

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΝΟΜΟΣ ΕΥΒΟΙΑΣ
ΔΗΜΟΣ ΔΙΡΦΥΩΝ- ΜΕΣΣΑΠΙΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΓΩΓΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ & ΕΡΓΩΝ
ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ
ΔΗΜΟΥ ΔΙΡΦΥΩΝ-ΜΕΣΣΑΠΙΩΝ**

**ΕΝΟΤΗΤΑ Γ : ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟ ΤΜΗΜΑ ΑΓΩΓΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ
ΛΥΜΑΤΩΝ**

**ΣΤΑΔΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ – ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΑΙ Η/Μ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

ΜΑΙΟΣ 2017

ΑΝΑΔΟΧΟΙ:

- 1) Χ. ΑΦΡΑΤΑΙΟΣ
- 2) Ι. ΣΑΛΤΑΓΙΑΝΝΗΣ
- 3) Ν. ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ
- 4) Π. ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
- 5) Ι. ΜΠΑΜΠΑΡΑΚΟΣ
- 6) Κ. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΕΥΒΟΙΑΣ
ΔΗΜΟΣ ΔΙΡΦΥΩΝ - ΜΕΣΣΑΠΙΩΝ
Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΓΩΓΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ & ΕΡΓΩΝ
ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ
ΔΗΜΟΥ ΔΙΡΦΥΩΝ-ΜΕΣΣΑΠΙΩΝ**

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ : ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟ ΤΜΗΜΑ ΑΓΩΓΟΥ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

ΕΓΚΡΙΣΕΙΣ:

ΨΑΧΝΑ,...../...../2017

ΟΙ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ

ΨΑΧΝΑ,...../...../2017

**ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ
Η ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ Δ/ΣΗΣ Τ.Υ.**

**ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΒΛΙΩΡΑΣ
ΔΙΠΛ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧ.ΠΕ/5Δ**

**ΕΛΕΝΗ ΜΠΟΥΝΑΝΟΥ
ΤΕ3/ Α ΠΟΛ.ΜΗΧ/ΚΟΣ Τ.Ε.**

**ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΔΙΠΛ.ΠΟΛ.ΜΗΧ/ΚΟΣ/ΠΕ3**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ	6
1.2	ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΠΡΟΫΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	6
2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	7
2.1	ΘΕΣΗ ΕΚΒΟΛΗΣ	7
2.2	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΑΚΤΗΣ – ΦΥΣΙΚΑ ΒΑΘΗ	7
2.3	ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	8
2.4	ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ – ΡΕΥΜΑΤΑ	16
2.5	ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	18
2.6	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	19
3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ	21
3.1	ΓΕΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	21
3.2	ΠΑΡΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	23
3.3	ΦΡΕΑΤΙΟ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	24
3.4	ΑΓΩΓΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ.....	25
3.4.1	Γενικά	25
3.4.2	Επιλογή υλικού κατασκευής και διαμέτρου.....	25
3.4.3	Τραχύτητα αγωγού.....	26
3.4.4	Ποιότητα σωλήνων	27
3.4.5	Υποθαλάσσιο τμήμα του αγωγού εκβολής.....	27
3.4.6	Περιγραφή κατασκευής και πόντισης του υποθαλάσσιου αγωγού	27
3.4.6.1	Εισαγωγή – Προμήθεια και μεταφορά σωλήνων	27
3.4.6.2	Συγκόλληση και προπαρασκευή σωλήνων	29
3.4.6.3	Εκσκαφή της τάφρου	31
3.4.6.4	Πόντιση.....	32
3.4.6.5	Οργάνωση εργοταξίου	32
3.5	ΔΙΑΧΥΤΗΡΑΣ	33
3.5.1	Χαρακτηριστικά διαχυτήρα.....	33
3.5.2	Ασφάλεια λειτουργίας διαχυτήρα.....	34
3.5.2.1	Προστασία διαχυτήρα από σύρση ή πρόσκρουση αντικειμένων	34
3.5.2.2	Προστασία διαχυτών από προσάμμιση	34
3.5.2.3	Προστασία διαχυτήρα από είσοδο θαλασσίου νερού.....	34
3.5.2.4	Προστασία του έργου από ιζήματα	36
3.5.2.5	Προστασία του έργου από είσοδο αέρα – υδραυλικό πλήγμα	36
4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	37
4.1	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	37
4.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	37
4.2.1	Υπολογισμός αναπτύγματος και διεύθυνσης κύματος στην περιοχή	37
4.2.2	Υπολογισμός χαρακτηριστικών κύματος	40
4.2.3	Υπολογισμός κύματος θραύσης.....	41
4.2.4	Υπολογισμός ενεργού βάθους θραύσης.....	42
4.3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΠΕΡΙ ΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ	43
4.3.1	Παραδοχές	43
4.3.2	Εξωτερική θωράκιση.....	43
4.4	ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	44
4.4.1	Επιλογή ενεργού μήκους και χαρακτηριστικών διαχυτήρα και αριθμού και γεωμετρικών χαρακτηριστικών διαχυτών.....	44
4.4.2	Υπολογισμός αρχικής αραίωσης των λυμάτων	49
4.4.3	Υπολογισμός αραίωσης λόγω διασποράς.....	52
4.4.4	Υπολογισμός αραίωσης λόγω φθοράς (αποσύνθεσης)	54
4.4.5	Υπολογισμός συνολικής αραίωσης.....	55
4.4.6	Υπολογισμός τελικής συγκέντρωσης κολοβακτηριδίων.....	56
4.5	ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	57
4.5.1	Γενικά	57
4.5.2	Υπολογισμός υδραυλικών απωλειών στον διαχυτήρα	57
4.5.3	Υπολογισμός υδραυλικών απωλειών στον υποθαλάσσιο αγωγό μέχρι τον διαχυτήρα	61
4.5.4	Υπολογισμός στάθμης φρεατίου φόρτισης.....	62
4.6	ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΑΓΩΓΟΥ.....	64
4.6.1	Εύρεση βάρους και αποστάσεως μεταξύ των ερμάτων	64

4.6.2	Στατική ανάλυση	64
4.6.3	Έλεγχος σε τάση πυθμένα	66
4.6.4	Έλεγχος σε φάση ποντίσεως (τμήμα μήκους 4,0 m)	66
4.6.5	Έλεγχος με πλήρωση λυμάτων (τμήμα μήκους 4,0 m)	67
4.6.6	Έλεγχος με πλήρωση θαλασσινού νερού (τμήμα μήκους 4,0 m)	67
4.7	ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΣΕ ΡΗΞΗ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (BUCKLING STRENGTH)	68
4.7.1	Βραχυχρόνια φόρτιση (φάση πόντισης)	70
4.7.2	Μακροχρόνια φόρτιση (φάση λειτουργίας)	70
4.8	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΕΡΓΩΝ – ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ	71

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αντιμετωπίζει σε φάση Οριστικού Σταδίου την υποθαλάσσια διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων από την Ε.Ε.Λ. του δήμου Διρφύων-Μεσσαπίων.

Ως έργα υποθαλάσσιας διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων νοούνται τα εξής:

- Το φρεάτιο φόρτισης
- Ο υποθαλάσσιος αγωγός
- Ο διαχυτήρας
- Τα ειδικά τεμάχια, οι συσκευές και ο σχετικός αυτοματισμός

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Αντικείμενο της εν λόγω μελέτης είναι η εξεύρεση της τεχνικά αρτιότερης και οικονομικά προσφορότερης λύσης για την κατασκευή του υποθαλάσσιου αγωγού διαθέσεως των επεξεργασμένων λυμάτων, που προέρχονται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας Λυμάτων του Δήμου καθώς και του φρεατίου φόρτισής του, που θα κατασκευαστεί στα κατάντι του καταθλιπτικού αγωγού προσαγωγής των λυμάτων από την Ε.Ε.Λ.

1.2 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΠΡΟΫΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Ως διαθέσιμα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω:

1. Χάρτης Γ.Υ.Σ. σε κλίμακα 1:50.000
2. Η αποτύπωση της χερσαίας ζώνης πλησίον του φρεατίου φόρτισης, καθώς και του βυθού όπου τοποθετείται ο υποθαλάσσιος αγωγός.
3. Η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οι εγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί όροι των έργων μεταφοράς επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων του Δήμου Διρφύων – Μεσσαπίων.

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1 ΘΕΣΗ ΕΚΒΟΛΗΣ

Σύμφωνα με την υπ.αριθμ. 1179/42264/17-3-2014 τελική απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Θεσσαλίας Στ. Ελλάδας που αφορά το έργο «Έργα συλλογής – μεταφοράς – επεξεργασίας και διάθεσης λυμάτων οικισμών Ψαχνών και Καστέλλας» του Δήμου Διρφύων – Μεσσαπίων, αποδέκτης των επεξεργασμένων λυμάτων θα είναι η θαλάσσια περιοχή του υγροβιότοπου «Κολοβρέχτης» στην οποία θα καταλήγουν τα επεξεργασμένα λύματα μέσω χερσαίου και υποθαλάσσιου αγωγού διάθεσης.

Ο αγωγός υποθαλάσσιας διάθεσης θα εκβάλλει στη θαλάσσια περιοχή στην εκβολή του υγροβιότοπου «Κολοβρέχτη», στα όρια των Δήμων Ν. Αρτάκης και Μεσσαπίων.

Η εν λόγω θαλάσσια περιοχή υποθαλάσσιας διάθεσης ευρίσκεται στο νοτιοανατολικό μέρος του μυχού του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου. Κύριο χαρακτηριστικό της ευρύτερης θαλάσσιας μάζας του επιμήκους Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου είναι η σχετική ομοιογένεια ως προς τα φυσικά χαρακτηριστικά (θερμοκρασία , αλατότητα κλπ.). Σε γενικές γραμμές η ομοιογένεια αυτή είναι και οριζόντια και κατακόρυφη, πέρα από τις διαφορές που παρατηρούνται εξ αιτίας των εποχικών μεταβολών καθώς και της κατά καιρούς εισόδου νερών του Αιγαίου Πελάγους.

Η παραλιακή ζώνη του Κολοβρέχτη καθώς και η γειτονική περιοχή της εκβολής του Μεσσάπιου ποταμού δεν ενδείκνυται για κολύμβηση. Οι πλησιέστερες ακτές κολύμβησης είναι προς βορράν σε απόσταση 4km η θαλάσσια περιοχή Βρυσάκια και προς νότον σε απόσταση 2km η περιοχή της Ν. Αρτάκης.

Κατά τον έλεγχο διασποράς ρύπων θα εξετασθούν πέραν των δύο ανωτέρω θέσεων και η θαλάσσια περιοχή του Κολοβρέχτη όπισθεν (δυτικά) του σημείου διάθεσης σε απόσταση 1km.

2.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΑΚΤΗΣ – ΦΥΣΙΚΑ ΒΑΘΗ

Η θαλάσσια περιοχή του Κολοβρέχτη χαρακτηρίζεται από ρηχά νερά, ήπιες κλίσεις πυθμένα και προσχώσεις προερχόμενες από την εκβολή του Μεσσάπιου ποταμού. Η διεύθυνση του αγωγού είναι κάθετη προς την γενική κατεύθυνση της ακτογραμμής, έχει δηλαδή κατεύθυνση προς τα δυτικά.

Στην περιοχή αυτή προς τα ανοικτά, ο πυθμένας έχει αρκετά ομοιόμορφη κλίση. Στα πρώτα 500 μέτρα, από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή των -10,0, η κλίση του πυθμένα είναι περίπου 2%. Στη συνέχεια μειώνεται σε 1% για τα επόμενα 200 m, από την ισοβαθή των -10,0 έως αυτή των -12,0 .

Επιλέχθηκε το πέρας τού υποθαλάσσιου αγωγού που είναι ο διαχυτήρας να τοποθετηθεί στο βάθος των 12,0 m, καθώς το βάθος αυτό είναι αρκετά ικανοποιητικό για την ικανοποιητική αραίωση των λυμάτων. Η απόσταση από την κοντινότερη ακτή αυτού του σημείου είναι 700 m, απόσταση ικανή για την πλήρη διασπορά και διάχυση των διαφυγόντων ρύπων και λοιπών μικροοργανισμών από την Ε.Ε.Λ.. Δεν κρίνεται σκόπιμη η τοποθέτηση του διαχυτήρα σε μεγαλύτερο βάθος πυθμένα, καθώς λόγω της μηδαμινής κλίσης που παρατηρείται μετά το βάθος των -12,0 m, το μήκος και κατά συνέπεια και το κόστος του υποθαλάσσιου αγωγού μεγαλώνει σημαντικά, χωρίς ταυτόχρονα να επιτυγχάνεται διάθεση των λυμάτων σε σημαντικά μεγαλύτερο βάθος.

2.3 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως έντονα θερμομεσογειακό, με μικρό εύρος ετήσιας διακύμανσης. Η θερμή περίοδος διαρκεί από το Μάιο έως τον Οκτώβριο και η ψυχρή από το Νοέμβριο έως τον Απρίλιο.

Ο πλησιέστερος στην περιοχή μετεωρολογικός σταθμός βρίσκεται στην Χαλκίδα. Η μέση θερμοκρασία και η μέση βροχόπτωση για τα έτη 1974 – 1993 παρουσιάζονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΧΑΛΚΙΔΑΣ

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ (ΜΜ)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	41,1	9,0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	44,4	9,0
ΜΑΡΤΙΟΣ	51,1	11,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	31,6	16,0
ΜΑΪΟΣ	2,1	20,6
ΙΟΥΝΙΟΣ	9,2	25,8
ΙΟΥΛΙΟΣ	2,2	27,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	8,8	27,4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ	2,6	24,3
ΟΚΤΩΒΡΗΣ	36,2	19,6
ΝΟΕΜΒΡΗΣ	67,8	24,0
ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ	57,7	10,6

Επίσης στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα ανεμολογικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Χαλκίδας για τα έτη 1951 – 1969. Παρατίθενται οι ΠΙΝΑΚΕΣ που αφορούν τις Μηνιαίες συχνότητες διεύθυνσης (%) και έντασης ανέμων στην κλίμακα Beaufort, καθώς και οι αντίστοιχες ετήσιες συχνότητες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

Ιανουάριος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									10.90
1.00	2.60	1.30	0.90	1.90	7.00	1.60	0.60	3.60	19.50
2.00	2.90	1.80	0.40	1.50	4.30	0.80	0.10	3.30	15.10
3.00	4.10	1.40	0.20	1.10	3.40	1.40	0.20	5.70	17.50
4.00	13.70	4.30		0.40	3.30	2.80	0.20	7.70	32.40
5.00	1.60	1.60		0.10	0.10	0.60		0.30	4.30
6.00		0.10		0.10		0.00			0.20
7.00						0.10			0.10
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	24.90	10.50	1.50	5.10	18.10	7.30	1.10	20.60	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ

Φεβρουάριος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									11.50
1.00	2.60	2.00	0.40	1.80	5.40	1.60	0.40	3.10	17.30
2.00	1.90	2.60	0.70	2.10	5.40	1.10	0.10	3.60	17.50
3.00	3.70	1.90	0.10	1.60	5.50	1.30	0.10	4.80	19.00
4.00	11.60	5.40	0.10	1.30	3.70	3.80	0.10	5.70	31.70
5.00	1.10	0.60			0.40	0.50	0.10	0.10	2.80
6.00		0.10					0.10		0.20
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	20.90	12.60	1.30	6.80	20.40	8.30	0.90	17.30	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΜΑΡΤΙΟΥ

Μάρτιος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									8.80
1.00	2.50	1.50	0.90	1.40	4.90	1.20	0.60	2.80	15.80
2.00	2.00	3.00	0.30	1.80	6.10	0.90	0.20	3.20	17.50
3.00	4.80	1.80	0.30	1.90	8.00	1.30	0.20	5.40	23.70
4.00	12.50	5.80		0.80	3.20	2.00	0.10	6.70	31.10
5.00	0.80	0.80			0.10	0.80	0.10	0.20	2.80
6.00		0.10				0.20			0.30
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	22.60	13.00	1.50	5.90	22.30	6.40	1.20	18.30	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ

