασμός αμμωνιακών: Τι πρώτες τρεις μέρες η είσοδος κυμαίνεται από 2200 mg/l - 2500 mg/l και οι δύο εξοδοι από 500 mg/l - 700 mg/l. Τις επόμενες μέρες όπου η είσοδος είναι κροκιδωμένη παρατηρούμε στο διάγραμμα διακύμανσης ότι οι τιμές της εξισορρόπησης και της κροκιδωμένης εισόδου είναι παρόμοιες που σημαίνει ότι η κροκίδωση δεν βοηθάει στη μείωση των αμμωνιακών. Επιπλέον οι τιμές της εξόδου είναι κοντα στα 500 mg/l μέχρι και την έβδομη μέρα αλλά τις τελευταίες τέσσερις μέρες οι τιμές της εξόδου αυξάνονται και φτάνουν τα 2000 mg/l. Έτσι ενώ ο μέσος όρος των ποσοστών απομάκρυνσης ήταν περίπου στο 77% (παρόμοιος με αυτόν των δειγμάτων χωρίς κροκίδωση, λογικό διότι όπως δείχνει το διάγραμμα η κροκίδωση δεν βοηθάει στη μείωση των αμμωνιακών) έπεσε στο 50% λόγω των τελευταίων τεσσάρων ημερών.

Σχολιασμός ολικού φωσφόρου: Στα δείγματα χωρίς κροκίδωση οι τιμές της εισόδου παίρνει τιμές από 70 mg/l - 100 mg/l και των εξόδων των 10 και των 30 λεπτών από 10 mg/l - 20 mg/l με τα ποσοστά απομάκρυνσης για τις δύο εξόδους να είναι από 70% - 86%. Για τις υπόλοιπες 8 μέρες όπου η είσοδος ήταν κροκιδωμένη παρατηρούμε πάλι ότι η κροκίδωση συνεισφέρει τα μέγιστα στην απομάκρυνση του ολικού φωσφόρου αφού οι τιμές της δεξαμενής εξισορρόπησης κυμαίνονται από 40 mg/l - 60 mg/l και της κροκιδωμένης εισόδου από 3 mg/l - 15 mg/l ενώ η έξοδος των 10 λεπτών παίρνει τιμές μικρότερες των 3 mg/l. Ο μέσος όρος των ποσοστών απομάκρυνσης του φυγοκεντρικού φίλτρου είναι στο 61% ενώ του συστήματος είναι στο 96% κάτι που επιβεβαιώνει τη σημασία της κροκίδωσης.

Σχολιασμός TSS: Παρατηρούμε ότι στις 8/5/2015 η απομάκρυνση είναι σχεδόν μηδενική και για τις δύο εξόδους και οι τιμές που παίρνουν είναι χαμηλές. Αντίθετα στις 7/5/2015 για την έξοδο των 10 λεπτών η απομάκρυνση είναι 70% και στις 9/5/2015 για την έξοδο των 30 λεπτών η απομάκρυνση είναι 74%. Για τις κροκιδωμένες μέρες είναι εμφανές ότι η κροκιδωμένη είσοδος έχει λίγο υψηλότερες τιμές TSS από την

δεξαμενή εξισορρόπησης, οι τιμές της εξόδου κυμαίνονται από 40 mg/l - 50 mg/l. Τη τελευταία μέρα 23/6/2015 όλες οι τιμές είναι πιο υψηλές, τα TSS στην κροκιδωμένη είσοδο πιάνουν τη μέγιστη τιμή τους και είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τη τιμή των TSS στην δεξαμενή εξισορρόπησης η οποία συμβαδίζει με τη τιμή της εξόδου. Ο μέσος όρος των απομακρύνσεων του φυγοκεντρικού είναι στο 67% και του συστήματος στο 57% αυτό οφείλεται στην αύξηση των TSS μετά την κροκίδωση κάτι το οποίο μπορεί να οφείλεται σε σφάλματα κατά τη διάρκεια της κροκίδωσης τις μέρες λειτουργίας του φυγοκεντρικού.

