

Ο ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ ΑΠΟ ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΚΟΠΙΑ

Ο Πατραϊκός Κόλπος βρίσκεται στην Δυτική Ελλάδα μεταξύ της Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου. Είναι ένας σχετικά αβαθής θαλάσσιος κόλπος που συνδέει τον βαθύ Κορινθιακό Κόλπο με το Ιόνιο Πέλαγος. Το δέλτα του ποταμού Εύηνου και η λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου βρίσκονται στη βορειοανατολική πλευρά του Κόλπου. Ο ποταμός Αχελώος εκβάλλει επίσης στην βορειοανατολική πλευρά και οι χείμαρροι Πύρος και Γλαύκος εκβάλλουν στη νότια πλευρά του Κόλπου. Ο Αχελώος και ο Εύηνος είναι οι πιο σημαντικές πτυχές όσον αφορά την τροφοδοσία γλυκού νερού στον Κόλπο. Οι ποσότητες γλυκού νερού που παρέχονται από τον Πύρο και τον Γλαύκο είναι σημαντικά μικρότερες. Το πολεοδομικό συγκρότημα της Πάτρας με πληθυσμό γύρω στις 180.000 είναι τοποθετημένη στην ανατολική πλευρά του Κόλπου και όλα τα απόβλητά της διατίθενται ακατέργαστα στον Κόλπο.

Το μέγιστο μήκος του Κόλπου σε διεύθυνση ανατολής δύσης είναι περίπου 33 χιλιόμετρα και το μέγιστο εύρος του περίπου 22 χιλιόμετρα. Η επιφάνειά του εκτιμάται στα 400 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο όγκος του σε 45 κυβικά χιλιόμετρα.

Το νερό του Πατραϊκού Κόλπου είναι μίγμα των νερών του Κορινθιακού Κόλπου και του Ιονίου και επηρεάζεται από τις εκβολές των ποταμών. Η νοτιοδυτική πλευρά του Κόλπου επηρεάζεται από τα νερά του Ιονίου που για τα ανώτερα στρώματα φαίνεται ότι εισέρχονται από την δυτική είσοδο κατά μήκος της νότιας ακτής του Κόλπου ενώ για τα στρώματα κοντά στον πυθμένα επικρατεί η αντίθετη κατεύθυνση κυκλοφορίας. Η ανατολική πλευρά επηρεάζεται από τα νερά του Κορινθιακού στα ανώτερα στρώματα. Αυτή η επίδραση επεκτείνεται προς το βαθύτερο τμήμα του Κόλπου, επηρεάζεται από δυο υδάτινες μάζες. Σε αυτό το τμήμα η σύνθεση της υδάτινης στήλης είναι σχεδόν κατά 50% νερά του Κορινθιακού και κατά 50% νερά του Ιονίου στα ανώτερα επιφανειακά στρώματα. Κάτω από την ανώτερη επιφάνεια τα χαρακτηριστικά του νερού δεν διαφέρουν πολύ από αυτά του Κορινθιακού. Τα βαθιά νερά της κεντρικής λεκάνης είναι σχεδόν ομογενή και πυκνά και φαίνονται απομονωμένα στη λεκάνη.

Αναλυτική έκθεση για την κατάσταση και τις παραμέτρους της ποιότητας του νερού του Πατραϊκού κόλπου παρουσιάζεται στη μελέτη που έγινε από το Πανεπιστήμιο της Πάτρας και το Ινστιτούτο Ωκεανογραφικών και Αλιευτικών Μελετών στην περίοδο 1980-82 και στην έρευνα «ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΠΑΤΡΩΝ» του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας του Πανεπιστημίου Πατρών υποστηρίζουν αυτά τα συμπεράσματα.

Με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα των μελετών ο Πατραϊκός Κόλπος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ευαίσθητος αποδέκτης. Ωστόσο, κρίνεται περιβαλλοντικά θετικό να ληφθούν μέτρα προστασίας προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν ευτροφισμό. Ως εκ τούτου είναι δικαιολογημένη η απαίτηση για βιολογική επεξεργασία με βαθμό καθαρισμού της τάξεως του 90% και η βιολογική απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου για σημαντική απομάκρυνση των θρεπτικών.