Απρίλιος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									8.10
1.00	2.60	1.30	0.40	0.70	5.70	0.70	0.10	3.00	14.50
2.00	2.80	3.40	0.20	1.10	8.30	1.00		3.30	20.10
3.00	6.40	2.50	0.10	1.60	11.70	1.30	0.10	6.50	30.20
4.00	9.30	1.90	0.10	0.90	3.60	2.70	0.10	6.60	25.20
5.00	0.50	0.20			0.20	0.40	0.10	0.40	1.80
6.00						0.10			0.10
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	21.60	9.30	0.80	4.30	29.50	6.20	0.40	19.80	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΜΑΪΟΥ

Μάιος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									9.30
1.00	2.50	1.40	0.30	1.00	4.90	0.70	0.10	3.10	14.00
2.00	3.10	3.00	0.20	1.40	11.20	0.40	0.10	2.80	22.20
3.00	6.90	3.20	0.10	1.50	12.60	0.90		7.40	32.60
4.00	6.70	1.50		0.20	3.50	1.90		7.00	20.80
5.00	0.20	0.10			0.10	0.30		0.10	0.80
6.00		0.10				0.10	0.10		0.30
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	19.40	9.30	0.60	4.10	32.30	4.30	0.30	20.40	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΙΟΥΝΙΟΥ

Ιούνιος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									6.90
1.00	3.00	2.10	0.50	0.90	4.20	0.20		2.60	13.50
2.00	2.80	3.40	0.10	0.80	8.80	0.40	0.10	3.30	19.70
3.00	6.90	3.90	0.10	1.40	9.30	0.90	0.10	5.60	28.20
4.00	13.00	2.80	0.10	0.20	1.90	1.90		10.30	30.20
5.00	0.50	0.70				0.30			1.50
6.00									0.00
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	26.20	12.90	0.80	3.30	24.20	3.70	0.20	21.80	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΙΟΥΛΙΟΥ

Ιούλιος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									5.90
1.00	2.00	1.50	0.20	0.70	2.60	0.10	0.20	2.30	9.60
2.00	3.30	2.60	0.10	0.90	5.30	0.20	0.20	3.20	15.80
3.00	8.60	2.50	0.10	0.80	7.40	0.30	0.10	5.50	25.30
4.00	18.40	6.00	0.30	0.20	0.80	1.00	0.20	13.80	40.70
5.00	1.70	0.50				0.10		0.10	2.40
6.00	0.10		0.10			0.10			0.30
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	34.10	13.10	0.80	2.60	16.10	1.80	0.70	24.90	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ

Αύγουστος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									6.90
1.00	2.10	0.60	0.20	0.70	2.30			2.10	8.00
2.00	3.20	2.70	0.20	0.70	5.80	0.20	0.10	2.70	15.60
3.00	8.40	3.40		0.80	6.50	0.40	0.10	6.10	25.70
4.00	22.20	5.60		0.10	1.10	0.80		11.70	41.50
5.00	1.30	0.80				0.10		0.10	2.30
6.00									0.00
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	37.20	13.10	0.40	2.30	15.70	1.50	0.20	22.70	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ

Σεπτέμβριος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									8.10
1.00	1.90	1.50		0.90	4.70	0.40		2.40	11.80
2.00	3.60	2.30	0.10	0.80	6.90	0.30	0.20	2.40	16.60
3.00	8.10	2.60		0.80	4.90	0.70		8.00	25.10
4.00	19.40	7.10		0.30	0.80	0.30		8.70	36.60
5.00	0.70	1.00						0.10	1.80
6.00									0.00
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	33.70	14.50	0.10	2.80	17.30	1.70	0.20	21.60	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 11

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ

Οκτώβριος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									8.20
1.00	2.90	1.30	0.30	1.40	6.40	0.60	0.10	3.50	16.50
2.00	2.70	2.60	0.20	1.50	6.50	0.50	0.10	2.50	16.60
3.00	6.30	2.50	0.10	1.70	5.60	0.40	0.10	5.80	22.50
4.00	18.60	6.50		0.60	1.10	1.30	0.10	5.90	34.10
5.00	0.80	0.50				0.20		0.30	1.80
6.00	0.10	0.10							0.20
7.00	0.10								0.10
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	31.50	13.50	0.60	5.20	19.60	3.00	0.40	18.00	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 12

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ

Νοέμβριος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									11.90
1.00	3.80	1.90	0.60	2.00	9.50	1.20	0.20	3.90	23.10
2.00	3.50	2.70	0.20	2.60	6.80	1.10	0.20	3.50	20.60
3.00	3.80	1.80	0.10	1.90	4.70	0.80		4.60	17.70
4.00	7.40	6.00		0.80	3.50	2.70	0.10	3.80	24.30
5.00	0.70	1.10			0.20	0.20		0.10	2.30
6.00		0.10							0.10
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	19.20	13.60	0.90	7.30	24.70	6.00	0.50	15.90	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 13

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΗΝΟΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ

Δεκέμβριος 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									11.50
1.00	2.60	1.50	1.50	2.00	9.10	1.60	0.20	4.20	22.70
2.00	2.90	1.60	0.50	2.60	5.40	1.20	0.10	3.10	17.40
3.00	3.10	1.20	0.10	0.80	5.50	1.10		3.30	15.10
4.00	11.20	4.70	0.10	1.00	4.00	3.10	0.10	5.20	29.40
5.00	1.30	1.10			0.30	0.60		0.40	3.70
6.00		0.10				0.10			0.20
7.00									0.00
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	21.10	10.20	2.20	6.40	24.30	7.70	0.40	16.20	100.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 14

ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ

Μέση ετήσια 1951-1969	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0.00									7.69
1.00	2.59	1.49	0.56	1.28	5.56	0.90	0.28	3.05	15.72
2.00	2.89	2.64	0.27	1.48	6.73	0.68	0.14	3.08	17.90
3.00	5.93	2.39	0.13	1.33	7.09	0.90	0.13	5.73	23.61
4.00	13.67	4.80	0.14	0.57	2.54	2.03	0.13	7.76	31.62
5.00	0.93	0.75	0.00	0.10	0.20	0.37	0.10	0.20	2.66
6.00	0.10	0.10	0.10	0.10		0.10	0.10		0.60
7.00	0.10					0.10			0.20
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
Άθροισμα	26.21	12.18	1.20	4.86	22.13	5.07	0.86	19.81	100.00

2.4 ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ – ΡΕΥΜΑΤΑ

Τα παλιρροιακά δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την μελέτη αυτή προέρχονται από την Υδρογραφική Υπηρεσία (Υ.Υ.). Βασίζονται σε μακροχρόνιες μετρήσεις του παλιρροιακού σταθμού Χαλκίδας, ο οποίος είναι ο πλησιέστερος σταθμός στη θέση του έργου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων, οι ανεξάρτητες σημείου αναφοράς παλιρροιακές παράμετροι εμφανίζουν τα πιο κάτω μεγέθη:

➤ Μέγιστο εύρος	1,20 m
➤ Ελάχιστο εύρος	0,01 m
➤ Μέσο εύρος	0,42 m
➤ Επάλλαξη	1,45 m
➤ Διαφορά μέγιστης πλήμμης – μέσης στάθμης	0,71 m
➤ Διαφορά κατωτάτης ρηχίας – μέσης στάθμης	0,74 m

Τα στατιστικά αυτά στοιχεία, μπορεί να θεωρηθούν ότι ισχύουν και για την περιοχή μελέτης, δεδομένου ότι ο παλιρροιογράφος από τις μετρήσεις του οποίου προέρχονται, βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την θέση του έργου, και η μορφολογία της ενδιάμεσης θαλάσσιας περιοχής και οι λοιπές συνθήκες δεν δικαιολογούν αξιόλογες αποκλίσεις.

Το μέσο εύρος των 42 cm που εκφράζει την παλίρροια είναι η συνήθως παρατηρούμενη ημερήσια διακύμανση της στάθμης της θάλασσας και το μέγιστο εύρος των 120 cm, που όμως σπάνια εμφανίζεται, είναι μέγεθος μεγάλο για τα ελληνικά δεδομένα. Τέτοιου ύψους ταλάντωση της στάθμης της θάλασσας επιβάλλει ιδιαίτερη προσοχή κατά την σχεδίαση των έργων ή την λήψη μέτρων για την εξασφάλιση της λειτουργικότητάς τους.

Στην περιοχή του έργου παρατηρείται επίσης ασταθές και υψηλής έντασης ρεύμα (Πλοηγός τομ. Γ.).

Το πρόβλημα του υψηλής έντασης ρεύματος και της παλίρροιας στην περιοχή του πορθμού του Ευρίπου αλλά και γενικότερα του Βορείου και Νοτίου Ευβοϊκού παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις μελέτες έργων, εξ αιτίας του μεγάλου μεγέθους των παλιρροιακών παραμέτρων (εύρους, επάλλαξης μεγέθους κ.λ.π.) και της μεγάλης ταχύτητας του γνωστού παλιρροιακού ρεύματος του Ευρίπου.

Το πρόβλημα της παλίρροιας του Ευρίπου είναι μικτό αποτέλεσμα όχι μόνον αστρονομικών αιτίων, αλλά και διαφόρων ακόμη άλλων επιδράσεων όπως τοπογραφικών, μετεωρολογικών μηχανισμών και πολλών άλλων. Από τις παρατηρήσεις το ρεύμα εμφανίζει δύο διαφορετικές φάσεις παρουσιάζοντας δύο πλήμμες και δύο ρηχίες όπως και η κανονική σεληνοηλιακή παλίρροια, μεταβάλλει δε φορά τακτικά τέσσερις φορές μέσα σε μια σχεδόν Σεληνιακή ημέρα και γι' αυτό το λόγο καλείται κανονικό. Συχνά όμως μεταβάλλει φορά ατάκτως και συνήθως πάνω από τέσσερις φορές μέσα σε μια Σεληνιακή ημέρα χωρίς να ακολουθεί κανένα κανόνα οπότε και καλείται ακανόνιστο.

Το ρεύμα είναι κανονικό γύρω στις συζυγίες επί 22-23 ημέρες του συνοδικού μήνα, ακανόνιστο δε επί δύο ή τρεις ημέρες κατά τους τετραγωνισμούς ή επί 5-7 ημέρες σε κάθε συνοδικό μήνα

Η αλλαγή της φοράς του κανονικού ρεύματος γίνεται όχι όπως συνήθως γύρω στην πλήμμη και τη ρηχία αλλά στο μέσο της πλημμυρίδας προς Βορρά και στο μέσο της αμπώτιδας προς Νότο

Όταν το Βόρειο ρεύμα φθάσει στο ανώτατο ύψος του στη πλήμμη, γύρω από την οποία έχει και την μεγίστη ταχύτητα το μεν ύψος του αρχίζει να κατέρχεται, η δε ταχύτητα του ελαττώνεται επί 3 ώρες περίπου. Τότε η στάθμη φθάνει περί το μέσο ύψος της (ημιπαλίρροια) και αφού το νερό ηρεμήσει επί 2 το πολύ λεπτά αρχίζει πάλι να αυξάνει ενώ η ταχύτητα του αρχίζει να ελαττώνεται επί 3 ώρες περίπου, οπότε το ρεύμα μετά από νέα ηρεμία επί 2 το πολύ λεπτά αρχίζει και πάλι να ρέει αντίθετα δηλαδή προς νότο καθ' όλη την διάρκεια της κανονικής περί τις συζυγίες περιόδου.

Η μέση διάρκεια του Βόρειου ρεύματος, είναι 6 ώρες και 19 λεπτά και του Νοτίου 5 ώρες και 52 λεπτά, δηλαδή κατά 27 λεπτά μεγαλύτερη.

Από την ημέρα ή την επομένη κάθε τετραγωνισμού της Σελήνης αρχίζει η αταξία του ρεύματος κατά την οποία η φορά και η συχνότητα των αλλαγών είναι πολύ ακανόνιστες.

Κατά την ακανόνιστη αυτή περίοδο η φορά του ρεύματος άλλοτε μεταβάλλεται ως πέντε φορές εντός μιας ώρας, πολλές φορές δε ως δώδεκα ή και περισσότερες φορές την ημέρα. Καμιά φορά το ρεύμα μένει στάσιμο επί μισή ή και ολόκληρη ώρα, ενώ άλλοτε διατηρεί επί δώδεκα συνεχείς ώρες την αυτή φορά και καμιά φορά πάλι, αλλά σπάνια σε καιρό νηνεμίας, αλλάζει φορά κανονικά, δηλαδή κατά τις κανονικές μόνο ώρες που αντιστοιχούν στις ώρες κανονικής περιόδου.

Το εύρος της κύμανσης της παλίρροιας όπως συμβαίνει γενικά είναι μεταβλητό μέσα σε κάθε μήνα και κατά τη διάρκεια του έτους

Η ταχύτητα του ρεύματος παρουσιάζει ένα μέγιστο γύρω από τις συζυγίες των Ισημερινών ανερχόμενο σε 13 - 15 km/h (8 – 8½ μίλια / ώρα) και ένα ελάχιστο γύρω από τις τροπές 8 – 8 ½ km/h (5½ μίλια / ώρα). Μετά τις συζυγίες η ταχύτητα ελαττώνεται συνεχώς μέχρι τους τετραγωνισμούς κατά τους οποίους αυτή κυμαίνεται μεταξύ 2 – 3½ km/h (1 – 2 μίλια / ώρα). Επομένως, το δυσμενέστερο για την εξεταζόμενη περιοχή ρεύμα θα είναι αυτό που έχει κατεύθυνση από τον πορθμό του Ευρίπου προς την περιοχή μελέτης του υποθαλάσσιου αγωγού, δηλαδή προς τα βορειοδυτικά και μέγιστη ταχύτητα τα 15 km/h (4,17 m/sec)

Τα έντονα παλιρροιακά φαινόμενα και το υπάρχον υψηλής έντασης παλινδρομικής φοράς θαλάσσιο ρεύμα είναι δύο σημαντικές παράμετροι οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη στην διαστασιολόγηση των έργων του αγωγού εκβολής των λυμάτων.

2.5 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται πολύ κοντά στα όρια της χωρογραφικής περιοχής της Αττικοκυκλαδικής μάζας, η οποία χαρακτηρίζεται από σεισμικές έως μετρίως σεισμικές συνθήκες. Ο χαρακτηρισμός αυτός αποδίδεται με βάση τις μέχρι τώρα ενόργανες και ιστορικές σεισμικές παρατηρήσεις .

Στην ευρεία περιοχή της Αρτάκης ο εκδηλούμενος τεκτονισμός συνίσταται σε γεωλογικώς παλαιά ρήγματα τα οποία δεν φαίνονται να υποκρύπτουν τάσεις ανάδρασης και επομένως να καταστούν γενέτειρες σεισμών.

Σύμφωνα με τον Νέο Ελληνικό Κανονισμό (ΝΕΑΚ) η περιοχή μελέτης εντάσσεται στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας (II) η οποία στο γενικό της πλαίσιο χαρακτηρίζεται από σεισμική επιτάχυνση $\alpha = 0,24$.

Ιστορικά εξεταζόμενη η περιοχή, δεν έχει επιδείξει σημαντική σεισμική δραστηριότητα στο παρελθόν.

2.6 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην ευρύτερη περιοχή των υπό μελέτη αποχετευτικών έργων θέση έρευνας, η γεωλογική σύσταση αποτελείται από ιζήματα τεταρτογενούς ηλικίας αμμοαργιλλώδη σε μικτή φάση αλλουβιακής και παράκτιας ιζηματογένεσης, ενώ το υπόβαθρο αποτελείται από κρητιδικούς λέπτο- έως μέσο-στρωματώδεις ασβεστόλιθους.

