



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

# Εργαστηριακή Άσκηση ΑΠΟΒΛΗΤΑ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

*στο πρόγραμμα επικαιροποίησης γνώσεων αποφοίτων ΑΕΙ του Πανεπιστημίου Αιγαίου στο πλαίσιο υλοποίησης της πράξης «Περιβαλλοντική Διαχείριση-Σύγχρονα Εργαλεία», του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», η οποία συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο-ΕΚΤ) και από Εθνικούς Πόρους.*

**Υπεύθυνος μαθήματος: Α. Στασινάκης, Επίκουρος Καθηγητής**  
**Υπεύθυνη Εκτέλεσης Άσκησης: Δρ Ο. Αρβανίτη (Χημικός)**

ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2015

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
<b>1. Θεωρητικό Μέρος</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Αναδυόμενοι Ρύποι</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Συμπεριφορά κατά την Επεξεργασία</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Εκτιμώμενη Επικινδυνότητα</b>	<b>7</b>
<b>2. Υπολογιστικό Μέρος</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Υπολογισμοί</b>	<b>10</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>12</b>

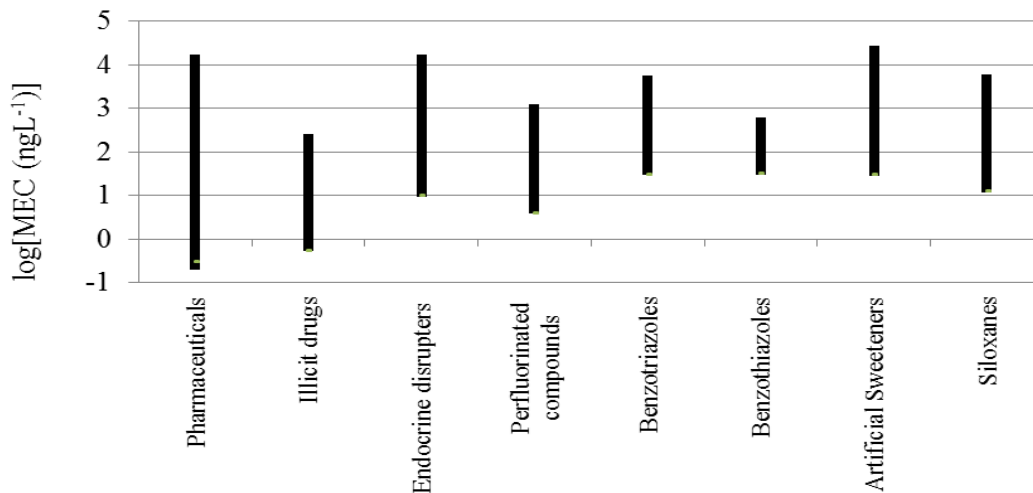
## 1. Θεωρητικό Μέρος

### 1.1 Αναδυόμενοι Ρύποι

Ο όρος **αναδυόμενοι ρύποι** (Emerging Contaminants; ECs) αναφέρεται σε χημικές ενώσεις οι οποίες: **i)** δεν καλύπτονται από την υπάρχουσα νομοθεσία που αφορά στην προστασία των υδάτων και του εδάφους, **ii)** δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς η επίδραση τους στο περιβάλλον, και **iii)** λόγω της πιθανής τοξικότητάς τους φαίνεται ότι αποτελούν απειλή τόσο για τα οικοσυστήματα όσο και την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, ο όρος αυτός αναφέρεται στον ολόένα και αυξανόμενο επιστημονικό ενδιαφέρον για την παρουσία, την τύχη και τις επιδράσεις τους στο υδάτινο περιβάλλον.

Οι ECs περιλαμβάνουν μια **ευρεία κατηγορία ενώσεων** που κατατάσσονται αναλόγως με τη δράση τους στο περιβάλλον και τους οργανισμούς, την προέλευσή τους και τη χημική τους δομή. Μεταξύ των κατηγοριών σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ενδοκρινικοί διαταράκτες (Endocrine Disrupter Compounds; EDCs), οι φαρμακευτικές ενώσεις (Pharmaceuticals Compounds; PhCs), τα προϊόντα προσωπικής φροντίδας (Personal Care Products; PCPs), οι υπερφθοριωμένες ενώσεις (Perfluorinated Compounds; PFCs), οι βενζοτριαζόλες (Benzotriazoles; BTrs), οι βενζοθειαζόλες (Benzothiazoles; BThs), οι συνθετικές γλυκαντικές ύλες (Artificial Sweeteners), τα ναρκωτικά (Illicit drugs) και τα σιλοξάνια (Siloxanes).