Σχολιασμός BOD: Στα δείγματα χωρίς κροκίδωση επιτυγχάνονται υψηλές απομακρύνσεις από 87% - 94% εκτός από τις 9/5/2015 και την έξοδο των 30 όπου η είσοδος ήταν σχετικά χαμηλή (147 mg/l) και η έξοδος των 30 λεπτών ήταν 45 mg/l με ποσοστό απομάκρυνσης 69,4%. Τις υπόλοιπες 8 ημέρες όπως φαίνεται και στο διάγραμμα διακύμανσης οι τιμές BOD της δεξαμενής εξισορρόπησης και της κροκιδωμένης εισόδου ακολουθούν το ίδιο μοτίβο έχοντας και οι δύο από ένα ελάχιστο και ένα μέγιστο σημείο. Η δεξαμενή εξισορρόπησης κυμαίνεται περίπου στα 500 mg/l έχοντας ως χαμηλότερο σημείο το 300 mg/l και ως υψηλότερο περίπου 650 mg/l. Η κροκιδωμένη είσοδος καταλαμβάνει τιμές μεταξύ 150 mg/l και 480 mg/l. Η έξοδος των 10 λεπτών παίρνει τιμές κάτω από 100 mg/l εκτός από τις 2 τελευταίες μέρες για αυτό και ο μέσος όρος των απομακρύνσεων είναι 74% για το φυγοκεντρικό φίλτρο (λάβαμε υπόψη την κροκιδωμένη είσοδο και την έξοδο) και για όλη τη διάταξη (δεξαμενή εξισορρόπησης – έξοδος) είναι 82%.

Σχολιασμός ολικού αζώτου: Για τα ακροκίδωτα δείγματα η είσοδος κυμαίνεται κοντά στα 5000 mg/l – 5500 mg/l με εξαίρεση στις 9/5/2015 που είναι 2400 mg/l. Η απομάκρυνση των εξόδων των 10 λεπτών είναι κοντά στα 1000 mg/l. Αντίθετα στις δύο εξόδους των 30 λεπτών έχουμε μεγάλη απόκλιση στις 2 απομακρύνσεις αφού η μία είναι στο 94% και η άλλη στο 58%. Τις ακροκίδωτες μέρες παρατηρούμε από το διάγραμμα διακύμανσης ότι από τις 25/5/2015 μέχρι και τη τελευταία μέρα οι τιμές των εξόδων ανεβαίνουν και συνεπώς από εκείνη τη μέρα και μετά

έχουμε χαμηλά ποσοστά απομάκρυνσης της τάξεως 10% - 20% ενώ τις προηγούμενες μέρες ήταν κοντά στο 65%.

Σχολιασμός TS (ολικά στερεά): Οι τιμές της ακροκίδωτης εισόδου είναι κοντά στις 13000 mg/l ενώ όλοι οι έξοδοι κυμαίνονται στις 3000 mg/l (μέσος όρος ποσοστών απομάκρυνσης: 77%) εκτός από την έξοδο των 30 λεπτών στις 8/5/2015 που είναι κοντά στα 1800 mg/l (ποσοστό απομάκρυνσης: 85,6%). Τις μέρες που το δείγμα κροκιδώθηκε, η δεξαμενή εξισορρόπησης ήταν κοντά στα 12000 mg/l - 14000 mg/l, η κροκιδωμένη είσοδος ήταν κοντά στα 10000 mg/l - 12000 mg/l. Οι τιμές της εξόδου ήταν αρκετά υψηλές δηλαδή κοντά στις 8000 mg/l εκτός από 18-19/5/2015 αλλά και 23/6/2015 όπου ήταν κάτω από τα 4000 mg/l. Συνεπώς τα ποσοστά απομάκρυνσης ήταν σχετικά χαμηλά, 40,5% για το φυγοκεντρικό και 49% για όλη τη διάταξη.