Με την Ε2/οικ.6464/30.3.89 Απόφαση της Νομαρχίας Αχαΐας η θαλάσσια περιοχή του Πατραϊκού κόλπου στη θέση Κόκκινος Μύλος ορίστηκε σαν αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων του Δήμου Πατρέων.

Επιπτώσεις από τη διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων

Το σύστημα επεξεργασίας των λυμάτων περιλαμβάνει βιολογική επεξεργασία του οργανικού φορτίου, νιτροποίηση και απονιτροποίηση του οργανικού και αμμωνιακού αζώτου και βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου. Η ποιότητα της τελικής εκροής σε συμφωνία με την σχετική Οδηγία 91/271/ΕΟΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων, θα έχει κατ' ελάχιστον τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΚΡΟΗΣ	
BOD, mg/l	< 25
COD mg/l	< 125
SS, mg/l	< 30
Ολικό άζωτο, mg/l	< 15
Ολικός Ρ, mg/l	< 10
Κολοβακτηρίδια ανά 100 ml	< 500

Ένα μέρος της τελικής εκροής των λυμάτων, παροχής 200 m³/h θα υφίσταται εκτός από την ανωτέρω επεξεργασία και διύλιση μέσω ενός φίλτρου χαλαζιακής άμμου. Το νερό αυτό θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των απαιτήσεων της μονάδας σε βιομηχανικό νερό, πλύση εσχαρισμάτων, άμμου, κλπ., καθώς και για την άρδευση του περιβάλλοντος χώρου της εγκατάστασης. Το νερό αυτό θα έχει υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά, BOD και SS < 5 mg/l και κολοβακτηρίδια < 10/100 ml.

Τα επεξεργασμένα απόβλητα διατίθενται στη θάλασσα μέσω του υποθαλάσσιου αγωγού εκβολή από HDPE διαμέτρου 1000 mm που θα επιτυγχάνει μέση αρχική αραιώση 100 για τις δυσμενέστερες συνθήκες.

ΜΕΣΟ ΒΑΘΟΣ ΕΚΒΟΛΗΣ, μ	32.5
ΜΗΚΟΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΑΓΩΓΟΥ, μ	905
ΕΝΕΡΓΟ ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΧΥΤΗΡΑ, μ	68
ΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΑΓΩΓΟΥ, μ	973
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΙΑΧΥΤΗΡΑ	HDPE180
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΟΜΙΩΝ	18
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΟΜΙΩΝ, μ	4

Οι άνεμοι στην περιοχή του Πατραϊκού κόλπου, όπως διαπιστώνεται από τις μετρήσεις της ΕΜΥ στον Αραξο, του Πανεπιστημίου της Πάτρας στο Ρίο και του εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας στο Ρίο, φαίνεται ότι παρουσιάζουν σαν επικρατούσες διευθύνσεις τη Δ, ΝΔ, Ν και ΒΑ διεύθυνση. Η μέση ταχύτητα του ανέμου μπορεί να θεωρηθεί 15 m/sec. Οι άνεμοι αλλάζουν συχνότητα διεύθυνσης γεγονός που επηρεάζει την κυκλοφορία του νερού. Η δράση του ανέμου συνδυασμένη με την επίδραση της παλίρροιας δίνει κυκλωνική ή αντικυκλωνική ροή. Έτσι εξηγούνται τα ημισταθερά ρεύματα της περιοχής έρευνας.