Η **κύρια οδός μεταφοράς** των ECs στο χερσαίο και υδάτινο περιβάλλον είναι οι Μονάδες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (Μ.Ε.Υ.Α.). Ωστόσο, άλλες σημαντικές πηγές αναδυόμενων ρύπων αποτελούν οι επίγειες απορροές, καθώς και η ατμοσφαιρική εναπόθεση. Στο σχήμα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα από τη συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων που αφορούν στα **επίπεδα συγκέντρωσης** ορισμένων κατηγοριών ECs σε επεξεργασμένα απόβλητα ελληνικών Μ.Ε.Υ.Α.



**Σχήμα 1.** Επίπεδα συγκέντρωσης των κυριότερων κατηγοριών ECs σε επεξεργασμένα απόβλητα ελληνικών Μ.Ε.Υ.Α. κατά τη διάρκεια της περασμένης δεκαετίας [Thomaidi et al., 2015, J. Hazard. Mater. 283, 740-747]. MEC: Measured Environmental Concentration.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, τα επίπεδα συγκέντρωσης των ECs σε επεξεργασμένα απόβλητα ελληνικών Μ.Ε.Υ.Α. κυμαινόταν μεταξύ λίγων  $\text{ng L}^{-1}$  (PCPs) έως μερικών  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Artificial Sweeteners). Ακόμη, οι συγκεντρώσεις των υπό διερεύνηση ECs σε ελληνικές Μ.Ε.Υ.Α. είναι σε γενικές γραμμές μικρότερες ή παρόμοιες από αυτές που έχουν δημοσιευτεί για Μ.Ε.Υ.Α. του εξωτερικού, με εξαίρεση κάποιες ουσίες.

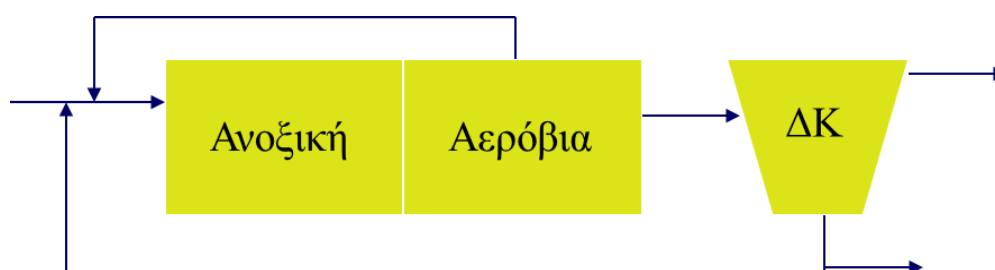
## 1.2 Συμπεριφορά κατά την Επεξεργασία

Η συμπεριφορά και η τύχη των ECs κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους σε Μ.Ε.Υ.Α. διαφέρει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους, εξαιτίας των διαφορετικών φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων. Ορισμένες παραμένουν σταθερές για μεγάλο χρονικό διάστημα και αποδομούνται πολύ δύσκολα, ενώ άλλες απομακρύνονται μερικώς, και σε ορισμένες περιπτώσεις μετασχηματίζονται μέσω φυσικών και χημικών διεργασιών, καθώς και με τη συμβολή μικροοργανισμών. Οι ενώσεις που προκύπτουν από τους διάφορους μετασχηματισμούς μπορεί να είναι λιγότερο τοξικές και λιγότερο επικίνδυνες από τις αρχικές, ενώ σε άλλες περιπτώσεις

εμφανίζουν μεγαλύτερη επικινδυνότητα από τις πρόδρομες τους.

Συχνά η εφαρμογή των συμβατικών μεθόδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων - οι οποίες είναι κατάλληλες για την απομάκρυνση του βιοαποδομήσιμου οργανικού φορτίου και των κυρίαρχων μορφών αζώτου, φωσφόρου - δεν επιτυγχάνει πλήρη απομάκρυνση των μικρορυπαντών.