Στα πλαίσια του προγράμματος των γεωτεχνικών ερευνητικών δειγματοληψιών της μελέτης έγινε η γεώτρηση Γ4 στη θέση εισόδου του υποθαλάσσιου αγωγού στη θάλασσα, πλησίον της περιοχής του υδροβιότοπου του Κολοβρέχτη. Η διαπιστωθείσα στρωματογραφία του υπεδάφους στην συγκεκριμένη θέση παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Α/Α	ΒΑΘΟΣ	ΠΑΧΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
I	0,00-0,50	0,50	Τεχνικές αποθέσεις (μπάζα)
II	0,50-5,50	5,00	Καστανή ιλυώδης άμμος
III	5,50-14,00	5,50	Τεφρή ισχνή άργιλος με άμμο
IV	14,00-15,00	6,00	Αργιλώδης Άμμος με Χαλίκια

Λόγω των χαμηλών κρούσεων στη δοκιμή SPT στο βάθος θεμελίωσης του φρεατίου φόρτισης του υποθαλάσσιου αγωγού (2.00μ) που μετρήθηκαν στην γεώτρηση Γ4 (N=4) όσο και σε μεγαλύτερα βάθη και λόγω της παρουσίας του νερού σε βάθος 0.80μ, θα προτείνεται η μέθοδος θεμελίωσης με γενική κοιτόστρωση σε βάθος 2.00μ, επί εξυγιαντικής λιθοριπής πάχους 0.25μ.

Η τάση σχεδιασμού για ανεκτές καθιζήσεις (99mm) προέκυψε κατά την γεωτεχνική μελέτη : $150\text{kPa} = 1,5\text{kg/cm}^2 = 15\text{ton/m}^2$

Στην συγκεκριμένη θέση της γεώτρησης Γ4 το έδαφος εντάσσεται στη κατηγορία των γαιών δυνάμενο να εκσκαφτεί με μηχανικό εκσκαφέα έως το βάθος των 2μ.

Από την ανάλυση ρευστοποίησης προέκυψε ότι είναι πιθανή η ρευστοποίηση των εδαφικών στρώσεων που βρίσκονται σε βάθος μεγαλύτερο των 6μ για πιθανό μέγεθος σεισμού 5,5R.

- Έδαφος θεμελίωσης: SM
- Βάθος υδροστατικής στάθμης: 1.20m
- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας N. Ευβοίας, Δ. Δίρφης - Μεσσαπίων κατά ΕΑΚ: I
- Αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση κατά ΕΑΚ: $\alpha=0.16g$
- Χαρακτηρισμός του εδάφους κατά ΕΑΚ: Γ «στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ».
- Παράμετροι διατμητικής αντοχής: Συνοχή $c'=0kPa$, Γωνία τριβής $\phi'=32^\circ$
- Αριθμός κρούσεων της SPT στο βάθος θεμελίωσης: $N=4$
- Μέτρο ελαστικότητας: $E=1100ton/m^2$
- Επιτρεπόμενη τάση: $1.5kg/cm^2 = 150kN/m^2$
- Καθιζήσεις: (99mm) ανεκτές
- Μοναδιαίος δείκτης εδάφους : $k_1=12600kN/m^3$
- Ενδεικτικός δείκτης εδάφους για $B \times L = 5m \times 10m$: $K=10500 kN/m^3$

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

3.1 ΓΕΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Στον σχεδιασμό έργων υποθαλάσσιας διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων και κυρίως στον έλεγχο διάχυσης – διασποράς, εφόσον έχει προβλεφθεί η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών στον σχεδιασμό και την κατασκευή των ΕΕΛ (και τούτο στην υπό μελέτη περίπτωση έχει ικανοποιηθεί) η μόνη παράμετρος, για την οποία γίνεται έλεγχος είναι τα ολικά καλοβακτηριοειδή (Total Coliforms).

Το νομικό καθεστώς, το οποίο διέπει τον τρόπο διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η με Αρ.Πρ. ΟΙΚ 11636/30-11-2006 Απόφαση του Νομάρχη Ευβοίας, με την οποία καθορίζεται και χαρακτηρίζεται ο αποδέκτης διάθεσης των συγκεκριμένων λυμάτων.

Στην συγκεκριμένη απόφαση καθορίζονται τα ακόλουθα :

- Αποδέκτης διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων της Ε.Ε.Λ. χαρακτηρίζεται η θαλάσσια περιοχή στην εκβολή του υγροβιότοπου «Κολοβρέχτη» στα όρια των Δήμων Ν. Αρτάκης και Μεσσαπίων.
- Οι όροι διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων καθορίζονται από:
 - Την Ε1β/221/65 Υγειονομική διάταξη
 - Την 91/271/ΕΟΚ οδηγία
 - Την 19640/14-11-79 Διανομαρχιακή Απόφαση «Περί διαθέσεως υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων στον Βόρειο και Νότιο Ευβοϊκό κόλπο κλπ.»
- Ως ανώτερης τάξης χρήση των υδάτων του αποδέκτη καθορίζεται η σύμφωνα με το Άρθρο 4, §2, εδάφιο 2.2 «Ύδατα δια κολύμβηση και πάσα ετέρα χρήση πλην αλιείας εδωδίων οστρακόδερμων» της Ε1β/221/65 Υγειονομικής διάταξης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής :

- Αρμόδια για τα όρια ολικών κολοβακτηριοειδών είναι η Ε1β/221/65 Υγειονομική διάταξη.
- Με βάση την ανωτέρω Διάταξη και για την θεσπιζόμενη ανώτερης τάξης χρήση των υδάτων του αποδέκτη ο αριθμός των ολικών κολοβακτηριοειδων, που θα πρέπει να περιέχουν τα ύδατα ώστε να είναι κατάλληλα για κολύμβηση είναι τα 50TC/100ml κατά μέγιστο.

Εδώ θα πρέπει να τονισθεί το εξής :

- Τα επεξεργασμένα λύματα μετά την απολύμανση στις Ε.Ε.Λ. θα πρέπει να περιέχουν (κατά μέγιστο) 500TC/100ml. Με αυτόν τον αριθμό θα πρέπει να γίνει έλεγχος διάχυσης – διασποράς ώστε να προκύψει το αναγκαίο μήκος και βάθος του υποθαλάσσιου αγωγού, προκειμένου στην ακτή να έχουμε < 50 TC/100ml όταν οι εγκαταστάσεις λειτουργούν κανονικά (δεν υφίσταται ατυχηματική βλάβη). Άρα στο φρεάτιο φόρτισης (Φ.Φ.) οι μετρήσεις των TC θα πρέπει να δίνουν τιμές μικρότερες των 500 TC/100ml.

Η αξιόπιστη υδραυλική λειτουργία του έργου θεωρήθηκε ως η βασική αρχή κατά το σχεδιασμό του. Σύμφωνα με την εμπειρία χωρών, που λειτουργούν υποβρυχίους αγωγούς εκβολής εδώ και αρκετά χρόνια, ένας συχνός λόγος αστοχίας παρόμοιων έργων, είναι η κακή εκτίμηση των υδραυλικών συνθηκών που θα επικρατήσουν κατά τη διάρκεια των ετών λειτουργίας του έργου.

Στην παρούσα μελέτη προτιμήθηκε η απλότητα και ο συντηρητικός σχεδιασμός, άσχετα αν προϋποθέτουν κάποιο υψηλότερο κόστος κατασκευής, διότι το απαιτούν τόσο η ποικιλία των συνθηκών κάτω από τις οποίες προβλέπεται να λειτουργήσει το έργο όσο και η ευαισθησία για τον χαρακτήρα που αποκτά η περιοχή με την παρουσία των έργων βιολογικού καθαρισμού.

Αποκλείστηκε η χρήση οποιασδήποτε υδραυλικής συσκευής (π.χ. εξαερωτικές συσκευές) κατά μήκος του αγωγού, διότι η απαίτηση συντήρησης και αντικατάστασης, αφ' ενός δεν εξασφαλίζει συνέχεια στη λειτουργία του έργου και αφ' ετέρου, δεν είναι εγγυημένη πάντοτε η αξιόπιστη λειτουργία της και πολύ συχνά μπορεί να προκαλέσει περισσότερα προβλήματα από όσα λύνει.

Κρίσιμης σημασίας, για την καλή, λειτουργία του έργου θεωρήθηκε η τοποθέτηση του αγωγού κατάντη του Φ.Φ., σε όλο το μήκος του, κάτω από την ελάχιστη στάθμη θαλάσσης, ώστε να μη μένει ο αγωγός εκτεθειμένος στον κίνδυνο εισαγωγής αέρα.

Η κατασκευή ενός ρηχού φρεατίου φόρτισης με πυθμένα σε ένα υψόμετρο πάνω από τη στάθμη της θάλασσας (κατώτατη ρηχία) και η εν συνεχεία χάραξη του αγωγού σε αβαθές σκάμμα, απορρίφθηκε για τους εξής λόγους:

- α. Στην περίπτωση πλήρους διακοπής της ροής (περίοδοι παύσης παροχέτευσης), η στάθμη του υδραυλικού φορτίου θα βρίσκεται χαμηλότερα από τη στάθμη πυθμένα του φρεατίου φόρτισης, με άμεσο αποτέλεσμα σε περίπτωση απότομης εισόδου λυμάτων

στο φρεάτιο (που είναι πολύ πιθανό) να εγκλωβισθεί αξιόλογη ποσότητα αέρα στον υποθαλάσσιο αγωγό, που μπορεί στη συνέχεια να μειώσει τη διοχετευτικότητα του αγωγού, να δημιουργήσει αστάθειες στη ροή και πιθανή υπερχειλίση στο φρεάτιο. Τα μέτρα που συνήθως προβλέπονται για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου είναι μηχανικά και συγκεκριμένα συχνά εγκαθίσταται ηλεκτροκίνητη βάννα στην κεφαλή του αγωγού η οποία ενεργοποιείται με σχετικό σήμα μόλις η στάθμη κατέβει χαμηλότερα από την άντυγα του αγωγού επιχειρώντας να τον κλείσει αεροστεγώς. Ο αυτοματισμός αυτός δεν είναι εγγυημένο ότι θα λειτουργεί άψογα πάντοτε και σε περίπτωση φυσιολογικής βλάβης ή ανθρώπινου λάθους, ο κίνδυνος εισαγωγής αέρα είναι υπαρκτός. Επίσης, η στεγανότητα που παρέχουν οι βάννες του εμπορίου δεν είναι εγγυημένη για πολλά χρόνια, ούτε αποκλείεται η τυχόν εμπλοκή κάποιου στερεού στο σημείο επαφής κατά το κλείσιμο της βάννας, οπότε μια συστηματική διαρροή θα οδηγούσε σε εισαγωγή φουσαλίδων αέρα, η οποία προοδευτικά θα δημιουργούσε ανάλογα προβλήματα.

Τέλος, τονίζεται ότι με τον τρόπο αυτό η λειτουργία του αγωγού είναι διακοπτόμενη, πράγμα που αυξάνει τον κίνδυνο εισαγωγής θαλάσσιου νερού στο διαχυτήρα όταν η παροχή είναι μηδενική.

- β. Κρίθηκε, ότι η χρήση συσκευών εξαγωγής αέρα δεδομένης και της τοπογραφικής διαμόρφωσης, δεν εξασφαλίζει το έργο απόλυτα, αντίθετα θα πρόσθετε ανάγκες συντήρησης και επίβλεψης.
- γ. Η κατασκευή φρεατίου φόρτισης με υψηλότερη στάθμη πυθμένα, απαιτεί πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις (διπλάσια περίπου διάμετρο), για να επιτυγχάνονται οι ίδιες συνθήκες αυτοκαθαρισμού στον αγωγό εκβολής.

3.2 ΠΑΡΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Στην παρούσα μελέτη ενδιαφέρουν οι μέγιστες ωριαίες παροχές για τον μέγιστο πληθυσμό σχεδιασμού (40ετία).

Στα πλαίσια της μελέτης θα γίνει πρόβλεψη για την απαιτούμενη επέκταση του συνόλου των έργων ώστε να καλυφθούν οι τελικές ανάγκες της 40ετίας για όλους τους εξυπηρετούμενους οικισμούς δηλαδή Ψαχνά, Καστέλα και Πολιτικά. Τα έργα υποθαλάσσιας διάθεσης θα κατασκευασθούν εξ αρχής για αυξημένη δυναμικότητα αλλά με πολύ μικρή επίπτωση στο τελικό κόστος των έργων. Η εκ των υστέρων επέκταση για τις μελλοντικές ανάγκες είναι δυσανάλογα δαπανηρή και κυρίως δυσχερής από λειτουργικής άποψης.

Με βάση τα στοιχεία της μελέτης της ΕΕΛ ο αποχετευόμενος πληθυσμός κατά την Β' φάση της 40ετίας (οικισμοί Ψαχνών, Καστέλλας και Πολιτικών) ανέρχεται σε 19.695ι.κ. (40ετία, Ψ+Κ+Π) και η συνολική παροχή αιχμής στην εγκατάσταση εκτιμάται σε 454,82 m³/hr. Με την παροχή αυτή θα διαστασιολογηθεί ο αγωγός υποθαλάσσιας διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων.

3.3 ΦΡΕΑΤΙΟ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Το φρεάτιο φόρτισης κατασκευάζεται στην ακτογραμμή όπου καταλήγει ο αγωγός του αντλιοστασίου επεξεργασμένων λυμάτων. Ο πυθμένας του (άνω πλευρά) τοποθετείται στο -1,60 m ώστε να εξασφαλίζεται η πλήρης και μόνιμη βύθιση του υποθαλάσσιου αγωγού. Το φρεάτιο φόρτισης έχει διαστάσεις κατόψεως (εσωτερικές) 2,10 m x 3,80m και αποτελείται από δύο θαλάμους που διαχωρίζονται μεταξύ τους με κατακόρυφο τοίχιο ύψους 5,60m η στέψη του οποίου ευρίσκεται στη στάθμη +4,00 και έχει τον ρόλο υπερχειλιστή. Τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν με τον αγωγό του αντλιοστασίου στον πυθμένα του πρώτου θαλάμου του φρεατίου φόρτισης. Ο θάλαμος αυτός είναι μόνιμως πλήρης μέχρι την στέψη +4,00 του υπερχειλιστή. Η μόνιμα υπερκείμενη αυτή στήλη ύδατος ύψους 3,40m συντελεί στην απόσβεση της ενέργειας της εισερχόμενης υδάτινης φλέβας, η οποία σε αντίθετη περίπτωση θα προσέκρουε με ορμή στα τοιχώματα η την οροφή του φρεατίου και θα τους προξενούσε (σε βάθος χρόνου) φθορές και διάβρωση. Στη συνέχεια τα λύματα υπερχειλίζουν στον δεύτερο θάλαμο του φρεατίου όπου ευρίσκεται η είσοδος του αγωγού υποθαλάσσιας διάθεσης. Η οροφή του φρεατίου φόρτισης ευρίσκεται στην στάθμη +6,00 και είναι κατά το ήμισυ καλυμμένη με πλάκα σκυροδέματος. Στο ανοικτό τμήμα της οροφής τοποθετείται αφαιρούμενη μεταλλική εσχάρα ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση στο εσωτερικό του. Για την κάθοδο του προσωπικού συντήρησης εντός του φρεατίου προβλέπονται και στους δύο θαλάμους αυτού χυτοσιδηρές βαθμίδες.

Ανάντι του φρεατίου φόρτισης και σε επαφή με αυτό, ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο κατασκευαστικά σύνολο, θα κατασκευαστεί το κατάντι φρεάτιο δικλείδων του καταθλιπτικού αγωγού επεξεργασμένων λυμάτων. Η συνολική κατασκευή φρεατίου φόρτισης και του φρεατίου δικλείδων θα έχει διαστάσεις κάτοψης (εξωτερικές) 11,00 m x 3,20m.

3.4 ΑΓΩΓΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

3.4.1 Γενικά

Ο αγωγός εκβολής εκτείνεται μέχρι απόστασης 770 m από το φρεάτιο φόρτισης, όπου και εντοπίζεται η αρχή του διαχυτήρα, καθώς σε τόση απόσταση συναντάται το απαιτούμενο βάθος (- 12,0 m).