Οι επιπτώσεις από τη διάθεση των λυμάτων στο θαλάσσιο οικοσύστημα μπορούν να διακριθούν σε:

- Επιπτώσεις στην άμεση περιοχή της εκβολής (near field) μετά την αρχική αραιώση στο επιφανειακό πλουμίο που σχετίζονται με την πιθανή διάθεση τοξικών ουσιών (χλώριο, αμμωνία).
- Μακροχρόνιες επιπτώσεις στο θαλάσσιο αποδέκτη μετά την επιφανειακή διασπορά των λυμάτων από τα επιφανειακά ρεύματα (far field) που μπορεί να σχετίζονται με τη συσσώρευση θρεπτικών αλάτων αζώτου και φωσφόρου.
- Επιπτώσεις στις ακτές κολύμβησης από τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών.

Στη συνέχεια αναφέρονται ενδεικτικά οι μηχανισμοί αραιώσης και διασποράς των ρυπαντών και μικροοργανισμών και υπολογίζονται οι τελικές αραιώσεις και συγκεντρώσεις τους στο θαλάσσιο αποδέκτη.

Για τον υπολογισμό της αρχικής αραιώσης λαμβάνονται τα στοιχεία από την Ωκεανογραφική μελέτη του Πατραϊκού κόλπου και ειδικότερα των σταθμών που βρίσκεται πλησιέστερα προς την θέση της εκβολής.

Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή οι υψηλότερες τιμές της θερμοκρασίας παρατηρούνται το μήνα Αύγουστο. Την εποχή αυτή το θερμοκλίμα είναι πολύ καλά αναπτυγμένο σε όλο το βάθος της στήλης με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 24.0°C στην επιφάνεια μέχρι 17.5°C σε βάθος 40 m.

Το επιφανειακό στρώμα καλής ανάμιξης κυμαίνεται περί τα 9 m. Όσον αφορά την αλατότητα αυτή παρουσιάζει μικρές σχετικά μεταβολές και μπορεί να θεωρηθεί ότι κυμαίνεται από 39.10% στα επιφανειακά στρώματα ως τα 38.20% σε βάθη μεγαλύτερα των 30.0m. Η μέγιστη τιμή της πυκνότητας είναι 1029.6 kg/m³ και η ελάχιστη 1026 kg/cm³.

Αντίθετα, τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται μια ομογενοποίηση της υδάτινης στήλης με τιμές της θερμοκρασίας που κυμαίνονται από 17.5 - 18.25°C και τιμές της αλατότητας 39.19 - 39.21%, ενώ αντίστοιχα σταθερή είναι και η πυκνότητα $\Delta\sigma_t = 28.45 - 28.63$.

Ο υπολογισμός της αρχικής διάλυσης έχει γίνει σύμφωνα με το μοντέλο ROBERTS ενώ η επόμενη αραιώση έχει γίνει κατά BROOKS. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών της μέσης αρχικής αραιώσης για παροχές που καλύπτουν την αρχική όσο και την τελική φάση λειτουργίας (100-1500 l/sec ή 360-5400 m³/h) έδειξαν ότι για την πλειοψηφία των συνθηκών παροχής λυμάτων και ταχύτητας θαλάσσιου ρεύματος η μέση αρχική αραιώση είναι σημαντικά πάνω από 100 για τις πλέον δυσμενείς συνθήκες στρωμάτωσης.

Η επιφανειακή διασπορά που θα υποστεί το πεδίο λυμάτων μετά το σχηματισμό του, υπό την επίδραση των ρευμάτων υπολογίζεται συνήθως από την σχετική θεωρία του Brooks.

Το καλοκαίρι το πεδίο λυμάτων θα είναι βυθισμένο και θα υφίσταται την επίδραση των ρευμάτων κοντά στον πυθμένα, θα κινηθεί δε με κατεύθυνση προς τα ΝΔ ή ΒΑ. Έτσι και για ρεύματα εντάσεως 0.04-0.06 m/sec που σύμφωνα με τα στοιχεία της ωκεανογραφικής μελέτης επικρατούν στην περιοχή της εκβολής σε βάθος 30 m, υπολογίζεται ότι σε απόσταση 800-1000 m μακράν της εκβολής θα προκύπτει μια περαιτέρω αραιώση για τα λύματα της τάξης του 5-6 φορές.