Αξιολόγηση της σημασίας της κροκίδωσης: Γενικότερα η διαδικασία της κροκίδωσης ήταν σημαντική για την απομάκρυνση των διάφορων παραμέτρων. Σημειώθηκαν εξίσου καλές απομακρύνσεις και όταν το δείγμα ήταν ακροκίδωτο αλλά και όταν ήταν κροκιδωμένο λαμβάνοντας βέβαια υπόψη ότι σε κάποιες παράμετρους η απομάκρυνση των τελευταίων τριών περίπου ημερών των κροκιδωμένων δειγμάτων δεν ήταν ικανοποιητικές. Τη μεγαλύτερη επίδραση της διαδικασίας της κροκίδωσης την παρατηρούμε στις απομακρύνσεις του ολικού φωσφόρου και των θεικών με ποσοστά απομάκρυνσης κοντά στο 95%, σε αντίθεση με την απόμάκρυνση των ίδιων παραμέτρων για τις μέρες που το δείγμα ήταν ακροκίδωτο να είναι περίπου στο 75% - 80%. Παρατηρούμε όμως επίσης ότι η κροκίδωση δεν βοήθησε καθόλου στην απομάκρυνση των αμμωνιακών, TSS και αγωγιμότητας αφού δεν υπήρξε καμία μείωση του ρυπαντικού τους φορτίου. Τελικώς, συμπαιρνούμε ότι η κροκίδωση αποτέλεσε ένα χρήσιμο στάδιο της συνολικής επεξεργασίας και η συνολική της εικόνα ήταν θετική.

## **5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

### **5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε μια νέα μέθοδος φυσικοχημικής επεξεργασίας με χρήση πιλοτικού συστήματος φυγοκεντρικού φίλτρου. Πρόκειται για ένα μηχανισμό φυσικής διεργασίας ο οποίος απαρτίζεται από πολλά μεταλλικά ειδικά διαμορφωμένα φίλτρα ο οποίος λόγω της παλμικής - φυγοκεντρικής του κίνησης αποσκοπεί στον διαχωρισμό και την απομάκρυνση του οργανικού αλλά και του χημικού φορτίου.

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων υπήρξαν αρκετές αλλαγές στη διάταξη του, στο τρόπο επεξεργασίας (δεξαμενή κροκίδωσης από τη τέταρτη μέρα και μετά, χρόνος παραμονής στο μηχάνημα, φιλτράρισμα με αμμόφιλτρο, 2<sup>ο</sup> πέρασμα από το φυγοκεντρικό φίλτρο κλπ.) αλλά και στα σημεία δειγματοληψίας. Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν η δυσκολία σταθεροποίησης του συστήματος και των μετρήσεων. Παρόλα αυτά εκπονήθηκαν μετρήσεις έντεκα ημερών από τις οποίες τα δείγματα των τριών πρώτων ημερών ήταν ακροκίδωτα και από όλες αυτές εξάχθηκαν χρήσιμα συμπεράσματα.

Γενικότερα το φυγοκεντρικό φίλτρο επέδειξε καλά ποσοστά απομάκρυνσης τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις ήταν πολύ υψηλά. Όπως φάνηκε και στους πίνακες απομακρύνσεων αλλά και στους συγκεντρωτικούς πίνακες 5.1.1 και 5.1.2 για τις μέρες που το δείγμα ήταν κροκιδωμένο και τις τρεις μέρες που δεν ήταν.

Μ.Ο. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΕΩΝ %	ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ	ΟΛΟΚΛΗΡΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ
TOC	67,71	81,96
TSS	67,01	51,59
BOD	73,89	82,13
COD	71,08	85,89
ΘΕΙΙΚΑ	52,89	92,41
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ	37,8	43,62
ΟΛΙΚΟ ΦΩΣΦΟΡΟ	61,01	95,95
ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	50,66	54,64
TS	40,51	49,12
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	40,18	36,01

**Πίνακας 5.1.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας απομακρύνσεων για το κροκιδωμένο δείγμα**

Μ.Ο. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΕΩΝ %	10 ΛΕΠΤΗΣ ΕΞΟΔΟΥ ΑΚΡΟΚΙΔΩΤΩΝ ΗΜΕΡΩΝ	30 ΛΕΠΤΗΣ ΕΞΟΔΟΥ ΑΚΡΟΚΙΔΩΤΩΝ ΗΜΕΡΩΝ
TOC	77,2	82,2
TSS	70	73,7
BOD	88	81,5
COD	79,4	82,6
ΘΕΙΙΚΑ	76,5	72,2
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ	81	75,9
ΟΛΙΚΟ ΦΩΣΦΟΡΟ	76	81
ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	76,4	80
TS	78	81,3
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	75,2	78,3