Ο αγωγός αυτός κατασκευάζεται από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) με ονομαστική πίεση 10 atm. (PN 10) και ονομαστική διάμετρο 400 χιλιοστών (εσωτερική διάμετρος: $D_{εσ.} = 400 - 2 \times 23,70 = 352,60 \text{ mm}$)

Στην παράκτια ζώνη και μέχρι βάθους θαλάσσης -4,0 m, ο αγωγός προστατεύεται με θωράκιση, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο θωράκισης.

3.4.2 Επιλογή υλικού κατασκευής και διαμέτρου

Τα υλικά και οι αντοχές του υλικού του αγωγού επιλέγονται περισσότερο σύμφωνα με τις κατασκευαστικές συνθήκες παρά με τις συνθήκες λειτουργίας. Βασική επιλογή του σωλήνα γίνεται με βάση τον τρόπο πόντισης του αγωγού.

Για χαμηλές εσωτερικές πιέσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από HDPE (πλαστικοί σωλήνες από πολυαιθυλένιο υψηλής ποιότητας).

Η χρησιμοποίηση των αγωγών από HDPE προσφέρουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Μικρό βάρος
 - Μικρό κόστος μεταφοράς
 - Εύκολη εγκατάσταση
 - Ικανοποιητική μηχανική αντοχή
 - Υψηλή αντοχή σε τριβή και στις μηχανικές καταπονήσεις
 - Μεγάλη διάρκεια ζωής σε διαβρωτικό περιβάλλον
 - Απρόσβλητος από οστρακοειδή και άλλους υδρόβιους οργανισμούς
 - Ευκαμψία με αποτέλεσμα να μπορεί να παρακολουθήσει τις ανωμαλίες του βυθού και να σχηματίσει καμπύλες χωρίς την χρησιμοποίηση ειδικών τεμαχίων.
- Πλεονέκτημα αφού η περιοχή παρουσιάζει έντονη σεισμικότητα με ρήγματα

Στο εμπόριο προσφέρονται αγωγοί στις μεγάλες διαμέτρους σε μήκη 12,0 m. Τα μήκη αυτά συνδέονται στην ξηρά και στον χώρο του εργοταξίου σε μεγαλύτερα τμήματα

(καλάμια). Η σύνδεση των επί μέρους τμημάτων γίνεται με αυτογενή συγκόλληση (θερμοσυγκόλληση) η οποία και δεν παρουσιάζει τρωτά σημεία στην διάβρωση.

Ο αγωγός εκβολής θα κατασκευαστεί από HDPE Φ400 10 ATM και θα αρχίζει από το φρεάτιο φόρτισης.

Κύρια εξέταση του υποθαλάσσιου αγωγού μεταφοράς θα πρέπει να γίνει :

- στην φόρτιση του BUCKLING STRENGTH (διάρρηξη αγωγού από την εξωτερική πίεση) στην φάση της πόντισης αλλά και στην φάση λειτουργίας
- στην φάση καθέλκυσης και πόντισης από την αναπτυσσόμενη καμπυλότητα τύπου S
- στην φάση καθέλκυσης από την ελκτική δύναμη

Με βάση την εξέταση που έγινε για την φόρτιση BUCKLING STRENGTH στον αγωγό HDPE Φ400 διαπιστώθηκε ότι η κλάση 10 ATM είναι αρκετή με μεγάλο συντελεστή ασφαλείας.

3.4.3 Τραχύτητα αγωγού

Η μέγιστη στάθμη των λυμάτων στο φρεάτιο φόρτισης του αγωγού εκβολής, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τραχύτητα του αγωγού, κατά συνέπεια η εκτίμηση της τραχύτητας στη φάση της μελέτης αποκτά κρίσιμη σημασία.

Οι κατασκευαστές σωλήνων και κύρια των σωλήνων από συνθετικά υλικά (UPVC, GRP, HDPE), δίνουν τραχύτητες πολύ χαμηλές προβάλλοντας το λείο τοίχωμα των σωλήνων σαν μεγάλο πλεονέκτημα έναντι άλλων υλικών. Η πραγματικότητα όμως είναι διαφορετική, διότι οι τιμές που προτείνουν οι κατασκευαστές τις περισσότερες φορές αντιστοιχούν σε καινούργιους σωλήνες για μεταφορά καθαρού νερού.

Όταν πρόκειται για μεταφορά λυμάτων και μάλιστα ύστερα από αρκετά χρόνια λειτουργίας, στα τοιχώματα των αγωγών δημιουργείται γλοιώδης επίστρωση, που τείνει να δημιουργήσει ισοδύναμη τραχύτητα σε όλων των ειδών τους αγωγούς.

Οι πολλοί αρμοί, οι εναποθέσεις μέσα στον αγωγό και ειδικά για τους υποβρύχιους αγωγούς, η είσοδος θαλάσσιου νερού με υδρόβιους μικροοργανισμούς είναι παράγοντες που μπορεί να αυξήσουν την πραγματική τραχύτητα του αγωγού.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η μέγιστη ταχύτητα μέσα στον αγωγό είναι αυτή που προσδιορίζει το σχηματισμό επιστρώσεων, τη δημιουργία εναποθέσεων, την είσοδο θάλασσας κλπ. Επομένως, όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα έκπλυσης του αγωγού, τόσο μικρότερη τραχύτητα μπορεί να θεωρηθεί.

Σύμφωνα με το σχεδιασμό που έχει επιλεγεί οι αναμενόμενες μέγιστες ταχύτητες είναι πολύ ικανοποιητικές, ενώ πρέπει να ομολογηθεί ότι οι σωλήνες από HDPE παρουσιάζουν πολύ καλύτερη αντίσταση στη δημιουργία επιστρώσεων λόγω της πολύ λείας επιφάνειας που διαθέτουν. Επίσης πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ότι τα μεταφερόμενα λύματα θα έχουν υποστεί δευτεροβάθμιο καθαρισμό και θα είναι απαλλαγμένα από αιωρούμενα στερεά, λιπαρές και ελαιώδεις ουσίες που ευνοούν τις εναποθέσεις και τη δημιουργία γλοιώδους επίστρωσης.

Για τους υπολογισμούς θα ληφθεί τραχύτητα $K_s = 0,12 \text{ mm}$.

3.4.4 Ποιότητα σωλήνων

Οι σωλήνες που θα χρησιμοποιηθούν από πολυαιθυλένιο θα πληρούν κατ' ελάχιστον τις απαιτήσεις των προτύπων :

- DIN 16934 ως προς την χημική αντοχή των σωλήνων
- DIN 8074 ως προς τις διαστάσεις των σωλήνων
- DIN 8075 ως προς τις γενικές απαιτήσεις ποιότητας και μεθόδους δοκιμής
- DIN 16932 για τις θερμοσυγκολλήσεις και εν γένει τις Τεχνικές Προδιαγραφές του έργου.

3.4.5 Υποθαλάσσιο τμήμα του αγωγού εκβολής

Το υποθαλάσσιο τμήμα του αγωγού εκβολής εκτείνεται μέχρι απόστασης 750m από την ακτογραμμή (770 m από το φρεάτιο φόρτισης), όπου και εντοπίζεται η αρχή του διαχυτήρα σε βάθος -12,00m.

Ο αγωγός μετά την έξοδο του φρεατίου φόρτισης προβλέπεται να τοποθετηθεί σε στάθμη κάτω άντυγας -1.50 m (από Μέση Στάθμη Θαλάσσης) ή -0,80m (από Κατώτατης Ρηχίας).

Στην παράκτια ζώνη και μέχρι βάθους θαλάσσης -4,00m (λόγω κυματισμού) ο αγωγός προστατεύεται με θωράκιση όπως αναλυτικά περιγράφεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο θωράκισης .

3.4.6 Περιγραφή κατασκευής και πόντισης του υποθαλάσσιου αγωγού

3.4.6.1 Εισαγωγή – Προμήθεια και μεταφορά σωλήνων

Η επιλεγείσα διατομή του υποθαλάσσιου αγωγού είναι $\varnothing 400$. Η διατομή του διαχυτήρα (σε γωνία 90° με τον αγωγό) θα είναι $\varnothing 315$ για τα πρώτα 6,50 m κάθε σκέλους του και στη συνέχεια θα μειώνεται σε $\varnothing 225$ για τα τελευταία 7,50 m κάθε σκέλους. Η επιλογή αυτή έγινε μετά την εκπόνηση των υδραυλικών υπολογισμών και την εκτίμηση των απωλειών εντός του υποθαλάσσιου αγωγού.

Οι σωλήνες έρχονται σε τεμάχια των 12,0 m τα οποία συγκολλούνται αυτογενώς με την μέθοδο θερμοσυγκόλλησης (butt – welding).

3.4.6.2 Συγκόλληση και προπαρασκευή σωλήνων

Γενικά πρέπει να γίνεται επιμελημένος καθαρισμός των επιφανειών καθώς επίσης και πλάνισμα με αμφίπλευρη πλάνη ώστε η επαφή των επιφανειών προς συγκόλληση να είναι πλήρης (επιτρέπεται κενό μεταξύ των δυο "προσώπων" των σωλήνων μέχρι 0,5 m).

Η θερμοκρασία της πλάκας θερμοσυγκόλλησης που θερμαίνει τα δυο "πρόσωπα" των σωλήνων δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 220°C το χειμώνα και να μην είναι κατώτερη των 185°C το καλοκαίρι.

Η συμπίεση μεταξύ των "προσώπων" των σωλήνων και της πλάκας θερμοσυγκόλλησης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 15,0 N/mm².

Το περιμετρικό κορδόνι που σχηματίζεται από την πλαστικοποίηση των σωλήνων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 mm.

Η διαδικασία της θερμοσυγκόλλησης επηρεάζεται έντονα από το ψύχος και τον αέρα.

Οι επιλογές οι οποίες είναι απαραίτητες για την έντεχνη και άρτια κατασκευή του έργου είναι κατά σειρά :

- Τα μήκη των σωλήνων που θερμοσυγκολλούνται σε ενιαίο τμήμα («καλάμια») να μην υπερβαίνουν τα 60 m.
- Οι συνδέσεις ανάμεσα στα ενιαία τμήματα οι οποίες γίνονται με φλάντζες και μπουλόνια (τα οποία θα είναι ανοξειδωτα και θα δεν υφίστανται, διάβρωση από την θάλασσα), να πραγματοποιούνται είτε σε πλήρη πλευστότητα των τμημάτων ή σε υπόπλευση μέχρι το πολύ 2 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Η διαμόρφωση του πυθμένα όπου εδράζεται ο αγωγός να έχει συνεχή κλίση και να μην κάνει απότομες αλλαγές κλίσης διότι στα σημεία με απότομη κλίση δημιουργούνται θύλακες αέρα οι οποίοι μπορούν να δημιουργήσουν δυνάμεις ανώσεως που θα υπερβαίνουν κατά πολύ τα βάρη που συγκρατούν τον αγωγό.
- Το τμήμα του αγωγού που λειτουργεί ως διαχυτήρας κατασκευάζεται ανεξάρτητο από τον υπόλοιπο αγωγό, με φλάντζα στο άκρο του ώστε να ενωθεί με τον υπόλοιπο αγωγό και τυφλή φλάντζα στο άλλο άκρο του που χρησιμεύει ως τάπα καθαρισμού του αγωγού.

Ομοίως δια θερμοσυγκολλησεως σωλήνων από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο θα διαμορφωθούν και τα απαιτούμενα ειδικά τεμάχια (σωλήνες με επιστόμια για τον διαχυτήρα, συστολές κ.ά).

Οι θερμοσυγκολλήσεις θα γίνουν από έμπειρο προσωπικό σύμφωνα με τους κανόνες της τεχνικής, όπως προκύπτουν από διεθνώς αναγνωρισμένα σχετικά πρότυπα όπως π.χ. η προδιαγραφή του Ολλανδικού Ινστιτούτου Συγκολλησεως (Welding) – N.I.L. "Προδιαγραφή για την σύνδεση πλαστικών σωλήνων", Γερμανικό πρότυπο DIN 4279 (τμήμα 1 και 8) .

Τα επιστόμια του διαχυτήρα θα διαμορφωθούν υπό μορφή ως εξής:

- Κάθε επιστόμιο (διαχύτης) θα φέρει και στα δυο άκρα του φλάντζες από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, πίεσεως 10 atm.
- Στις θέσεις που προβλέπονται τα επιστόμια, θα έχουν τοποθετηθεί δια θερμοσυγκολλησεως επί του διαχυτήρα κατάλληλες υποδοχές από σωλήνες της αυτής διαμέτρου και πάχους όπως τα επιστόμια (διαχύτες), μήκους 60 cm μετρούμενου από την εξωτερική παρειά του διαχυτήρα.
- Στην ένωση με το διαχυτήρα θα έχει ανοιχθεί οπή στον σωλήνα του διαχυτήρα ίσης διαμέτρου με την εσωτερική διάμετρο του επιστομίου.
- Κάθε επιστόμιο θα είναι εφοδιασμένο με πώμα από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο. Το πώμα θα είναι κυκλικό, επίπεδο πάχους τουλάχιστον 20 mm και διαμέτρου ίσης με την εξωτερική διάμετρο των φλαντζών των επιστομίων και θα φέρει οπές αντίστοιχες με τις φλάντζες, ώστε οποτεδήποτε κριθεί σκόπιμο να μπορούν να σφραγισθούν ένα ή περισσότερα επιστόμια ειδικότερα όταν αρχικά ο υποθαλάσσιος αγωγός λειτουργεί με χαμηλά υδραυλικά φορτία.
- Κάθε τέτοιο πώμα θα είναι εφοδιασμένο με τα αντίστοιχα ανοξεϊδωτα μπουλόνια καταλλήλου αντοχής.
- Τα δια θερμοσυγκολλησεως σχηματιζόμενα τμήματα του αγωγού θα υφίστανται προς της ποντίσεως τους δοκιμή πίεσεως.
- Τα επιστόμια είναι τέτοιας μορφής, τόσα σε αριθμό και με τέτοια διάταξη έτσι ώστε να επιτυγχάνεται κατάλληλη αρχική αραίωση των λυμάτων και να μη προκύπτει αλληλεπίδραση των φλεβών.
- Οι θερμοσυγκολλήσεις θα γίνουν σε προστατευμένο από βροχή και ανέμους χώρο.

Συνοψίζοντας η κατασκευή του έργου προβλέπεται να γίνει ως εξής:

Θα διαμορφωθεί χώρος, κοντά στην θέση πόντισης του αγωγού ώστε να μπορούν να εκτελεστούν οι εργασίες συγκόλλησης και προπαρασκευής των σωλήνων.

Μετά την άφιξη του υλικού (σωλήνων HDPE, εξαρτημάτων κ.λ.π.), θα αρχίσει η συγκόλληση. Παράλληλα θα κατασκευαστούν τα έρματα στα οποία θα χρησιμοποιηθούν καλούπια (μεταλλότυποι) και τα οποία έχουν ενσωματωμένα και τους οδηγούς για τις ντίζες και το καλούπι του αγωγού και τα οποία θα χρησιμοποιούνται μόνον στο διαχυτήρα.

Οι σωλήνες θα μορφωθούν με αυτογενή θερμοσυγκόλληση σε τμήματα των 60 m («καλάμια»). Επομένως θα χρειασθούν 13 «καλάμια» και ο διαχυτήρας.

Στα δύο άκρα θα κολληθούν λαιμοί φλαντζών από πολυαιθυλένιο, αφού προηγουμένως έχουν περαστεί οι ανοξείδωτες χαλύβδινες φλάντζες. Τα άκρα θα κλειστούν με ανοξείδωτες τυφλές φλάντζες στις οποίες θα είναι προσαρμοσμένες κατάλληλες βαλβίδες δια των οποίων είναι δυνατόν να ελεγχθεί η είσοδος του νερού και η έξοδος του αέρα. Επίσης, πάντοτε στην ξηρά, θα προσαρμοστούν στο καλάμι τα έρματα ανά 4,0 m.