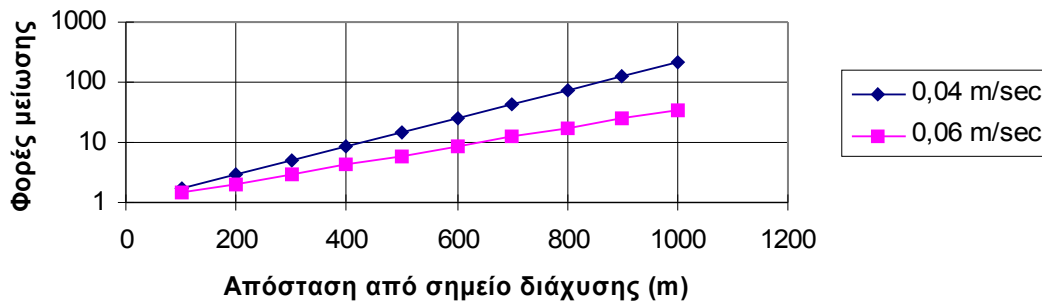
Κατά τις περιπτώσεις όπου τα λύματα θα κινηθούν προς την ακτή υπό την επήρεια των ΝΔ ή ΒΑ ανέμων και ρευμάτων εξετάζεται η αναμενόμενη συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων σε απόσταση 1000 m από την εκβολή, όπου βρίσκεται η πλησιέστερη ακτή (αν και από χρόνια δεν χρησιμοποιείται για κολύμβησης). Οι μικροοργανισμοί κατά τη διαδρομή τους από τη θέση της εκβολής προς την ακτή θα υποστούν εκτός από την αραιώση λόγω διασποράς και μια περαιτέρω μείωση λόγω φθοράς. Όταν το πεδίο θα είναι βυθισμένο η ταχύτητα φθοράς των μικροοργανισμών θα είναι μικρότερη από αυτήν που θα συνέβαινε αν τα λύματα κινούνταν στην επιφάνεια. Έτσι θεωρώντας ένα χρόνο $t_{90} = 3$ ώρες προκύπτει ότι η συγκέντρωση των μικροοργανισμών στην ακτή N_t ως προς την αρχική συγκέντρωση N_0 θα δίδεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$N_t = N_0 * e^{-k*t}$$

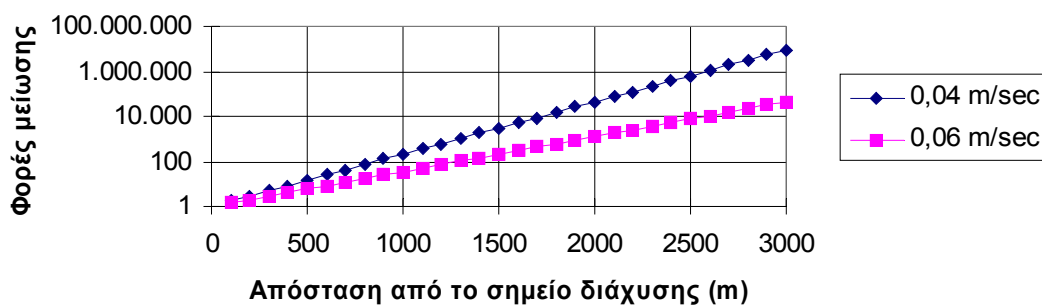
$$k = \ln(0.1)/3 = 0.77$$

$$t = (\text{απόσταση}) / (\text{ταχύτητα ρεύματος})$$

Συντελεστής φυσικής διασπορά μικροοργανισμών



Συντελεστής φυσικής φθοράς μικροοργανισμών



Η συνολική φθορά που θα υφίστανται οι μικροοργανισμοί λόγω αρχικής αραιώσης, επιφανειακής διασποράς και φθοράς στη **δυσμενέστερη** περίπτωση κοντά στην ακτή θα είναι:

$$So_{\lambda} = 381 * 8,5 = 3.238 \text{ φορές}$$

Επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εκβολή των λυμάτων στη θάλασσα