**Πίνακας 5.1.2 : Συγκεντρωτικός πίνακας απομακρύνσεων για το ακροκίδωτο δείγμα**

Από τους συγκεντρωτικούς πίνακες συμπεραίνουμε ότι το φυγοκεντρικό φίλτρο είχε καλά ποσοστά απομάκρυνσης σε αρκετές τιμές και για τα δύο είδη εισόδου (κροκιδωμένη και ακροκίδωτη). Τα ποσοστά αυτά θα ήταν υψηλότερα αν τις τρεις τελευταίες μέρες η απομάκρυνση του φυγοκεντρικού και γενικότερα όλης της διάταξης ακολουθούσε τα επίπεδα των προηγούμενων ημερών. Υπήρξαν βέβαια και μεμονομένες μέρες στις οποίες οι τιμές απόκλιναν αρκετά. Γενικώς όμως το φυγοκεντρικό φίλτρο είχε καλή απόδοση σε αρκετές τιμές και όπως παρατηρούμε και από τον παραπάνω πίνακα ήταν πολύ σημαντική η συμβολή της κροκίδωσης αφού τα ποσοστά απομάκρυνσης αυξήθηκαν, κυρίως αυξήθηκαν τα ποσοστά απομάκρυνσης των θεικών και των φωσφορικών για τα οποία η κροκίδωση βοήθησε τα μέγιστα στην απομάκρυνση τους. Αντίθετα δεν επιτεύχθηκαν σημαντικές απομακρύνσεις στα ολικά στερέα πιθανότατα λόγω ύπαρξης μικρότερων σωματιδίων τα οποία είτε δεν κροκιδώθηκαν καλά είτε λόγω μεγέθους δεν απομακρύνθηκαν από το φυγοκεντρικό φίλτρο. Για το λόγω αυτό συνεχίζαμε να έχουμε υψηλές τιμές αγωγιμότητας και στις εξόδους. Τέλος δεν είχαμε σημαντικές απομακρύνσεις σε ολικό άζωτο και αμμωνιακά εξαιτίας της έλλειψης χημικών διεργασιών από όλη τη διάταξη.

Στο πίνακα 5.1.3 παρατίθενται οι μέσοι όροι των εισόδων, της δεξαμενής εξισορρόπησης και εξόδων για τις μέρες που η είσοδος ήταν κροκιδωμένη.

Μ.Ο. ΚΡΟΚΙΔΩΜΕΝΩΝ ΗΜΕΡΩΝ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗΣ	ΚΡΟΚΙΔΩΜΕΝΗ ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ ΤΩΝ 10 ΛΕΠΤΩΝ
ΤΟC	4898,9	2890,2	870,8
TSS	181,8	214,5	63,1
BOD	479,0	326,1	79,0
COD	7898,1	4225,9	1097,6
ΘΕΙΙΚΑ	718,7	131,2	57,0
ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ	119,9	165,3	78,3
ΟΛΙΚΟ ΦΩΣΦΟΡΟ	47,0	6,9	1,9
ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	2322,5	2088,8	1028,8
TS	12197,4	10367,1	61816,9
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	258,9	273,2	160,8
pH	8,6	8,0	8,3
ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ	258,9	273,2	160,8

Πίνακας 5.1.3 : Μ.Ο. Κροκιδωμένων ημερών

Με βάση το πίνακα 5.1.3 παρατηρούνται σημαντικές απομακρύνσεις αλλά οι τιμές των εκροών του φυγοκεντρικού για την έξοδο των δέκα λεπτών σε κάποιες παραμέτρους είναι υψηλές και έτσι τα επεξεργασμένα στραγγίδια δεν απορρίπτονται σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη (λίμνη ή θάλασσα) ούτε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γεωργική χρήση. Για αυτό άλλωστε τα επεξεργασμένα απόβλητα του Χ.Υ.Τ.Α. χρησιμοποιούνται για τη διαβροχή του. Τελικώς συμπεραίνουμε ότι το φυγοκεντρικό φίλτρο επέδειξε καλά ποσοστά απομάκρυνσης σε πολλές παραμέτρους αλλά με την παρούσα διάταξη του δε μπορεί να επεξεργαστεί πλήρως βαριά απόβλητα όπως είναι αυτά των ΧΥΤΑ ώστε να απορριφθούν σε κάποιο υδάτινο ή εδαφικό αποδέκτη. Επομένως θα μπορούσε να εξοπλιστεί η διάταξη και με άλλες μεθόδους (φυσικές ή χημικές διεργασίες) που θα στελεχώνουν το φυγοκεντρικό φίλτρο ή θα μπορούσε να αποτελεί μια καλή προκαταρκτική επεξεργασία για βεβαρημένα απόβλητα.