3.4.6.3 Εκσκαφή της τάφρου

Για λόγους προστασίας, που αναφέρθηκαν προηγουμένως προβλέπεται η εγκατάσταση του αγωγού εντός ορύγματος διατομής τύπου Α στα πρώτα 280,00 m , διατομής τύπου Β για τα επόμενα 260,00 m , διατομής τύπου Γ για τα επόμενα 80,00 m και διατομής τύπου Δ για τα τελευταία 150,00m, ενώ για τον διαχυτήρα, μήκους 30,0 m , διαμορφώνεται σκάμμα, όπως φαίνεται στη διατομή τύπου Ε.

Για την αποφυγή τραυματισμών του HDPE στον πυθμένα της εκσκαπτόμενης τάφρου προβλέπεται στρώση με αμμοχάλικο έδρασης (3Α) πάχους 0,20 m κατ' ελάχιστο. Μετά την τοποθέτηση του αγωγού θα ακολουθήσει επικάλυψη με αμμοχάλικο στις περιπτώσεις των διατομών Α, Β και Δ και επικάλυψη με σακκόλιθους σκυροδέματος στις περιπτώσεις της διατομής Γ και του διαχυτήρα (Διατομή Ε). Επάνω από την επικάλυψη διαστρώνεται προστατευτική στρώση λιθορριπής μέχρι αρχικής στάθμης φυσικού πυθμένα στις διατομές Α, Β και Γ.

3.4.6.4 Πόντιση

Ο αγωγός με τα έρματα θα καθελκυστεί και θα επιπλέει με τη βοήθεια πλωτήρων.

Στη συνέχεια, ελκόμενος από πλωτό μέσο θα οδηγηθεί πάνω από τη θέση όπου θα ποντιστεί. Η πόντιση θα γίνει με εισαγωγή νερού από τη μια βαλβίδα και με διαφυγή του αέρα από τη βαλβίδα της τυφλής φλάντζας που θα βρίσκεται στο άκρο που θα βρίσκεται κοντά το πλωτό μέσο, το οποίο για το σκοπό αυτό θα διατηρεί το άκρο αυτό σε κάποιο ύψος πάνω από την επιφάνεια του νερού.

Συγχρόνως θα αφαιρούνται βαθμιαία και οι πλωτήρες.

Θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην δημιουργηθούν κενά τμήματα του αγωγού κάτω από τη στάθμη του νερού, να μην δημιουργηθούν στον αγωγό καμπυλότητες πάνω από 40 φορές τη διάμετρο του και να έχει ο αγωγός πάντοτε κλίση προς τα πάνω, ώστε να μην παγιδευτεί αέρας. Η δημιουργία καμπύλης σχήματος « S » θα αποφευχθεί απολύτως. Η όλη διαδικασία θα παρακολουθείται και θα καθοδηγείται από συνεργείο δυτών. Όταν το τμήμα του αγωγού θα έχει επικαθίσει (διά των ερμάτων) στον πυθμένα του ορύγματος, στον οποίο θα έχει προηγουμένως διαστρωθεί υλικό 3Α πάχους 0,20 m, στη σωστή του θέση, τότε θα αφαιρούνται οι τυφλές φλάντζες και το τμήμα θα συνδέεται με την ανοξειδωτή χαλύβδινη φλάντζα του ανάντι άκρου του με την αντίστοιχη φλάντζα του κατάντη άκρου του προηγουμένου τμήματος που θα έχει ήδη ποντιστεί, με ανοξειδωτά μπουλόνια.

3.4.6.5 Οργάνωση εργοταξίου

Η θερμοκόλληση των αγωγών θα γίνει στην ξηρά και συγκεκριμένα στην παράπλευρη χερσαία ζώνη της παραλίας Κολοβρέχτη, όπου κάθε κομμάτι, μήκους 60 m μεταφέρεται, με την βοήθεια κατάλληλου μηχανήματος (JCB).

Τα έρματα κατασκευάζονται επίσης στην ξηρά και με την βοήθεια ελαφρού ανυψωτικού μηχανήματος (JCB) μεταφέρονται κοντά στον αγωγό όπου γίνεται η συναρμολόγηση τους στα επιμέρους κομμάτια του αγωγού.

Τα έτοιμα κομμάτια ρυμουλκούνται και ποντίζονται, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στις προηγούμενες παραγράφους.

3.5 ΔΙΑΧΥΤΗΡΑΣ

3.5.1 Χαρακτηριστικά διαχυτήρα

Ο διαχυτήρας θα είναι παράλληλος προς την ακτογραμμή και κάθετος στον αγωγό, με τον οποίο θα σχηματίζει σχήμα T. Θα έχει μήκος 31,0 m και θα φέρει στην αρχή φλάντζα συγκόλλησης για την σύνδεση με τον υποθαλάσσιο αγωγό και σε κάθε άκρο του θα φέρει φλάντζα τέλους για να είναι δυνατή η έκπλυση του και ο καθαρισμός του.

Η διάμετρος του διαχυτήρα για τα πρώτα 6,50 m κάθε άκρου θα είναι $\varnothing 315$ /HDPE/10Atm ενώ για τα επόμενα 7,50 m θα είναι $\varnothing 225$ /HDPE/10Atm. Η επιλογή της διαμέτρου του αγωγού έγινε έτσι ώστε να εξασφαλιστούν ικανοποιητικές ταχύτητες εντός του αγωγού για την παράσυρση στερεών, ενώ αντίστοιχα η ονομαστική πίεση του για την αντιμετώπιση των υψηλών υδροδυναμικών φορτίων που αναμένεται να αναπτυχθούν κυρίως κατά τη φάση κατασκευής.

Ανά 2,5 m στη ράχη του διαχυτήρα συγκολλούνται κατακόρυφοι σωλήνες (αναμονές) μήκους 60 cm ονομαστικής πίεσης 10Atm στο άκρο των οποίων συγκολλάται ελεύθερη φλάντζα από HDPE .

Στην φλάντζα αυτή, αφού τοποθετηθεί στεγανοποιητικός δακτύλιος βιδώνεται με την βοήθεια, όμοιας με την προηγούμενη, φλάντζας και ανοξειδωτων μπουλονιών M12 το στόμιο εκροής ύψους 40 cm, το οποίο καταλήγει σε λαιμό φλάντζας (HDPE) $\varnothing 110$.

Στα άκρα του διαχυτήρα ο αγωγός κάμπτεται με καμπύλη 30° και εξοπλίζεται με τυφλή φλάντζα με ειδικό στόμιο πλύσης για τον καθαρισμό του διαχυτήρα σε κάθε περίπτωση που τυχόν χρειαστεί.

Η σύνδεση του αγωγού εκβολής – διαχυτήρα προβλέπεται με φλάντζα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ακρίβεια τοποθέτησης (στροφή ώστε τα στόμια ανάδυσης να είναι κατακόρυφα) αλλά και η μελλοντική συντήρηση ή και πιθανή επέκταση ή τροποποίηση του διαχυτήρα.

Το βάθος τοποθέτησης του διαχυτήρα θα είναι στα -12,0 m.

Πάνω από το άκρο του διαχυτήρα θα ποντιστεί σηματοδούρα, η οποία θα είναι καθ' όλα σύμφωνη με τους κανονισμούς και τις υποδείξεις των Λιμενικών Αρχών.

Με τον μελετώμενο διαχυτήρα επιτυγχάνονται ελάχιστες αρχικές αραιώσεις των επεξεργασμένων λυμάτων 68 φορές για την μελετώμενη παροχή.

3.5.2 Ασφάλεια λειτουργίας διαχυτήρα

3.5.2.1 Προστασία διαχυτήρα από σύρση ή πρόσκρουση αντικειμένων

Επιλέχθηκε η λύση του επιχωμένου διαχυτήρα, για να αποφευχθεί ο κίνδυνος παρασυρμού από τα εργαλεία και τις άγκυρες των αλιευτικών και άλλων σκαφών που διακινούνται στην περιοχή εκβολής, στην περίπτωση που ο εκχυτήρας απλώς επικάθεται στον πυθμένα.

Οι διαχύτες θα ανυψώνονται με σωλήνα (riser) από τη ράχη του αγωγού εκβολής. Με το σύστημα αυτό μειώνονται οι πιθανότητες σοβαρής ζημιάς από τυχόν σύρση ή πρόσκρουση αντικειμένων, αλλά και οποιαδήποτε τυχόν ζημιά θα έχει τοπικό χαρακτήρα και δεν θα βλάψει τη λειτουργία του έργου

3.5.2.2 Προστασία διαχυτών από προσάμμωση

Οι σωλήνες ανύψωσης (risers) θα εξέχουν περί το 1,00 m από τον πυθμένα, ώστε να αντιμετωπισθούν κίνδυνοι από τυχόν προσάμμωση γύρω από τα στόμια. Οι κίνδυνοι προσάμμωσης παρουσιάζονται εντονότατοι στην περίπτωση μη ταφής του διαχυτήρα και εκβολής από στόμια διατεταγμένα στον κορμό του, αφού ο πυθμένας επιδέχεται αιώρηση των λεπτόκοκκων φερτών. Ο σχεδιασμός των ακροφυσίων συντελεί στον αποκλεισμό εισόδου άμμου .

Η πρόβλεψη φλατζωτού πέρατος των διάχυτων έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της μελλοντικής περαιτέρω ανύψωσης των στομιών στην περίπτωση της έντονης αλλαγής τω χαρακτηριστικών του πυθμένα, δηλαδή της προσάμμωσης λόγω στερεομεταφοράς φερτών.

3.5.2.3 Προστασία διαχυτήρα από είσοδο θαλασσίου νερού

Η είσοδος θαλάσσιου νερού στο διαχυτήρα είναι ανεπιθύμητη, διότι μπορεί να οδηγήσει το σύστημα εκβολής σε κακή λειτουργία, τόσο από υδραυλική, όσο και από περιβαλλοντική άποψη. Το κυριότερο πρόβλημα είναι η συμπαράσυρση, με το θαλάσσιο νερό, μικροοργανισμών και άλλων θαλασσίων φερτών μέσα στο διαχυτήρα, με αποτέλεσμα τη βαθμιαία δημιουργία επικαθήσεων.

Η είσοδος θαλάσσιου νερού μπορεί να γίνεται εξ αιτίας των παρακάτω γεγονότων ή συνδυασμού τους :

- Υπολειτουργία μερικών στομιών όταν είναι μικρές οι παροχές.

- Μηδενική παροχή αγωγού, όταν παρεμβάλλονται νεκρά διαστήματα μεταξύ κύκλων τροφοδότησης του φρεατίου φόρτισης (Φ.Φ.).
- Υπερδιαστασιολόγηση διαχυτήρα.
- Ζημιές στους διαχυτήρες.
- Ισχυρά ρεύματα που προσβάλλουν το στόμιο του διαχυτήρα κατά τη διάρκεια μηδενικών παροχών.
- Έντονος κυματισμός πάνω από τα στόμια των διαχυτήρων.

Στην παρούσα μελέτη έχουν ληφθεί μέτρα για την αποφυγή αυτού του ανεπιθύμητου φαινομένου. Έχει ληφθεί μέριμνα, με επιλογή κατάλληλου αριθμού αντλιών ώστε να εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν ότι μία ελάχιστη παροχή θα διέρχεται πάντοτε από τα στόμια.

Η κλίση του διαχυτήρα (σχεδόν μηδενική) και γενικά τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, εξασφαλίζουν σχετικά ομοιόμορφη κατανομή μεταξύ των στομιών για όλες τις παροχές.

Το βάθος τοποθέτησης του διαχυτήρα, δεν προκαλεί κινδύνους για βεβιασμένη είσοδο θαλάσσιου νερού από τα στόμια λόγω κυματισμού.

Υπάρχει αρκετό διαθέσιμο φορτίο για την αποβολή του θαλάσσιου νερού σε περίπτωση που για κάποιους λόγους εισέλθει στον αγωγό. Παρέχεται δυνατότητα εγκατάστασης θυροφράγματος στην κεφαλή του αγωγού που μπορεί περιοδικά να κλείνει για τη δημιουργία φορτίου αυτοκαθαρισμού του αγωγού.

Τα στόμια του διαχυτήρα τοποθετούνται σε αρκετό ύψος από τον πυθμένα, ώστε ακόμη και αν εισέλθει θαλάσσιο νερό, να παρασύρει τα όσο το δυνατόν ελαφρότερα αιωρούμενα στερεά μέσα στον αγωγό, που θα μπορούν αργότερα εύκολα να παρασυρθούν προς τα έξω.

Η απαιτούμενη συνθήκη για αριθμό Froude (Fr , πυκνομετρικός αριθμός Froude) μεγαλύτερο μονάδας εξασφαλίζεται (βλ. υδραυλικούς υπολογισμούς) για το πιο απομακρυσμένο στόμιο.

Θα πρέπει $F_r^j > 1$ για την ελάχιστη παροχή, όπου F_r^j ο πυκνομετρικός αριθμός Froude του στομίου j . Η ικανοποίηση αυτής της σχέσης αποτελεί ελάχιστη απαίτηση για την αποφυγή εισόδου θαλάσσιου νερού κατά τη διάρκεια των ελαχίστων παροχών στο διαχυτήρα.

3.5.2.4 Προστασία του έργου από ιζήματα

Οι επικαθίσεις είναι ανεπιθύμητο φαινόμενο σε ένα υποθαλάσσιο αγωγό καθώς είναι δυνατόν να αναστείλουν ακόμη και τη λειτουργία του.

Οι επικαθίσεις μπορεί να προέρχονται είτε από τα μεταφερόμενα από τον αγωγό λύματα, είτε από στερεά που εισέρχονται εξωτερικά με τους μηχανισμούς που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Στην παρούσα μελέτη προβλέπεται η μεταφορά βιολογικά τριτοβάθμια (διύλιση) επεξεργασμένων λυμάτων και κατά συνέπεια, οι καθιζήσεις που αναμένονται, εξ αιτίας των λυμάτων, μπορεί να θεωρηθούν αμελητέες. Για την αντιμετώπιση απροσδόκητης συσσώρευσης στερεών στο διαχυτήρα και κυρίως στο τελευταίο και πλέον ευαίσθητο τμήμα του, παρέχεται η δυνατότητα καθαρισμού με την τοποθέτηση φλαντζωτού άκρου εφοδιασμένου με στόμιο.

3.5.2.5 Προστασία του έργου από είσοδο αέρα – υδραυλικό πλήγμα

Η είσοδος αέρα στον υποβρύχιο αγωγό πρέπει επίσης να αποφεύγεται, όπως αναφέρεται σε προηγούμενη θέση.

Η είσοδος αέρα, παρ' ότι σε σωλήνες με ευπρόσβλητα στις διαβρώσεις τοιχώματα αποκτά κρίσιμη σημασία, εντούτοις και σε πλαστικούς δύσκολα διαβρώσιμους αγωγούς, όπως αυτός της μελέτης, ενδέχεται να δημιουργήσει προβλήματα. Ο εγκλωβισμός αέρα μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της παροχτευτικότητας και γενικά σε κακή υδραυλική λειτουργία.

Για την αποφυγή εισόδου του αέρα από πλευράς μηκοτομής του έργου πάρθηκαν τα παρακάτω μέτρα:

- Το άνω εσωράχιο του αγωγού, ακριβώς στην έξοδο από το φρεάτιο φόρτισης, για όλες τις συνθήκες φορτίου και παλίρροιες, να είναι βυθισμένο.
- Ο αγωγός έχει σχεδιασθεί με συνεχή κατιούσα κλίση.