Οι παράμετροι που έχει σημασία να ελεγχθούν είναι αυτές που καθορίζονται στην ΚΥΑ 46399/1352/3/7/1986 που αφορά την ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για κολύμβηση, διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών και είναι δυνατόν να επηρεαστούν από τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα. Να σημειωθεί ότι οι τιμές που ισχύουν για τη διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά είναι σαφώς αυστηρότερες από αυτές που ισχύουν για τα θαλάσσια είδη και δεν είναι τυχαίο ότι δεν έχουν θεσπισθεί σχετικά όρια. Ο σχετικός πίνακας που προκύπτει είναι :

	Κολύμβηση		Γλυκά νερά ψαριών		Οστρακοειδή	
	Επιθυμητή τιμή	Ανώτερη τιμή	Επιθυμητή τιμή	Ανώτερη τιμή	Επιθυμητή τιμή	Ανώτερη τιμή
Ολικά Κολοβακτηριοειδή N/100 ml	500	10000			70	70
Κολοβακτηρίδια κοπράνων N/100 ml	100	500				
Εντερόκοκκος N/100 ml	100					
Αιωρούμενα στερεά (SS) mg/l			25			
BOD5 mg/l			3			
NH3 mg/l			0,005			
Υπολειμματικό χλώριο mg/l				0,005		

α) Επίδραση απολυμαντικού (διοξειδίο του χλωρίου)

Για την απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων θα χρησιμοποιηθεί διοξειδίο του χλωρίου ClO₂. Το ClO₂ είναι 3-4 φορές πιο δραστικό από το χλώριο η δόση που απαιτείται θα είναι της τάξης του 2-5 mg/l με αποτέλεσμα το παραμένον ClO₂ μετά την οξειδωση των παθογόνων και την σχετική αραιώση θα είναι σε συγκεντρώσεις της τάξης του 0.001 mg/l. Να σημειωθεί επιπλέον ότι το ClO₂ δεν σχηματίζει χλωροοργανικές ενώσεις με συνέπεια τα τοξικά παραπροϊόντα για το θαλάσσιο οικοσύστημα να είναι ελάχιστη. Ο χρόνος επαφής για την αποτελεσματική δράση του ClO₂ είναι σημαντικά μικρότερος από αυτόν του χλωρίου της τάξης των 5 min. Σχετικές εργασίες για την απολύμανση επεξεργασμένων λυμάτων με ClO₂ (Theoretical and practical approach to the disinfection of municipal waste water using chlorine dioxide, M. Darnat and M Pouillot, Wat.Sci.Tech., Vol. 25, No12, 1992, Use of chlorine dioxide for the disinfection of treated waste water, W.J. Masschelein) αναφέρουν ότι η κλασική προσέγγιση της αντίδρασης πρώτης τάξης και του συντελεστή C*T δεν μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς. Ωστόσο, έχει πειραματικά βεβαιωθεί ότι οι παραπάνω αναφερόμενες συγκεντρώσεις και χρόνοι παραμονής επιτυγχάνουν μείωση τουλάχιστον κατά 100000 φορές.

Ανεξάρτητα από τα παραπάνω θα μετράται συστηματικά η συγκέντρωση του υπολειμματικού ClO₂ στο φρεάτιο εξόδου της δεξαμενής φόρτισης, και αν αυτή ξεπερνά το 0.50 mg/l στην τελική εκροή τότε θα ρυθμίζεται αντίστοιχα η δόση της χλωρίωσης.

β) Επίδραση αμμωνίας

Η μέγιστη συγκέντρωση αμμωνιακού αζώτου, NH₄-N, στα επεξεργασμένα λύματα εκτιμάται σε 0.50 mg/l τους θερινούς μήνες. Με βάση μόνο την αρχική αραιώση που υπολογίστηκε, οι μέσες συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου στη θάλασσα στην άμεση περιοχή της εκβολής είναι:

$$0.5/100 = 0.005 \text{ mg/l}$$

Σύμφωνα με την Οδηγία της ΕΟΚ 78/659 για τη διαβίωση ιχθύων σε γλυκά νερά η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση αμμωνίου δεν πρέπει να ξεπερνά το 1 mg/l με συνιστώμενη τιμή το 0.04 mg/l. Κατά συνέπεια οι μέσες συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου στη θάλασσα τόσο στην παρούσα όσο και στη μελλοντική φάση ικανοποιούν τα όρια της ΕΟΚ αλλά και της Ελληνικής νομοθεσίας.