Στο Σχήμα 2, απεικονίζεται ένα **συμβατικό σύστημα ενεργού ιλύος** συνεχούς ροής το οποίο αποτελείται από ανοξικό αντιδραστήρα, δεξαμενή αερισμού (ή αερόβιο αντιδραστήρα) και δεξαμενή καθίζησης. Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιείται ευρέως στην Ελλάδα και επιτυγχάνει τα όρια της Οδηγίας 91/271 για BOD, COD, TSS και N. Αρχικά, τα εισερχόμενα λύματα εισέρχονται στον ανοξικό αντιδραστήρα, όπου έρχονται σε επαφή με τους μικροοργανισμούς απουσία οξυγόνου. Ο αντιδραστήρας αυτός ακολουθείται από τη δεξαμενή αερισμού στην οποία επικρατούν αερόβιες συνθήκες. Στη συγκεκριμένη δεξαμενή οξειδώνεται το κύριο μέρος του οργανικού φορτίου και παράγονται νιτρικά μέσω της διεργασίας της νιτροποίησης. Μεγάλο μέρος των νιτρικών ανακυκλοφορεί με εσωτερική ανακυκλοφορία στον ανοξικό αντιδραστήρα και μετατρέπεται σε αέριο άζωτο μέσω της διεργασίας της απονιτροποίησης. Το μίγμα αποβλήτων και μικροβιακής βιομάζας (μικτό υγρό) από την αερόβια δεξαμενή οδηγείται στη δεξαμενή καθίζησης, όπου υπό συνθήκες ηρεμίας οι μικροοργανισμοί (υπό τη μορφή βιοκροκίδων) διαχωρίζονται με καθίζηση (ιλύς). Μέρος της ιλύος ανακυκλοφορεί στον ανοξικό αντιδραστήρα, ενώ το υπερκείμενο υγρό οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία ή καταλήγει στον τελικό αποδέκτη (Σχήμα 2).



**Σχήμα 2.** Τυπικό διάγραμμα μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος.

Η απομάκρυνση ενός μικρορύπου κατά τη βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πραγματοποιείται είτε μέσω βιολογικών διεργασιών (βιοαποδόμηση), είτε μέσω αβιοτικών διεργασιών (προσρόφηση, πτητικοποίηση). Κατά τη βιοαποδόμηση οι μικρορύποι είτε μετατρέπονται σε απλούστερες ουσίες είτε ανοργανοποιούνται (μετατροπή σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O) εξαιτίας της δράσης μικροοργανισμών (κυρίως βακτηρίων). Μέσω της προσρόφησης, οι οργανικές ενώσεις συσσωρεύονται στην ενεργό ιλύ και απομακρύνονται από τα υγρά απόβλητα στη δεξαμενή καθίζησης μαζί με τα καθιζάνοντα στερεά. Τέλος, η πτητικοποίηση αφορά στην απελευθέρωση των πτητικών οργανικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα από την επιφάνεια των λυμάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω μηχανισμούς, μπορεί να προβλεφθεί η συμπεριφορά των μικρορύπων σε ένα σύστημα ενεργού ιλύος αποτελούμενο από τις δεξαμενές που φαίνονται στο Σχήμα 2 σύμφωνα με το **ισοζύγιο μάζας** που ακολουθεί:

$$M_{in} = M_{bio-anox} + M_{bio-aer} + M_{sorbed} + M_{volat} + M_{out}$$

Όπου,

$M_{in}$  : μάζα ουσίας στην εισροή των αποβλήτων ημερησίως (mg d<sup>-1</sup>)

$M_{bio-anox}$  : μάζα ουσίας που βιοαποδομείται ημερησίως στον ανοξικό αντιδραστήρα (mg d<sup>-1</sup>)

$M_{bio-aer}$  : μάζα ουσίας που βιοαποδομείται ημερησίως στον αερόβιο αντιδραστήρα (mg d<sup>-1</sup>)

$M_{sorbed}$  : μάζα ουσίας που απομακρύνεται μέσω της αποβαλλόμενης λάσπης (mg d<sup>-1</sup>)

$M_{volat}$  : μάζα ουσίας που πτητικοποιείται ημερησίως (mg d<sup>-1</sup>)

$M_{out}$  : μάζα ουσίας στην εκροή των αποβλήτων ημερησίως (mg d<sup>-1</sup>)

Αντικαθιστώντας τους κατάλληλους όρους της αντίδρασης για κάθε όρο του ισοζυγίου της μάζας, προκύπτει η ακόλουθη σχέση:

$$Q_{in} C_{in} = k_{bio-anox} X V_{anox} C_{out} + k_{bio-aer} X V_{aer} C_{out} + \frac{K_d X V C_{out}}{SRT} + K_L V C_{out} + Q_{out} C_{out}$$