## 5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι προτάσεις αφορούν την άυξηση της αποδοτικότητας της μονάδας με στόχο την επίτευξη καλύτερων απομακρύνσεων. Ο ρόλος του κεφαλαίου αυτού είναι επίσης η συνέχιση της μελέτης αυτής μέσω των προτάσεων με σκοπό να εξακριβωθεί αν υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της διάταξης μέσω των παρακάτω προτάσεων.

- Όπως παρατηρήθηκε και στα κροκιδωμένα δείγματα (αλλά όπως φαίνεται και στο παράρτημα) η παραμονή του λύματος παραπάνω χρόνο από τα 10 λεπτά επέφερε καλύτερες απομακρύνσεις. Άρα προτείνεται το φυγοκεντρικό φίλτρο να έχει χρόνο παραμονής τα 30 λεπτά ή και περισσότερο αν χρειαστεί.
- Χρήση ανακυκλοφορίας των επεξεργασμένων αποβλήτων σε διάφορες αναλογίες συγκριτικά με το κροκιδωμένο λύμα που εισέρχεται στο φυγοκεντρικό φίλτρο.
- Προσθήκη αμμόφιλτρου στη παρούσα διάταξη πριν από την είσοδο του απόβλητου στο φυγοκεντρικό φίλτρο με στόχο την προστασία από τυχόν φθορές αλλά και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης.
- Μια πιο δαπανηρή προσθήκη αλλά και πιθανώς πολύ αποτελεσματική στις παραμέτρους που δεν είχε τόσο καλές απομακρύνσεις το φυγοκεντρικό φίλτρο (όπως ολικό άζωτο, αμμωνιακά, κλπ.) είναι μία δεξαμενή αερισμού συνοδευόμενη με μία δεξαμενή καθίζησης ή μια αυτόνομη μονάδα αερισμού.



## 6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**Abdul J. M., S. Vigneswaran, H. K. Shon, A. Nathaporn, J. Kandasamy, (2009)**, Comparison of granular activated carbon bio-sorption and advanced oxidation processes in the treatment of leachate effluent, Korean J. Chem. Eng., 26(3), 724-730.

**Gikas P., (2008)** 'COMMISSIONING OF THE GIGANTIC ANAEROBIC SLUDGE DIGESTERS AT THE WASTEWATER TREATMENT PLANT OF ATHENS', Environmental Technology, 29:2, 131 — 139.

**Loukidou M.X., A.I. Zouboulis, (2001)**, Comparison of two biological treatment processes using attached-growth biomass for sanitary landfill leachate treatment, Environmental pollution, 111, 273-281.

**Metcalf & Eddy, Inc., (2006)**, Μηχανική υγρών αποβλήτων επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση Τόμος Α, Εκδόσεις Τζιόλα, 4η έκδοση, Θεσσαλονίκη, ISBN 960-418-109-2.

**Metcalf & Eddy, Inc., (2007)**, Μηχανική υγρών αποβλήτων επεξεργασία & επαναχρησιμοποίηση Τόμος Β, Εκδόσεις Τζιόλα, 4η έκδοση, Θεσσαλονίκη, ISBN 960-418.

**Metcalf & Eddy Inc. (2003)**, Revised by Tchobanoglous G. et. Al. *“Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition”*.

**Orupold K., T. Tenno, T. Henrysson, (2000)**, Biological lagooning of phenolscontaining oil shale ash heaps leachate, Water Resources Managment, Vol. 34, No. 18, pp 4389-4396.