4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η διαστασιολόγηση του υποθαλάσσιου αγωγού θα γίνει με βάση τις παρακάτω παροχές:

- Μέγιστη ωριαία παροχή υπολογισμού για την Β΄ φάση της 40ετίας (40ετία, Ψ+Κ+Π). $Q_0 = 454,82 \text{ m}^3/\text{hr}$ ή $126,34 \text{ lt}/\text{sec}$. Με αυτή θα υπολογισθούν οι συνολικές υδραυλικές απώλειες, θα γίνει έλεγχος υπερβάσεως της μέγιστης επιτρεπτής ταχύτητας, ο έλεγχος της διάχυσης και της μικροβιακής μόλυνσης των ακτών, καθώς και ο έλεγχος της λειτουργίας του αγωγού.

Ο υπολογισμός της αρχικής αραίωσης θα γίνει για συνεχή εκροή της μέγιστης παροχής ($Q_0 = 454,82 \text{ m}^3/\text{hr}$) και τις εξής παραδοχές:

- Ομοιογενές και στάσιμο στρώμα ύδατος και βάθος διάχυσης: 12,0 m.
- Πυκνότητα θαλασσινού νερού $\rho_s = 1,030 \text{ kgr}/\text{lt}$
- Πυκνότητα λυμάτων $\rho_0 = 0,998 \text{ kgr}/\text{lt}$

Τα κυριότερα κριτήρια που αφορούν την υδραυλική λειτουργία και την συνολική λειτουργικότητα των υποθαλάσσιων αγωγών είναι τα εξής:

- Παροχή κατά το δυνατόν ισοκατανεμημένη μεταξύ των ακροφυσίων (διαχυτών).
- Μέγιστη ταχύτητα στον αγωγό 2,0 m/sec
- Ελάχιστη ταχύτητα στον αγωγό 0,22 m/sec
- Ενεργός πυκνομετρικός αριθμός Froude για κάθε ακροφύσιο $Fe > 1$, ώστε να αποφεύγεται κατά το δυνατόν εισροή θαλασσινού νερού.
- Κατά μήκος κλίση του αγωγού θετική, ώστε να μην εμφανίζονται σημεία του, όπου μπορεί να συγκεντρωθεί αέρας.
- Το υλικό του αγωγού να είναι ανθεκτικό σε διαβρωτικό περιβάλλον, να είναι εύκαμπτο για να μπορεί να προσαρμόζεται σε τυχόν ανωμαλίες του πυθμένα και να ποντίζεται εύκολα, περιορίζοντας τις υποβρύχιες εργασίες.

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

4.2.1 Υπολογισμός αναπτύγματος και διεύθυνσης κύματος στην περιοχή

Ο άνεμος είναι κλιματικό στοιχείο και η δίαίτά του εξαρτάται πάρα πολύ από τα γεωμορφολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής, όπως είναι οι μάζες ξηράς, θάλασσας, οι ορεινοί όγκοι, το ύψος κ.λ.π. Τα ανεμολογικά στοιχεία που παρατέθηκαν στην παράγραφο 2.3 και αφορούν τον μετεωρολογικό σταθμό της Χαλκίδας, εκφράζουν

με αρκετή ακρίβεια και τον ανεμολογικό χαρακτήρα της περιοχής εκβολής του υποθαλάσσιου αγωγού.

Με βάση τα στοιχεία των πινάκων, οι άνεμοι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στην περιοχή είναι οι βόρειοι (26,21%), οι βορειοδυτικοί (19,81%) και οι νότιοι (22,13%). Ακολουθούν οι βορειοανατολικοί (12,18%), οι νοτιοανατολικοί (4,86%) και οι νοτιοδυτικοί (5,07%). Τη μικρότερη συχνότητα παρουσιάζουν οι ανατολικοί (1,20%) και οι δυτικοί (0,86%), ενώ η συχνότητα των νηνεμιών ανέρχεται στην τιμή του 7,69%.

Από πλευράς εντάσεως ανέμων ισχυρότεροι εμφανίζονται οι βόρειοι και οι νοτιοδυτικοί άνεμοι που φτάνουν μέχρι την τιμή 7 στην κλίμακα Beaufort. Ακολουθούν οι νότιοι, νοτιοανατολικοί, νοτιοδυτικοί και δυτικοί με μέγιστη τιμή 6 Beaufort και τέλος οι νότιοι και οι βορειοδυτικοί φτάνουν μέχρι την τιμή 5 Beaufort.

Εξετάζοντας τη γεωμορφολογία της περιοχής, παρατηρούμε ότι η περιοχή είναι προστατευμένη από βόρεια, ανατολικά και νότια και επομένως οι τομείς πελάγους που πρέπει να εξετασθούν ως προς την ανάπτυξη κυματισμών που μπορεί να πλήξουν την περιοχή μελέτης είναι ο νοτιοδυτικός, ο δυτικός και ο βορειοδυτικός.

Για κάθε μία από αυτές τις διευθύνσεις υπολογίζεται το ενεργό ανάπτυγμα πελάγους (Effective Fetch), ώστε να καθορισθούν στη συνέχεια τα χαρακτηριστικά του κύματος που μπορεί να αναπτυχθούν στην περιοχή.

Για κάθε τομέα πελάγους μετρούμε το ανάπτυγμα πελάγους X_i ανά 5 μοίρες, από -45° έως $+45^\circ$, θεωρώντας ότι οι 0° είναι η διεύθυνση πρόσπτωσης του μελετώμενου ανέμου – κύματος. Για τον προσδιορισμό του ενεργού αναπτύγματος πελάγους Effective Fetch (E.F.), χρησιμοποιείται η σχέση :

$$E.F. = \frac{\sum X_i \cdot \cos^2(W_i)}{\sum \cos(W_i)} \quad (4.1), \text{ όπου:}$$

- W_i : Η γωνία ως προς την εξεταζόμενη διεύθυνση
- X_i : Το ανάπτυγμα πελάγους για γωνία W_i

Έτσι για κάθε έναν από τους παραπάνω τομείς πελάγους καταρτίζονται οι παρακάτω ΠΙΝΑΚΕΣ:

ΠΙΝΑΚΑΣ 15
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΠΕΛΑΓΟΥΣ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Κατεύθυνση: Νοτιοδυτική

A/A	Fetch Xi (km)	Γωνία wi (°)	coswi	Xi * cos ² wi
1	8.15	-45	0.707	4.075
2	7.47	-40	0.766	4.384
3	7.08	-35	0.819	4.751
4	7.69	-30	0.866	5.768
5	7.37	-25	0.906	6.054
6	7.41	-20	0.940	6.543
7	7.02	-15	0.966	6.550
8	7.09	-10	0.985	6.876
9	6.69	-5	0.996	6.639
10	6.65	0	1.000	6.650
11	6.8	5	0.996	6.748
12	6.6	10	0.985	6.401
13	6.85	15	0.966	6.391
14	7.56	20	0.940	6.676
15	14	25	0.906	11.500
16	15.89	30	0.866	11.918
17	19.01	35	0.819	12.756
18	20.49	40	0.766	12.024
19	22.95	45	0.707	11.475

Άθροισμα: 16.903 144.177
Ενεργό Fetch: 8.530 Km

ΠΙΝΑΚΑΣ 16
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΠΕΛΑΓΟΥΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Κατεύθυνση: Δυτική

A/A	Fetch Xi (km)	Γωνία wi (°)	coswi	Xi * cos ² wi
1	6.65	-45	0.707	3.325
2	6.8	-40	0.766	3.990
3	6.6	-35	0.819	4.429
4	6.85	-30	0.866	5.138
5	7.56	-25	0.906	6.210
6	14	-20	0.940	12.362
7	15.89	-15	0.966	14.826
8	19.01	-10	0.985	18.437
9	20.49	-5	0.996	20.334
10	22.95	0	1.000	22.950
11	26.68	5	0.996	26.477
12	28.55	10	0.985	27.689
13	26.65	15	0.966	24.865
14	26.51	20	0.940	23.409
15	56.47	25	0.906	46.384
16	9.08	30	0.866	6.810
17	8.61	35	0.819	5.777
18	7.91	40	0.766	4.642
19	5.72	45	0.707	2.860

Άθροισμα: 16.903 280.914
Ενεργό Fetch: 16.620 Km

ΠΙΝΑΚΑΣ 17
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΠΕΛΑΓΟΥΣ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Κατεύθυνση: Βορειοδυτική

A/A	Fetch Xi (km)	Γωνία wi (°)	coswi	Xi * cos ² wi
1	22.95	-45	0.707	11.475
2	26.68	-40	0.766	15.656
3	28.55	-35	0.819	19.157
4	26.65	-30	0.866	19.988
5	26.51	-25	0.906	21.775
6	56.47	-20	0.940	49.864
7	9.08	-15	0.966	8.472
8	8.61	-10	0.985	8.350
9	7.91	-5	0.996	7.850
10	5.72	0	1.000	5.720
11	5.22	5	0.996	5.180
12	4.91	10	0.985	4.762
13	4.72	15	0.966	4.404
14	2.95	20	0.940	2.605
15	1.74	25	0.906	1.429
16	1.48	30	0.866	1.110
17	1.31	35	0.819	0.879
18	0.96	40	0.766	0.563
19	0.89	45	0.707	0.445

Άθροισμα: 16.903 189.685
Ενεργό Fetch: 11.222 Km

4.2.2 Υπολογισμός χαρακτηριστικών κύματος

Με βάση τα ανεμολογικά στοιχεία που παρατέθηκαν στην παράγραφο 2.3, καταγράφονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ η μέγιστη ένταση που έχει παρατηρηθεί για κάθε διεύθυνση πνοής ανέμου, καθώς και η ταχύτητα του ανέμου για την ένταση αυτή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ

Διεύθυνση ανέμου	Μέγιστη ένταση	Ταχύτητα ανέμου (κόμβοι)	Ταχύτητα ανέμου (m/sec)
Δυτική	6	24	12
Βορειοδυτική	5	20	10
Νοτιοδυτική	7	30	15

Ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών στοιχείων του κύματος στα βαθιά νερά (δηλαδή του ύψους H_o σε m και της περιόδου T_o σε sec), γίνεται με χρήση των εξισώσεων BRETSCHEIDER (μέθοδος SMB) με βάση το ενεργό ανάπτυγμα κύματος και τη δύναμη ανέμου U (m/sec).

$$H_o = \frac{u^2}{g} 0.283 \tanh \left[0.0125 \left(\frac{gF}{u^2} \right)^{0.42} \right] \quad (4.2)$$

$$T_o = \frac{2\pi u}{g} 1.20 \tanh \left[0.077 \left(\frac{gF}{u^2} \right)^{0.25} \right] \quad (4.3) , \text{ όπου:}$$

- g : Η επιτάχυνση της βαρύτητας (g = 9,81 m/sec²)
- u : Η ταχύτητα του ανέμου (m/sec)
- F : Το ενεργό ανάπτγμα πελάγους (m)

Υπολογίζονται επίσης το μήκος κύματος στα βαθειά (L_o) και η ταχύτητα διάδοσης του κυματισμού (C_o). Είναι:

$$L_o = \frac{gT_o^2}{2\pi} \quad (4.4)$$

$$C_o = \frac{L_o}{T_o} \quad (4.5)$$

Έτσι για τις διάφορες εξεταζόμενες διευθύνσεις πνοής ανέμου προκύπτουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά κύματος (H_o, T_o, L_o, C_o)

ΠΙΝΑΚΑΣ 19
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

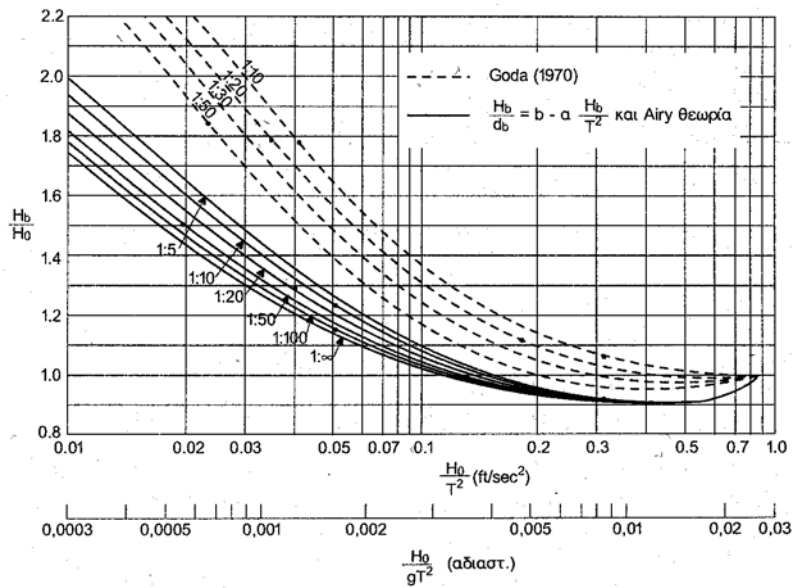
Διεύθυνση ανέμου	Ταχύτητα ανέμου (m/sec)	Ανάπτγμα πελάγους F (m)	Ύψος κύματος H _o (m)	Περίοδος T _o (sec)	Μήκος κύματος L _o (m)	Ταχύτητα Διάδοσης κυματισμού C _o (m/sec)
Νοτιοδυτική	15	8530	1,03	3,76	22,07	5,87
Δυτική	12	16620	1,05	3,87	23,38	6,04
Βορειοδυτική	10	11222	0,72	3,20	15,99	5,00

4.2.3 Υπολογισμός κύματος θραύσης

Ο δυσμενέστερος κυματισμός που αναπτύσσεται στην περιοχή μελέτης είναι ο νοτιοδυτικός κυματισμός με χαρακτηριστικά κύματος στα βαθειά:

- H_o = 1,05m
- T_o = 3,87 sec

Για τον κυματισμό αυτό υπολογίζεται ο θραυόμενος κυματισμός. Ο υπολογισμός του κύματος θραύσης (H_b) γίνεται με χρήση του παρακάτω νομογραφήματος.



(Σχήμα: 4.1)

Έτσι για $\frac{H_0}{gT_0^2} = 0,0071$ και κλίση πυθμένα 2% προκύπτει: $\frac{H_b}{H_0} = 1,1$

και επομένως $H_b = 1,1 \times H_0 = 1,1 \times 1,05 = 1,15m$

4.2.4 Υπολογισμός ενεργού βάθους θραύσης

Το ενεργό βάθος θραύσης (μέγιστο βάθος ενεργής αναταραχής) για κλίση πυθμένα 10%, δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{H_b}{D_b} = 0,9 \quad (4.6)$$

Στους υπολογισμούς επιλέγεται σαν βάθος θραύσης το μεγαλύτερο των:

- $D_b = H_b / 0,9$
- $D_b = 1,3H_b + SWW + P$, όπου:
 - P : Η μέση ετήσια πλήμμη της περιοχής, η οποία λαμβάνεται ίση με 0,45
 - SWW : Η υπερύψωση της μέσης στάθμης νερού που δίνεται από τη σχέση:

$$SWW = 0,19 \left(1 - 2,82 \left(\frac{H_b}{gT_0} \right)^{0,5} \right) H_b \quad (4.7)$$

Έτσι για $H_b = 1,15 m$ και $T_0 = 3,87 sec$, προκύπτει: $SWW = 0,111$

Επομένως:

- $D_b = H_b / 0,9 = 1,28 \text{ m}$
- $D_b = 1,3H_b + SWW + P = 2,32 \text{ m}$

Άρα το ενεργό βάθος θραύσης λαμβάνεται ίσο με $D_b = 2,32 \text{ m}$

4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΠΕΡΙ ΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ

4.3.1 Παραδοχές

Επιλέγεται ως κύμα σχεδιασμού ο νοτιοδυτικός κυματισμός, όπως υπολογίσθηκε στην παράγραφο 4.2.2. Τα χαρακτηριστικά του κύματος αυτού στα βαθιά είναι:

- Ύψος κύματος: $H_o = 1,05 \text{ m}$
- Περίοδος: $T_o = 3,87 \text{ sec}$
- Μήκος κύματος: $L_o = 23,38 \text{ m}$
- Ταχύτητα διάδοσης κυματισμού: $C_o = 6,04 \text{ m/sec}$

Το ύψος κύματος στη ζώνη θραύσης (βάθος θραύσης $D_b = 2,32 \text{ m}$) είναι $H_b = 1,15 \text{ m}$

4.3.2 Εξωτερική θωράκιση

Η θωράκιση του αγωγού στη ζώνη θραύσης υπολογίζεται για το ύψος κύματος θραύσης $H_b = 1,15 \text{ m}$. Το απαιτούμενο βάρος ογκόλιθου (B) υπολογίζεται από τον τύπο του Hudson:

$$B = \frac{H_b^3 \gamma}{K_D (\delta - 1)^3 \cot a} \quad (4.8), \text{ όπου:}$$

- γ : το ειδικό βάρος των φυσικών ογκόλιθων ($\gamma = 2,65 \text{ tn/m}^3$)
- γ_θ : το ειδικό βάρος του θαλάσσιου ύδατος ($\gamma = 1,02 \text{ tn/m}^3$)
- δ : γ/γ_θ
- K_D : εμπειρικός συντελεστής ($K_D = 3,00$)
- α : γωνία πρानούς (για κλίση 2:3 είναι $\cot a = 3/2 = 1,5$)

Επομένως προκύπτει: $B = 0,17 \text{ tn}$.