Όπου,

$C_{in}$ & $C_{out}$	: συγκεντρώσεις ουσίας στα εισερχόμενα και εξερχόμενα απόβλητα, αντίστοιχα, ( $mg L^{-1}$ )
$Q_{in}$ & $Q_{out}$	: παροχή εισροής και εκροής των αποβλήτων, αντίστοιχα, ( $m^3 d^{-1}$ )
$X$	: συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών (Suspended Solids; SS) στους βιοαντιδραστήρες ( $g_{SS} L^{-1}$ )
$V_{anox}$ & $V_{aer}$	: όγκος ανοξικού και αερόβιου αντιδραστήρα, αντίστοιχα, ( $m^3$ )
$k_{bio-anox}$ & $k_{bio-aer}$	: συντελεστής βιοαποδόμησης, υπό ανοξικές και αερόβιες συνθήκες, αντίστοιχα, ( $L g_{SS}^{-1} d^{-1}$ )
$K_L$	: συντελεστής μεταφοράς μάζας ( $d^{-1}$ )
$K_d$	: συντελεστής κατανομής νερού-ιλύος ( $L g^{-1}$ )
SRT	: χρόνος παραμονής λάσπης στη δεξαμενή καθίζησης (d)

### 1.3 Εκτιμώμενη Επικινδυνότητα

Για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος από τη διάθεση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που περιέχουν μικρορύπους στο υδατικό περιβάλλον, συχνά εφαρμόζεται η ακόλουθη μεθοδολογία.

Υπολογίζεται το **πηλίκιο επικινδυνότητας** (Risk Quotient; RQ), με βάση τη σχέση που ακολουθεί:

$$RQ = \frac{PEC \text{ or } MEC}{PNEC}$$

Όπου,

*PEC (Predicted Environmental Concentration)*: συγκέντρωση ουσίας στο περιβάλλον όπως αυτή υπολογίζεται με συγκεκριμένες εξισώσεις ή μοντέλα.

*MEC (Measured Environmental Concentration)*: συγκέντρωση ουσίας στο περιβάλλον η οποία προκύπτει από μετρήσεις βασισμένες σε αναλυτικές τεχνικές.

και *PNEC (Predicted No Effect Concentration)*: συγκέντρωση ουσίας κάτω από την

οποία δεν αναμένεται να παρατηρηθούν αρνητικές επιπτώσεις στους οργανισμούς.

Εάν ο λόγος  $RQ < 1$ , τότε ο κίνδυνος από την παρουσία του συγκεκριμένου μικρορύπου είναι μικρός και δεν απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, ενώ για  $RQ > 1$ , τότε είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα για τη μείωση του κινδύνου.

Σύμφωνα με τον Οδηγό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η PNEC υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$PNEC = \frac{EC_{50} \text{ or } LC_{50}}{1000}$$

Όπου,

$LC_{50}$  (*mean lethal concentration*): συγκέντρωση ουσίας που προκαλεί το θάνατο στο 50% των οργανισμών.

$EC_{50}$  (*effect concentration*): συγκέντρωση ουσίας που προκαλεί συγκεκριμένη επίδραση (πλην θανάτου) στο 50% των οργανισμών.

Ο παράγοντας εκτίμησης (*assessment factor*) παίρνει τις τιμές 10, 100 ή 1000. Για μελέτες οξείας τοξικότητας σε υδρόβιους και χερσαίους οργανισμούς ισούται με 1000.

Οι σταθερές  $EC_{50}$  και  $LC_{50}$  προκύπτουν από πειράματα τοξικότητας για συγκεκριμένη κατηγορία οργανισμών ή από δημοσιευμένες μελέτες. Αν στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν περισσότερες από μία τιμές  $EC_{50}$  ή  $LC_{50}$ , επιλέγεται συνήθως η μικρότερη αυτών (*worst case scenario*).