**P. Gikas, (2014)**, “Electrical energy production from biosolids: A comparative study between anaerobic digestion and ultra-high-temperature gasification”, Environmental Technology, Vol.: 35, Iss.: 17, Pp.: 2140-2146.

**Peter Kjeldsen, Morton A. Barlaz, Alix P. Rooker, Anders Baun, Anna Ledin & Thomas H. Christensen, (2002)** Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology.

**Renou S., J.G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, P. Moulin, (2008),** Landfill leachate treatment : Review and opportunity, Journal of Hazardous Materials, 150, 468-493.

**Tchobanoglous G., Theisen H. and Eliassen R., (1977),** Solid Wastes, McGraw – Hill, New York.

**Tchobanoglous G., Theissen H., and Vigil S., (1993):** Integrated Solid Waste Management, McGraw Hill International.

**Αγγελίδης Ν.Θ., (2006),** Διεπιστημονικό – Διατμητικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ», Μαθηματική προσομοίωση υδραυλικής συμπεριφοράς στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

**Αμπάνης Τ., (2005),** Ρύπανση και τεχνολογία προστασίας περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 3η έκδοση, Ιωάννινα, ISBN 960-233-016-3.

**Βουδούρης Κ.Σ., (2009)** Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος: Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα

**Γενειατάκης Μ., (2004):** In Situ μετρήσεις βιοαερίου και εκτίμηση ανεξέλεγκτων εκπομπών CH<sub>4</sub> στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων (ΧΔΑ) Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου, Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείο Κρήτης.

**Γκούσκος Ζ., (2006),** Μεταπτυχιακή διατριβή, Εκτίμηση ιδιοτήτων αστικών απορριμμάτων και ποσότητας διασταλλαγμάτων που προκύπτουν από χώρο υγειονομικής ταφής, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

**Ευάγγελος Γιδαράκος, (2005),** Στερεά Απόβλητα: Διαχείριση και Επεξεργασία, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης.

**Ζαφείρης Χ.** , MSc, - Υπεύθυνος Δέσμης Έργων Βιοαερίου, Ενεργειακή Αξιοποίηση του Βιοαερίου: Τάσεις & Προοπτικές, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – ΚΑΠΕ.

**Κουμάκη Σ. Ε., (2010)**, Διεπιστημονικό – Διατμητικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ», Επεξεργασία στραγγισμάτων από ΧΥΤΑ με προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

**Λέκκας Θ., (2001)**, Περιβαλλοντική Μηχανική II Διαχείριση υγρών αποβλήτων, ΚΟΣΜΟΣ ΠΕΜΕΡ ΕΠΕ, Αθήνα.

**Νταρακάς Ε., (2014)**, Διαχείριση στερεών αποβλήτων , Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής & Τεχνικής Περιβάλλοντος.

**Παναγιωτακόπουλος Δ., (2002)**, Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων. Εκδόσεις Ζυγός. Θεσσαλονίκη.

**Παπασταύρου Χρυστάλλα, (2007)**, Χαρακτηριστικά στραγγιδίων ΧΥΤΑ Χανίων, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος.

**Ρογκάκου Ν.Σ., (2012)**, Διπλωματική εργασία, Αξιοποίηση βιοαερίου για παραγωγή ενέργειας και δυνατότητα ανατροφοδότησης στο δίκτυο φυσικού αερίου, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.

**Τσερώνης Κ., (2011)**, Μεταπτυχιακή εργασία, Βέλτιστη χωροθέτηση μονάδας επεξεργασίας στερεών αστικών αποβλήτων σε συνδυασμό με το χώρο υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.

**Φραγκίσκος Ζ.Α., (1999)** , Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων, Πυρφόρος Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

**Φροντιστής Ζαχαρίας, (2007)**, Επεξεργασία υγρών διασταλαγμάτων ΧΥΤΑ με την χρήση όζοντος, Μεταπτυχιακή διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος.

[http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/7CEEC67A28F7173CC2257A8B003121EE/\\$file/Yr2004.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/7CEEC67A28F7173CC2257A8B003121EE/$file/Yr2004.pdf)

**Βασιλείου Σταύρου Ηλίας**, Βιολογικός Καθαρισμός Υγρών αποβλήτων  
Γαλακτοβιομηχανιών, Αριθμός Αίτησης Δ.Ε. : 20050100483, Διεθνής  
Ταξινόμηση : IPC8: C02F 3/00.