Επιλέγουμε το βάρος των ογκόλιθων της εξωτερικής στρώσης να κυμαίνεται από $200 \div 300 \text{ Kg}$.

Το πάχος της εξωτερικής στρώσης θωράκισης (d), δίνεται από τη σχέση:

$$d = nK \left(\frac{B}{\gamma} \right)^{1/3} \quad (4.9) , \text{ όπου:}$$

- n : ο αριθμός των ογκόλιθων της στρώσης (επιλέγουμε $n = 3$)
- K : ο συντελεστής στρώσης ($K = 1,15$)
- γ : το ειδικό βάρος των ογκόλιθων ($\gamma = 2,65 \text{ tn/m}^3$)

$$\text{Άρα προκύπτει: } d = 2 * 1,15 * \left(\frac{0,25}{2,65} \right)^{1/3} = 1,58m$$

και λαμβάνουμε $d = 1,6 \text{ m}$

Εσωτερικά της εξωτερικής θωρακίσεως θα τοποθετηθούν φυσικοί λίθοι βάρους B_1 .

Είναι: $B_1 = B/10 = 0,17/10 = 0,017 \text{ tn}$ ή 17 Kg

Το βάρος των λίθων της εξωτερικής στρώσης θα κυμαίνεται μεταξύ $20 \div 30 \text{ Kg}$

Το πάχος της εσωτερικής στρώσης d_1 , θα είναι:

$$d_1 = 2 * 1,15 * \left(\frac{0,025}{2,65} \right)^{1/3} = 0,486m$$

και λαμβάνουμε $d_1 = 0,50 \text{ m}$

4.4 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

4.4.1 Επιλογή ενεργού μήκους και χαρακτηριστικών διαχυτήρα και αριθμού και γεωμετρικών χαρακτηριστικών διαχυτών

Επιλέγεται αγωγός με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Υλικό κατασκευής : υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE)
- Αντοχή σε πίεση : 10 Atm
- Εξωτερική διάμετρος D : $400/315 /225\text{mm}$
- Εσωτερική διάμετρος D_0 : $352,60/277,60/198,20 \text{ mm}$
- Πάχος τοιχώματος : $23,7/18,7/13,4 \text{ mm}$
- Βάρος : $27,80/17,30 /8,86 \text{ kg/m}$

Γενικά οι ελάχιστες ταχύτητες προστατεύουν το έργο από καθιζήσεις που απαιτούν συντήρηση και μπορούν να αναστείλουν τη λειτουργία του έργου. Επειδή με

τον παρόντα αγωγό προβλέπεται η μεταφορά βιολογικά επεξεργασμένων λυμάτων, οι καθιζήσεις που αναμένονται μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες, επομένως οι ταχύτητες αυτοκαθαρισμού των αγωγών είναι μεταξύ 0,20 και 0,30 m/sec.

Για τον υπολογισμό της ταχύτητας αυτοκαθαρισμού μπορούμε να εφαρμόσουμε τη σχέση Novac/Nalluri:

$$V_s = \left[\frac{5.25 g^{3/2} \left(\frac{\gamma d - 1}{\gamma} \right)^{3/2} CVR d_{50}}{F^2} \right]^{1/3} \quad (4.10) \text{ , όπου:}$$

- V_s : η ταχύτητα αυτοκαθαρισμού σε m/sec
- g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/sec²)
- γd : το ειδικό βάρος των στερεών (2,65 t/m³)
- γ : το ειδικό βάρος των λυμάτων (1,03 t/m³)
- CV : η ογκομετρική συγκέντρωση των στερεών (30x10⁻³ gr/ m³)
- R : η υδραυλική ακτίνα του αγωγού σε m
- d_{50} : η φαινόμενη διάμετρος στερεών τουλάχιστον 50% (0,00001 m)
- F : ο συντελεστής απωλειών ίσος με 0,019

Από τη σχέση προκύπτει ταχύτητα αυτοκαθαρισμού 0,36 m/sec για το τμήμα του αγωγού διαμέτρου Ø400, 0,33 m/sec για το τμήμα του αγωγού διαμέτρου Ø315 και 0,10 m/sec για το τμήμα του αγωγού διαμέτρου Ø225.

Ο αριθμός των στομίων διάχυσης και η μεταξύ τους απόσταση πρέπει να είναι τέτοιοι ώστε:

- Να μην πραγματοποιείται εμπλοκή των ανερχόμενων φλεβών, που θα είχε ως συνέπεια την ουσιώδη μείωση της διαλύσεως
- Να πραγματοποιείται η μέγιστη δυνατή αρχική διάλυση με ταυτόχρονη ομοιομόρφιση των παροχών των στομίων

Επιλέγονται διαχύτες με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Υλικό κατασκευής : υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE)
- Αντοχή σε πίεση : 10 Atm

- Εξωτερική διάμετρος d : 110,0 mm
- Εσωτερική διάμετρος d₀ : 96,8 mm
- Μήκος : 1,0 m
- Αριθμός : 12

Η ταχύτητα ανοικτού άκρου διαχυτήρα V_D προκύπτει για παροχή ανά διαχύτη Q_D:

$$Q_D = \frac{\max Q_O}{12} = \frac{454,82 / 3600}{12} = 0,0105 m^3 / sec$$

$$V_D = \frac{4 \times Q_D}{\pi \times d_0^2} = \frac{4 \times 0,0105}{\pi \times 0,0968^2} = 1,43 m / sec < 9,0 m / sec$$

Προκειμένου να επιτύχουμε υψηλές ταχύτητες ροής στον διαχυτήρα, καλό είναι η διάμετρος του διαχυτήρα να μειώνεται σταδιακά μέχρι την τελευταία διατομή. Όσο περισσότερες αλλαγές διαμέτρων έχουμε τόσο καλύτερη κατανομή ταχυτήτων επιτυγχάνουμε, αυξάνοντας όμως παράλληλα το κόστος κατασκευής. Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε για τους τελευταίους 3 διαχύτες κάθε σκέλους του διαχυτήρα, αγωγό εξωτερικής διαμέτρου 225 mm 10Atm χρησιμοποιώντας για την αλλαγή των διαμέτρων ενδιάμεσα συστολή 315/225 από HDPE.

Για την αξιόπιστη λειτουργία του διαχυτήρα πρέπει να έχουμε όσο το δυνατόν ομοιόμορφη κατανομή της παροχής σε όλα τα στόμια και να ισχύει κατά προσέγγιση η παρακάτω σχέση :

$$\frac{1}{3} \times E_i < i \times E\Delta < \frac{2}{3} \times E_i \quad (7.8), \text{ όπου :}$$

- E_i το εμβαδόν του σωλήνα του διαχυτήρα στην εξεταζόμενη θέση i
 - EΔ το εμβαδόν του στομίου του διαχύτη
 - i ο αριθμός των διαχυτών από την αρχή μέχρι την εξεταζόμενη θέση
- από τους υπολογισμούς προκύπτει ο παρακάτω ΠΙΝΑΚΑΣ:

ΠΙΝΑΚΑΣ 20

ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Εσ. διαμ. διαχυτήρα	αριθμ διαχυτών	1/3xE	ixEΔ	2/3xE
0.0309	1	0.0103	0.0074	0.0206
0.0309	2	0.0103	0.0147	0.0206
0.0309	3	0.0103	0.0221	0.0206
0.0605	4	0.0202	0.0294	0.0403
0.0605	5	0.0202	0.0368	0.0403
0.0605	6	0.0202	0.0442	0.0403

Από τα αποτελέσματα του πίνακα φαίνεται ότι το κριτήριο της ισοκατανομής των παροχών καλύπτεται για το μεγαλύτερο μέρος του διαχυτήρα.

Ο αριθμός απαιτούμενων στομίων N χωρίς αλληλοεπίδραση προκύπτει:

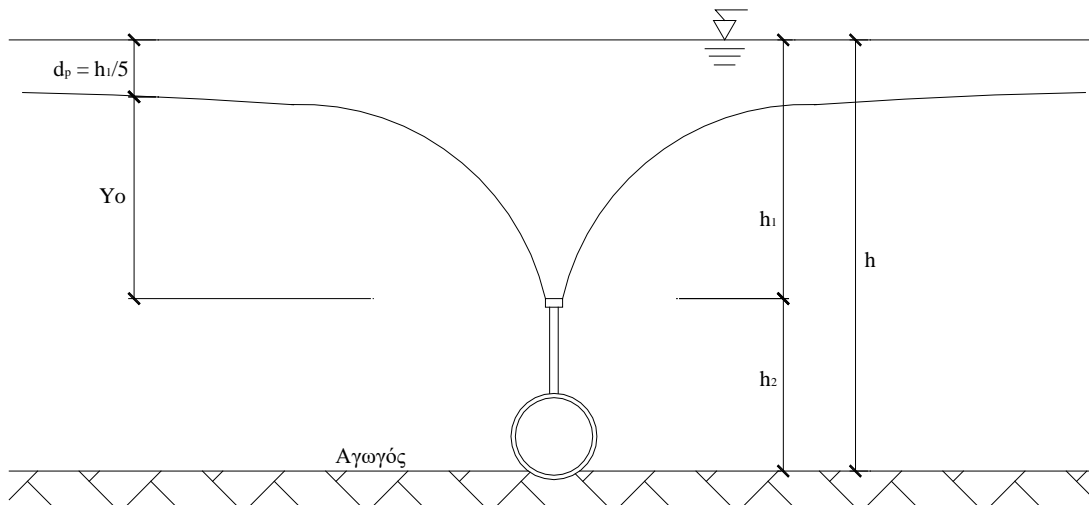
$$N = \frac{\max Q_0}{V_D \times d_0^2} = \frac{454,82/3600}{1,43 \times 0,0968^2} = 9,40$$

Επιλέγονται όπως προαναφέρθηκε 12 διαχύτες > 9,40

Η απόσταση στομίων χωρίς αλληλεπίδραση πρέπει να είναι :

$$L_0 \geq Y_0 / 4.35 , \text{ όπου:}$$

- L_0 : η απόσταση μεταξύ των στομίων
- h : το βάθος του πυθμένα στο σημείο της εκροής
- h_1 : το βάθος μέχρι το άνω μέρος των διαχυτών



(Σχήμα 4.2)

Επομένως για $h = 12,0 \text{ m}$ (μέσο βάθος διαχυτών) προκύπτει:

$$h_1 = h - h_2 = 12,0 - 1,0 = 11,0 \text{ m}$$

$$\text{πάχος στρώματος } d_p = \frac{h_1}{5} = \frac{11,0}{5} = 2,20 \text{ m}$$

Άρα το ύψος αραιώσεως θα είναι: $Y_o = 11,0 - 2,20 = 8,80 \text{ m}$

$$\text{Οπότε: } L_0 \geq \frac{8,80}{4,35} = 2,02 \text{ m}$$

Επίσης πρέπει η απόσταση μεταξύ των διαχυτών να είναι $\geq 20\%$ του βάθους τοποθέτησεως του διαχυτήρα (2^0 κριτήριο υπολογισμού απόστασης)

Πρέπει δηλαδή να είναι ακόμα: $L_0 \geq 0,2 * 12,0 = 2,40 \text{ m}$

Επιλέγεται απόσταση μεταξύ των διαχυτών $2,50 \text{ m}$ (υπερκαλύπτει το μέγιστο από τα δύο κριτήρια) οπότε εάν το μήκος από τη φλάντζα σύνδεσης μέχρι τον 1^0 διαχύτη είναι $0,5 \text{ m}$ και το μήκος από τον τελευταίο διαχύτη μέχρι το τέλος του διαχυτήρα είναι $1,5 \text{ m}$ προκύπτει ενεργό μήκος κάθε ενός από τα δύο τμήματα του αγωγού διαχύσεως για $N = 6$ διαχύτες:

$$L_1 = L_2 = 0,5 + (6 - 1) * 2,5 + 1,5 = 14,5 \text{ m.}$$

Άρα το ολικό μήκος του διαχυτήρα θα είναι $L = L_1 + L_2 = 14,5 + 14,5 + 1 = 30,0 \text{ m}$

Η επιλογή αυτή έχει στόχο να μην πραγματοποιείται εμπλοκή των ανερχομένων φλεβών, που σαν συνέπεια θα είχε την ουσιώδη μείωση της διαλύσεως.

Πρέπει ακόμα να ικανοποιείται η συνθήκη για αριθμό Froude (Fr , πυκνομετρικός αριθμός Froude) μεγαλύτερο της μονάδας.

Ο αριθμός Froude πρέπει να είναι μεγαλύτερος της μονάδας για όλο το φάσμα των εξεταζόμενων παροχών, ώστε να αποφεύγεται η διείδυση θαλασσινού νερού εντός του αγωγού που μπορεί να μεταφέρει φερτά αντικείμενα με αποτέλεσμα τη μείωση της παροχευτικής του ικανότητας.

Ο ενεργός πυκνομετρικός αριθμός Froude δίνεται από τη σχέση:

$$F_e = \frac{V_0}{\sqrt{g'd_0}} \quad (4.11) \text{ , όπου:}$$

$$\text{➤ } g' = g \left(\frac{\rho_a - \rho_o}{\rho_o} \right)$$

➤ V_0 : η ταχύτητα εκροής των λυμάτων από τους διαχύτες (m/sec)

- Ρα : η πυκνότητα του θαλάσσιου ύδατος (Ρα = 1,03 t/m³)
- Ρο : η πυκνότητα των λυμάτων (Ρο = 0,998 t/m³)
- g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (g = 9,81 m/sec²)

Θεωρώντας 12 διαχύτες HDPE πίεσεως λειτουργίας 10 Atm ονομαστικής διαμέτρου 110 mm (D_{εσωτ.} = 96,80 mm), τοποθετημένους στο πέρασ του υποθαλάσσιου αγωγού σε βάθος 12,0 m και σε μεταξύ τους αποστάσεις 2,5 m, προκύπτουν τα ακόλουθα:

Για μέγιστη παροχή Q_o = 454,82 m³/hr

$$\text{Παροχή καθενός στομίου (διαχύτη): } Q_D = \frac{\max Q_o}{12} = \frac{454,82/3600}{12} = 0,0105 \text{ m}^3 / \text{sec}$$

$$\text{Ταχύτητα εξόδου } V_D = \frac{4 \times Q_D}{\pi \times d_0^2} = \frac{4 \times 0,0105}{\pi \times 0,0968^2} = 1,43 \text{ m/sec}$$

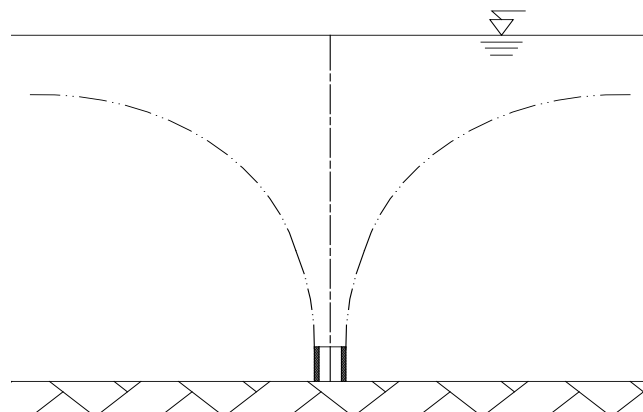
Ενεργός πυκνομετρικός αριθμός F_e:

$$g' = 9,81 \times \frac{1,03 - 0,998}{0,998} = 0,31 \text{ m/sec}^2$$

$$F_e = \frac{1,43}{\sqrt{0,31 \times 0,0968}} = 8,26 > 1,0$$

4.4.2 Υπολογισμός αρχικής αραίωσης των λυμάτων

Τα λύματα μετά την έξοδό τους από τους διαχύτες φθάνουν λόγω αρχικής ταχύτητας και ανώσεως στην επιφάνεια της θάλασσας, όπου σχηματίζεται κηλίδα. Κατά την άνοδό τους τα λύματα υφίστανται σημαντική διάλυση λόγω τυρβώδους αναμίξεως με το θαλασσινό νερό. Η διάλυση αυξάνει από το κέντρο προς την περιφέρεια των διατομών την ανερχόμενη φλέβα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τις ταχύτητες.