Η εκτίμηση κινδύνου ενός μείγματος ουσιών στο περιβάλλον, όπως στην πραγματικότητα βρίσκονται οι ουσίες στα υδάτινα οικοσυστήματα, γίνεται με εφαρμογή της σχέσης που ακολουθεί:

$$RQ_{mix} = \sum_{i=0}^n RQ_i = \sum_{i=1}^n \frac{PEC_i / MEC_i}{PNEC_i}$$



Το πηλίκο επικινδυνότητας ( $RQ_r$ ) για την εκτίμηση κινδύνου μιας ουσίας σε ποτάμι υπολογίζεται μέσω του *συντελεστή αραίωσης* (*dilution factor, DF*), όπως περιγράφεται από την παρακάτω σχέση:

$$RQ_r = \frac{RQ}{DF}$$

Ο όρος του *συντελεστή αραίωσης* (*dilution factor, DF*) προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$DF = \frac{Q_r}{Q_e}$$

Όπου,

$Q_r$  : μέση ημερήσια παροχή νερού στο υπό μελέτη ποτάμι ( $\text{m}^3 \text{d}^{-1}$ )

$Q_e$  : μέση ημερήσια παροχή επεξεργασμένων λυμάτων από μια Μ.Ε.Υ.Α. ( $\text{m}^3 \text{d}^{-1}$ )

Τέλος, η εκτίμηση κινδύνου ενός μείγματος ουσιών στο ποτάμι δίνεται από την σχέση που ακολουθεί:

$$RQ_{mix,river} = \frac{RQ_{mix}}{DF}$$

## 2. Υπολογιστικό Μέρος

### 2.1 Υπολογισμοί

**Εκτίμηση της συμπεριφοράς των PFOA, TCS και βενζολίου σε μια διεργασία ενεργού ιλύος.**

Ένα σύστημα ενεργού ιλύος συνεχούς ροής χρησιμοποιείται για την επεξεργασία αστικών λυμάτων, στα αστικά λύματα ανιχνεύονται και συγκεντρώσεις των παραπάνω μικρορύπων. Χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα δεδομένα που αφορούν στη λειτουργία της Μ.Ε.Υ.Α. και λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ουσιών:

1. Προσδιορίστε τη συγκέντρωση κάθε ουσίας στα εξερχόμενα απόβλητα.
2. Προσδιορίστε σε κλάσμα επί του συνόλου τις απώλειες κάθε ουσίας μέσω των διαφόρων μηχανισμών (βιοαποδόμησης, προσρόφησης, πτητικοποίησης) που τυχόν λαμβάνουν χώρα.
3. Προσδιορίστε και εκτιμήστε την επικινδυνότητα κάθε ουσίας, καθώς και του μείγματος των τριών ουσιών σε ποτάμι που αποτελεί αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων.

Δεδομένα:

1.	Παροχή εισροής υγρών αποβλήτων, m <sup>3</sup> /d	750.000
2.	Παροχή εκροής υγρών αποβλήτων, m <sup>3</sup> /d	700.000
3.	Συγκέντρωση PFOA στα εισερχόμενα υγρά απόβλητα, mg/L	0,09 x 10 <sup>-3</sup>
4.	Συγκέντρωση TCS στα εισερχόμενα υγρά απόβλητα, mg/L	1,5 x 10 <sup>-3</sup>
5.	Συγκέντρωση βενζολίου στα εισερχόμενα υγρά απόβλητα, mg/L	1 x 10 <sup>-3</sup>
6.	Συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στους βιοαντιδραστήρες, g <sub>SS</sub> /L	3,5
7.	Όγκος ανοξικού αντιδραστήρα, m <sup>3</sup>	95.000
8.	Όγκος δεξαμενής αερισμού, m <sup>3</sup>	185.000
9.	Συντελεστής βιοαποδόμησης PFOA, υπό ανοξικές συνθήκες, L/g <sub>SS</sub> d	0,1 x 10 <sup>-3</sup>
10.	Συντελεστής βιοαποδόμησης TCS, υπό ανοξικές συνθήκες, L/g <sub>SS</sub> d	0,5
11.	Συντελεστής βιοαποδόμησης βενζολίου, υπό ανοξικές συνθήκες, L/g <sub>SS</sub> d	5
12.	Συντελεστής βιοαποδόμησης PFOA, υπό αερόβιες συνθήκες, L/g <sub>SS</sub> d	0,1 x 10 <sup>-3</sup>
13.	Συντελεστής βιοαποδόμησης TCS, υπό αερόβιες συνθήκες, L/g <sub>SS</sub> d	1