## 7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες όλων των ημερών με τις μετρήσεις των δειγμάτων.

7/5/2015

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερό τητα (NTU)	Αμμωνια κά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
<b>Είσοδος</b> φυγοκεντρικού ακροκίδωτο	8,5	302,1	7943	4974	785	155	2280	98,8	80	870	4910	13120
<b>Έξοδος</b> φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,4	75,5	1644	1135	231	90	720	17,7	20	95	1035	2830
<b>Λάσπη</b> εκκένωσης φυγοκεντρικού (~20 λεπτών)	8,5	285,6	8565	4600	812	755	2170	103	120	1000	2540	9980

**8/5/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερό τητα (NTU)	Αμμωνια κά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Είσοδος φυγοκεντρικού ακροκίδωτο	8,5	29,7	8172	4747	895	115	2570	79	24	595	5550	12845
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,6	7,3	1682	1085	158	35	400	23,6	16	78	935	2940
Έξοδος φυγοκεντρικού (30 λεπτών)	8,5	4,5	900	625	53,5	22	400	10,4	24	38	350	1875
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~45 λεπτών)	8,7	22,1	6784	3387	795	200	3430	65,2	52	531	2855	10075
Έκπλυμα	7,5	1,0	32,2	115	2,26	1,8	5,75	0	8	7	8,6	680

**9/5/2015**

	pH	Αγωγιμότητ α (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότ ητα (NTU)	Αμμωνιακ ά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Είσοδος φυγοκεντρικού ακροκίδωτο	8,6	30,0	8172	4800	420	97	2160	73	76	147	2480	12975
Έξοδος φυγοκεντρικού (30λεπτών)	8,5	8,5	1944	1076	208,5	24	540	17,9	20	45	1040	2980
Έξοδος φυγοκεντρικού (60 λεπτών)	8,5	5,6	1144	727	124	95	330	9,89	16	12	650	2020
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~70 λεπτών)	8,6	20,2	6620	3209	635	480	1410	66,2	136	477	1700	8340
Έκπλυμα φυγοκεντρικού (τέλος διεργασίας)	7,5	1,6	353	158	3	15,1	40,25	1,33	4	0	51,8	745
Δείγμα Χ (Ηλεία)	8,6	29,1	8990	4790	419,5	76	2300	78,2	88	634	3500	13140

**18/5/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακ ά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	8,4	304,8	7942	5000	438	103	2130	30,4	103	542	2940	12830
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	8,3	283,5	7442	4759	446	360	2170	17,5	256	465	1457,5	11585
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,3	50,0	884	925	48,7	90	320	1,99	40	24	395	3185
Έξοδος φυγοκεντρικού (30 λεπτών)	8,4	50,5	958	690	51,5	100	260	1,94	28	39	392,5	2760
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~45 λεπτών)	8,5	197,4	622	3050	590	1640	1390	25,3	Αποτυχία Μέτρησ ς	400	3800	8375
Έκπλυμα φυγοκεντρικού (τέλος διεργασίας)	7,9	15,6	244	156	21	50	900	0	72	0	417,5	815



**19/5/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	8,4	284,8	7890	4420,5	683	99	2720	38,75	680	537	3220	12570
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	7,9	329,6	4342	2990,5	60	100	2590	9,13	220	395	2550	9590
Ίζημα κροκίδωσης	7,8	312,4	14658	3154,5	1320	7500	2600	141,36	14000	356	4560	23330
Έξοδος φφυγοκεντρικού 1η (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,3	293,6	3602	2836	40,95	66	2550	5,41	1400	> 200	2425	9815
Έξοδος φυγοκεντρικού 2η (την ίδια χρονική στιγμή, ~10 λεπτά)	8,2	288,8	3544	2657,5	41,75	70	2340	98,89	132	> 200	2342,5	9235
Έξοδος φυγοκεντρικού 3η (την ίδια χρονική στιγμή, ~10 λεπτά)	8,3	115,1	1490	1120,5	36,6	21	540	1,84	56	112	982,5	4560
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~20 λεπτών)	7,7	10,7	190,8	108400	734	70	50	1,29	144	11,5	79	800
Έκπλυμα φυγοκεντρικού (τέλος διεργασίας)	8,2	93,6	1116	800	25,95	18,6	390	1,36	36	49	732,5	3635