γ) Επίδραση θρεπτικών

Τα θρεπτικά άλατα αζώτου και φωσφόρου που περιέχονται στην τελική εκροή των λυμάτων, θα υφίστανται συνδυασμό αρχικής αραιώσης και διασποράς που θα είναι για το δυσμενέστερο συνδυασμό παροχών και ρευμάτων 281 φορές κοντά στην ακτή.

Επειδή στην περιοχή επικρατούν ΝΔ ή ΒΑ άνεμοι με κατεύθυνση από την ανοικτή θάλασσα προς την ακτή και σε ορισμένα σημεία του πυθμένα του Πατραϊκού Κόλπου παρατηρήθηκαν κάποιες τάσεις παγίδευσης θρεπτικών, με ελέγχων θρεπτικό το Ν, το έργο προβλέπει απομάκρυνση του Ν με όριο εκπομπής 15 mg/l. Το όριο αυτό είναι μόλις κατά 5 mg/l υψηλότερο του ορίου που ορίζει ο κανονισμός της ΕΟΚ για ευαίσθητους αποδέκτες που είναι συνήθως λίμνες και ποταμοί μικρής παροχής.

Στην άμεση περίμετρο της εκβολής των λυμάτων οι συγκεντρώσεις μόνο από την αρχική αραιώση της διάχυσης θα είναι :

Ολικό άζωτο, mg/l	< 0,015
Ολικός Ρ, mg/l	< 0,010

Συνεπώς δεδομένης της υψηλής αραιώσης που επιτυγχάνεται και ότι ο Πατραϊκός Κόλπος επικοινωνεί άμεσα με ανοικτή θάλασσα δεν αναμένεται να υπάρξουν οποιαδήποτε φαινόμενα ευτροφισμού.

δ) Κολοβακτηρίδια

Η αναμενόμενη συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων στην ακτή, σύμφωνα με τους υπολογισμούς που προαναφέρθηκαν ακόμα και στην περίπτωση πλημμελούς λειτουργίας της χλωρίωσης θα είναι λιγότερα από 500/100 ml και άρα δεν αναμένεται να υπάρξει κανένα πρόβλημα στις ακτές κολύμβησης και στους κολυμβητές.

ε) Άλλοι ρυπαντές (BOD₅, SS, πολυηλεκτρολύτες, διαλυμένο οξυγόνο)

Με ανάλογο σκεπτικό με αυτό που αναφέρθηκε για τα θρεπτικά άλατα P και N, προκύπτει ότι η συγκέντρωση των άλλων ρυπαντών στα θαλάσσια νερά όπως του BOD₅, των SS, κλπ., μετά την αρχική αραιώση και τη διασπορά θα βρίσκεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στα θαλασσινά νερά που δεν δημιουργούν κανένα κίνδυνο αποξυγόνωσης ή ρύπανσης.

Στην άμεση περίμετρο της εκβολής των λυμάτων οι συγκεντρώσεις μόνο από την αρχική αραιώση της διάχυσης θα είναι :

BOD, mg/l	< 0,25
COD mg/l	< 1,25
SS, mg/l	< 0,30

Όσον αφορά στη συγκέντρωση των πολυηλεκτρολυτών αυτή θα είναι αμελητέα λαμβάνοντας υπόψη ότι οι πολυηλεκτρολύτες στα επεξεργασμένα λύματα θα βρίσκονται μόνο σαν ένα πολύ μικρό ποσοστό που διαφεύγει μέσω των στραγγιδίων της διαδικασίας πάχυνσης και αφυδάτωσης διότι το μεγαλύτερο μέρος δεσμεύεται στην λάσπη.