14.	Συντελεστής βιοαποδόμησης βενζολίου, υπό αερόβιες συνθήκες, L/g <sub>ss</sub> d	10
15.	Συντελεστής μεταφοράς μάζας PFOA, 1/d	0,1 x 10 <sup>-3</sup>
16.	Συντελεστής μεταφοράς μάζας TCS, 1/d	0,001
17.	Συντελεστής μεταφοράς μάζας βενζολίου, 1/d	72
18.	Συντελεστής κατανομής PFOA, L/g	0,329
19.	Συντελεστής κατανομής TCS, L/g	1,549
20.	Συντελεστής κατανομής βενζολίου, L/g	0,234
21.	Χρόνος παραμονής της ιλύος στο σύστημα ενεργού ιλύος, d	8
22.	Συγκέντρωση PFOA που προκαλεί το θάνατο στο 50% των οργανισμών, mg/L	328
23.	Συγκέντρωση TCS που προκαλεί το θάνατο στο 50% των οργανισμών, mg/L	0,260
24.	Συγκέντρωση βενζολίου που προκαλεί το θάνατο στο 50% των οργανισμών, mg/L	21,6
25.	Συγκέντρωση PFOA που προκαλεί συγκεκριμένη επίδραση (πλην θανάτου) στο 50% των οργανισμών, mg/L	96,2
26.	Συγκέντρωση TCS που προκαλεί συγκεκριμένη επίδραση (πλην θανάτου) στο 50% των οργανισμών, mg/L	0,0014
27.	Συγκέντρωση βενζολίου που προκαλεί συγκεκριμένη επίδραση (πλην θανάτου) στο 50% των οργανισμών, mg/L	9,2
28.	Συντελεστή αραίωσης επεξεργασμένων αποβλήτων σε ποτάμι	300

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

- Arvaniti, O.S., Ventouri, E.I., Stasinakis, A.S., Thomaidis, N.S., 2012. Occurrence of different classes of perfluorinated compounds in Greek wastewater treatment plants and determination of their solid-water distribution coefficients. *J. Hazard. Mater.* 239-240, 24-31.
- Bletsou, A.A., Asimakopoulos, A.G., Stasinakis, A.S., Thomaidis, N.S., Kannan, K., 2013. Mass Loading and Fate of Linear and Cyclic Siloxanes in a Wastewater Treatment Plant in Greece. *Environ. Sci. Technol.* 47, 1824-1832.
- Borova, V.L., Maragou, N.C., Gago-Ferrero, P., Pistos, C., Thomaidis, N.S., 2014. Highly sensitive determination of 68 psychoactive pharmaceuticals, illicit drugs, and related human metabolites in wastewater by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.* 406, 4273-4285.
- EC, 2003. Technical Guidance Document in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances, Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market, Part II. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- EC, 2010. Commission Regulation (EU) No 453/2010, European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH).
- Farré, M., Pérez, S., Kantiani, L., Barceló, D., 2008. Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment. *Trends Anal. Chem.* 27, 991-1007.
- Mazioti, A.A, Stasinakis, A.A., Gatidou, G., Thomaidis, N.S., Andersen, H.R., 2015. Sorption and biodegradation of selected benzotriazoles and hydroxybenzothiazole in activated sludge and estimation of their fate during wastewater treatment. *Chemosphere* 131, 117-123.
- Metcalf and Eddy, 2003. *Wastewater Engineering - Treatment and Reuse*, 4<sup>th</sup> edition. Mc Graw Hill, USA.

Stasinakis, A.S., Kordoutis, C.I., Tsiouma, V.C., Gatidou, G., Thomaidis, N.S., 2010. Removal of selected endocrine disruptors in activated sludge systems: Effect of sludge retention time on their sorption and biodegradation. *Bioresource Technol.* 101, 2090-2095.

Stasinakis, A.S., Thomaidis, N.S., Arvaniti, O.S., Asimakopoulos, A.G., Samaras, V.G., Ajibola, A., Mamais, D., Lekkas, T.D., 2013. Contribution of primary and secondary treatment on the removal of benzothiazoles, benzotriazoles, endocrine disruptors, pharmaceuticals and perfluorinated compounds in a sewage treatment plant. *Sci. Total Environ.* 463-464, 1067-1075.

Thomaidi, V.S., Stasinakis, A.S., Borova, V.L., Thomaidis, N.S., 2015. Is there a risk for the aquatic environment due to the existence of emerging organic contaminants in treated domestic wastewater? Greece as a case-study. *J. Hazard. Mater.* 283, 740-747.

### *Ελληνική*

Θωμαΐδη, Β., 2014. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την εφαρμογή στρατηγικών περιορισμού της επικινδυνότητας από τη διάθεση αποβλήτων που περιέχουν αναδυόμενους οργανικούς μικρορύπους στο περιβάλλον. Πρόταση Διδακτορικής Διατριβής, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Λέκκας, Θ., 2001. Περιβαλλοντική Μηχανική II - Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.