**21/5/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακ ά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	8,5	247,5	10200	5980	753	92	2220	57,5	120	533	4730	13980
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	8,0	270,5	5720	3795	86,5	100	2140	14,12	128	341	3176	11205
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~20 λεπτών)	8,6	155,5	5750	3852	72	187	1230	2,6	196	254	1315	5435
Ίζημα κροκίδωσης	8,0	281,0	12040	7046	830	8200	2270	6,48	10000	476	2860	14060
Έκπλυμα φυγοκεντρικού (τέλος διεργασίας)	8,3	44,5	532	424	9,3	190	220	1,42	28	41	437,5	3080
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,5	91,8	692	505,5	37,4	31	580	3,89	44	74	1677,5	7420

**22/5/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ν ΧΥΤΑ	8,5	264,5	6550	4698	813	97	2470	40,85	67	410	4170	11070
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	7,9	242,0	3420	2524	6,2	71	1470	1,25	88	186	3000	10615
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,5	64,0	676	544	0,248	15	330	0,42	36	16	1602,5	8335
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~20 λεπτών)	8,3	126,9	2220	1903	34,4	8,4	1130	5,75	80	143	1985	8948

**25/5/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	8,6	268,0	7950	5033	928	97	2130	38,27	104	366	2325	12930
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	7,7	300,0	3940	2814	24,65	83	1940	1,12	180	158	2110	11505
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,4	255,0	680	541	22,9	61	1850	0,41	60	44	1847	8360
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~20 λεπτών)	8,2	174,0	2940	2106	12,45	64	1900	5,13	92	134	1555	9175

**6/6/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	9	223,0	7501	4673	551	156	2370	53	100	483	1853	11502
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	8,6	234,0	2825	2035	73	38	2060	3,2	96	475	2242,5	9046
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	7,6	286,0	2175	1640	43,2	20	1370	1,87	44	50	1940	8315
Έξοδος φυγοκεντρικού (την ίδια χρονική στιγμή, ~10 λεπτά)	8	220,0	1572	1074	30,2	10	1000	1,56	56	53,7	1650	6843

**9/6/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	8,7	223,0	7752	4904	662,5	200	2230	57,6	100	662	2890	11625
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	7,5	261,0	3990	2680	62	100	2350	3	148	360	3725	10115
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~20 λεπτών)	8,3	197,0	2677	1947	16,6	44	1680	1,6	56	80	1778	6510
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,4	235,0	2307	1891	21,65	58	2040	2,56	40	180	2442	9500
Έξοδος φυγοκεντρικού (από επανακυκλοφορία)	8,5	208,0	2198	1704	10,45	44	2080	1,76	40	133	3500	8365
Έξοδος φυγοκεντρικού (από επανακυκλοφορία & φιλτράρισμα σε αμμόφιλτρο)	8,4	164,0	2170	1696	7	43	1630	1,81	68	104	3725	7890

**23/6/2015**

	pH	Αγωγιμότητα (mS/cm <sup>2</sup> )	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	Θειικά (mg/L)	Θολερότητα (NTU)	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	Ολικός φώσφορος (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Άζωτο ολικό (mg/L)	TS (mg/L)
Δεξαμενή εξισορρόπησης στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	8,6	269,2	7400,0	4483	921	115	2310	59,5	180	309	3335	11072
Είσοδος φυγοκεντρικού κροκιδωμένη	7,7	264,8	2128,0	1524	291,5	470	1990	5,97	600	229	2700	9276
Έξοδος φυγοκεντρικού (μόλις ανεβάσει στροφές, ~ 10 λεπτά)	8,1	255,6	480,0	365	258	340	1830	2,9	173	128	2675	1292
Λάσπη εκκένωσης φυγοκεντρικού (~20 λεπτών)	8,1	208,4	1640,0	1038	300	700	1570	2,15	140	188	1980	3604