(Σχήμα 4.3)

Αν ληφθεί υπ' όψη ότι τα λύματα υφίστανται ανάμιξη, όπως ανέρχονται στην επιφάνεια, τότε η μέση διάλυση αποτελεί το πιο αντιπροσωπευτικό μέγεθος για την περιγραφή του φαινομένου. Η διάλυση S ορίζεται ως το αντίστροφο μέγεθος της συγκεντρώσεως C .

Αντικείμενο της παρούσας παραγράφου είναι ο υπολογισμός της αρχικής διάλυσης των λυμάτων και της απαιτούμενης αποστάσεως μεταξύ των στομιών των διαχυτών και του πλήθους των διαχυτών ώστε:

- Να μην πραγματοποιείται εμπλοκή των ανερχομένων φλεβών που σαν συνέπεια θα είχε την ουσιώδη μείωση της διαλύσεως.
- Με το ικανοποιητικό πλήθος διαχυτών να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αρχική διάλυση, με ταυτόχρονη ομοιομορφία των παροχών των στομιών.

Για τον υπολογισμό της αρχικής αραίωσης των λυμάτων που εκβάλλονται από τον διαχυτήρα, εξετάζεται η περίπτωση ομοιογενούς θαλάσσιου αποδέκτη, ήτοι θεωρώντας ότι η πυκνότητα του (S_θ) παραμένει σταθερή καθ'όλο το βάθος του αποδέκτη. Στην περίπτωση αυτή, τα εκβαλλόμενα λύματα αναδύονται μέχρι την ελεύθερη επιφάνεια της θαλάσσης και η ελάχιστη κεντρική αρχική αραίωση που υφίσταται (S_1) υπολογίζεται παρακάτω (Roberts 1979), όπου:

- Q = παροχή που διέρχεται από τον διαχυτήρα ($0,126/2=0,063 \text{ m}^3/\text{sec}$)
- L = μήκος διαχυτήρα (μεταξύ των 2 ακραίων στομιών) ($5 \times 2,5 = 12,5 \text{ m}$)
- $q = Q/L$ ($5,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$)
- u = μέση ταχύτητα του θαλασσίου ρεύματος καθ'όλο το βάθος εκβολής (m^3/sec)
- H = συνολικό βάθος εκβολής ($11,00 \text{ m}$)
- $b = (S_\theta - S/S) g q = g'q$ (m^3/sec^3)
- S_θ = πυκνότητα θαλασσίου αποδέκτη (1.030 kg/m^3)
- S = πυκνότητα εκβαλλομένων λυμάτων (998 kg/m^3)
- g = επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec^2)
- $F = u^3/b$ = αριθμός Froude για το θαλάσσιο ρεύμα
- θ = γωνία μεταξύ της διεύθυνσης του ρεύματος και του άξονα του διαχυτήρα ($0 < \theta < 90^\circ$).
- S_1 = ελάχιστη επιφανειακή διάλυση των λυμάτων

Για ασθενή ή μηδενικά ρεύματα ($F < 0,10$), η ελάχιστη αρχική αραίωση γίνεται ανεξάρτητη της ταχύτητας και διεύθυνσης του ρεύματος και δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$S_1 = 0,27[S_\theta - S/S g]^{1/3} Hq^{-2/3} = 0,27 g^{1/3} Hq^{-2/3}$$

Για εντονότερα ρεύματα ($F > 0,10$), η αρχική αραίωση εξαρτάται από την ταχύτητα και διεύθυνση του ρεύματος και προκειμένου για $\theta = 90^\circ$ (μέγιστη αραίωση) δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$S_1 = 0,60 u H/q$$

Για $\theta = 45^\circ$ η αραίωση είναι περίπου τα 2/3 της ανωτέρω.

Ο έλεγχος της διασποράς ρύπων θα πραγματοποιηθεί σε τρεις θέσεις. Οι δύο αντιστοιχούν στις προαναφερθείσες στην παράγραφο 2.1 θέσεις κολύμβησης στα Βρυσάκια (4km βόρεια) και την Αρτάκη (2km νότια) και η τρίτη στην ακτή πλησίον του σημείου διάθεσης (1km δυτικά). Ο έλεγχος διασποράς θα πραγματοποιηθεί για συνθήκες ελάχιστου ανέμου και συνεπώς ανεμογενούς ρεύματος, για συνθήκες συνήθους έντασης ανέμου και ανεμογενούς ρεύματος και τέλος για συνθήκες μέγιστου ανέμου και ανεμογενούς ρεύματος.

Το παλιρροιακό ρεύμα του Ευρίπου όπως έχει περιγραφεί και την παράγραφο 2.4 φαίνεται να επηρεάζει την περιοχή υποθαλάσσιας διάθεσης όταν έχει βόρεια κατεύθυνση ροής. Η μέγιστη ταχύτητα ροής στην γέφυρα του Ευρίπου είναι 4,17m/sec και εξασθενεί σημαντικά σε απόσταση 1km πέραν αυτής. Η περιοχή μελέτης απέχει 9km βορειοδυτικά του Ευρίπου. Κατά τον ακολουθούντα έλεγχο διασποράς θα γίνει η απλουστευτική αλλά και δυσμενής παραδοχή ότι στην θέση ελέγχου το ρεύμα διατηρεί 30% της ορμητικότητας του προς βορράν ήτοι : $4,17 \times 0,30 = 1,25\text{m/sec}$.

Όσον αφορά τα ανεμογενή ρεύματα γίνεται η παραδοχή ότι η ταχύτητα τους ανέρχεται σε 2% της ταχύτητας του ανέμου.

Με βάση τα ανωτέρω τα δεδομένα ελέγχου διασποράς ρύπων ανα εξεταζόμενη περιοχή είναι τα εξής :

ΠΙΝΑΚΑΣ 21

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΡΥΠΩΝ

Παράμετρος	Βρυσάκια	Ν. Αρτάκη	Κολοβρέχτης
Απόσταση (km)	4	2	2
Διεύθυνση επηρεάζοντος ανέμου	Νότια	Βόρεια	Δυτική
Ελάχιστη ένταση – ταχύτητα ανέμου	1B - 1 m/sec	1B - 1 m/sec	1B - 1 m/sec
Συνήθης ένταση – ταχύτητα ανέμου	3B – 5 m/sec	4B – 7 m/sec	4B – 7 m/sec
Μέγιστη ένταση – ταχύτητα ανέμου	7B – 15 m/sec	7B – 15 m/sec	7B – 15 m/sec
Ελάχιστη ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,02	0,02
Συνήθης ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,1	0,1	0,1
Μέγιστη ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	1,25 + 0,3 =1,55	0,3	0,3

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται τα αποτελέσματα υπολογισμού της αρχικής διασποράς S₁ για τις εξεταζόμενες θέσεις ελέγχου και για τις τρεις συνθήκες ανέμου και ρευμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 22

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ S₁

Παράμετρος	Ελάχιστη ταχύτητα	Συνήθης ταχύτητα	Μέγιστη ταχύτητα
ΒΡΥΣΑΚΙΑ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	1,55
F	0,01	0,64	2383
S ₁	68,38	131	2030
Ν. ΑΡΤΑΚΗ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	0,30
F	0,01	0,64	17,28
S ₁	63,38	131	393
ΚΟΛΟΒΡΕΧΤΗΣ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	0,3
F	0,01	0,64	17,23
S ₁	68,38	131	393

4.4.3 Υπολογισμός αραιώσης λόγω διασποράς

Για τον υπολογισμό της αραιώσεως λόγω διασποράς γίνονται οι παρακάτω παραδοχές:

- Γίνεται δεκτό ότι το αρχικό πεδίο λυμάτων (επιφανειακή κηλίδα, η οποία οφείλεται στην λειτουργία και των 12 στομιών) έχει πλάτος α₀ ίσο με το μήκος του διαχυτήρα, ο οποίος φέρει τα 12 στόμια (διαχύτες).
- Η διασπορά οφείλεται σε οριζόντια μόνο διάχυση.

- Η ανάμιξη κατά την διεύθυνση του ρεύματος και την κατακόρυφη διεύθυνση είναι αμελητέα.
- Τα λύματα ακολουθούν την κίνηση του ρεύματος.
- Η ανάμιξη εγκάρσια στη διεύθυνση του ρεύματος οφείλεται στην πλευρική διάχυση.
- Το αρχικό πεδίο λυμάτων, με την βοήθεια του ρεύματος και της πλευρικής διαχύσεως, θα διαπλάτνεται με τρόπο που περιγράφεται από την λύση Brooks που προέκυψε από την επίλυση της διαφορικής εξίσωσης μεταγωγής – διάχυσης, με την παραδοχή ότι η επιμήκης και η κατακόρυφη διάχυση είναι αμελητέες.

Η λύση Brooks καταλήγει στις σχέσεις:

$$S_2 = \left[erf \left[\frac{1,5}{\left(1 + \frac{0,08}{\kappa \alpha_0^{2/3}} \right)^3 - 1} \right]^{1/2} \right]^{-1} \quad (4.12) \text{ όπου:}$$

- x: η απόσταση από τον διαχυτήρα (cm).
- α₀: το πλάτος πεδίου πάνω από τον διαχυτήρα (cm).

Λαμβάνεται: α₀ = L + 0,30 H = 27,50 + 0,30 x 11,00= 30,80 m = 30800 cm

erfz: η συνάρτηση κατανομής σφαλμάτων.

Η συνάρτηση erf x είναι η γνωστή συνάρτηση κατανομής σφαλμάτων και ορίζεται

από την σχέση: $erf x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du .$

Με τα δεδομένα, που δόθηκαν στην προηγούμενη παραγράφου προκύπτουν για τις εξεταζόμενες θέσεις και συνθήκες τα ακόλουθα αποτελέσματα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 23

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΑΙΩΣΗΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ S2

Παράμετρος	Ελάχιστη ταχύτητα	Συνήθης ταχύτητα	Μέγιστη ταχύτητα
ΒΡΥΣΑΚΙΑ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	1,55
S ₂	485	47	2,00
Ν. ΑΡΤΑΚΗ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	0,30
S ₂	175	18	5
ΚΟΛΟΒΡΕΧΤΗΣ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	0,30
S ₂	64	8	2,5

4.4.4 Υπολογισμός αραίωσης λόγω φθοράς (αποσύνθεσης)

Παράλληλα γίνεται δεκτή μία φθορά των κολοβακτηριδίων λόγω χημικών και βιολογικών παραγόντων (εξαφάνιση στο σκοτάδι). Έρευνες με TC υπέδειξαν την ακόλουθη κινητική 1ης τάξης για την αραίωση λόγω φθοράς S_3 :

$$S_3 = \exp(K_0 t), \quad (4.13) \quad \text{όπου:}$$

- K_0 : συντελεστής φθοράς μικροοργανισμών.

$$K_0 = \exp(\alpha T - b) \quad (4.14) \quad \text{όπου:}$$

- $\alpha = 0,126$
- $b = 5,809$
- $T = \text{θερμοκρασία}, T = 18^\circ \text{C}$

συνεπώς: $K_0 = 0,029 \text{ hr}^{-1}$

t : χρόνος διαδρομής λυμάτων μέχρι την ακτή κολύμβησης.

Προκειμένου να συνυπολογισθεί και η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας στην εξαφάνιση των κολοβακτηριδίων η προηγούμενη σχέση της αραίωσης λαμβάνει την μορφή :

$$S_4 = \exp \left[K_0 t - \frac{K_m t_o}{\pi} \left(\cos \frac{\pi t_2}{t_o} - 1 \right) \right], \quad (4.15) \quad \text{όπου}$$

- $K_m = \kappa_s \cdot I_m$ όπου
 - $\kappa_s = 0,035 \text{ cm}^2/\text{cal}$
 - $I_m = 60,30 \text{ cal/cm}^2\text{-hr}$ για πλήρη ηλιοφάνεια στην κεντρική Ελλάδα.

συνεπώς $K_m = 2,11 \text{ hr}^{-1}$

- $t_o = \text{ώρες ηλιοφάνειας}, 13,7 \text{ hr}$ την καλοκαιρινή περίοδο
- $t_2 = \text{ώρες επίδρασης της ηλιοφάνειας επί των λυμάτων από ανατολής ηλίου} .$
λαμβάνεται ίσος με τον χρόνο διαδρομής των λυμάτων.

Με βάση τα ανωτέρω προκύπτει ο παρακάτω πίνακας αραίωσης λόγω φθοράς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΑΙΩΣΗΣ ΛΟΓΩ ΦΘΟΡΑΣ S3, S4

Παράμετρος	Ελάχιστη ταχύτητα	Συνήθης ταχύτητα	Μέγιστη ταχύτητα
ΒΡΥΣΑΚΙΑ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	1,55
S ₃	5,0	1,38	1,02
S ₄	6,27	1,39	1,02
Ν. ΑΡΤΑΚΗ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	0,30
S ₃	2,24	1,17	1,06
S ₄	2,37	1,18	1,06
ΚΟΛΟΒΡΕΧΤΗΣ			
Ταχύτητα ρεύματος (m/sec)	0,02	0,1	0,30
S ₃	1,50	1,08	1,03
S ₄	1,52	1,08	1,03

4.4.5 Υπολογισμός συνολικής αραίωσης

Η συνολική αραίωση S προκύπτει ως το γινόμενο των ανωτέρω υπολογισμένων αραιώσεων S₁, S₂ και S₃ η S₄.

$$\text{Δηλαδή: } S = S_1 \times S_2 \times S_3 \quad \eta \quad S = S_1 \times S_2 \times S_4$$

Για κάθε μια από τις εξεταζόμενες θέσεις και για τις διάφορες συνθήκες (ταχύτητα ρευμάτων, ηλιοφάνεια κλπ) η συνολική αραίωση εμφανίζεται στον πίνακα ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 25

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ

Παράμετρος	Ελάχιστη ταχύτητα ρεύματος	Συνήθης ταχύτητα ρεύματος	Μέγιστη ταχύτητα ρεύματος
ΒΡΥΣΑΚΙΑ			
$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$	165.822	8.497	4.141
$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_4$	207.940	8.558	4.141
Ν. ΑΡΤΑΚΗ			
$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$	26.805	2.759	2083
$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_4$	28.361	2.782	2083
ΚΟΛΟΒΡΕΧΤΗΣ			
$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$	6.564	1.132	1.012
$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_4$	6.652	1.132	1.012

4.4.6 Υπολογισμός τελικής συγκέντρωσης κολοβακτηριδίων

Τα κριτήρια για τον ορθό σχεδιασμό των υποθαλάσσιων αγωγών τίθενται αφενός από τις ισχύουσες Υγειονομικές Διατάξεις και αφ' ετέρου από τεχνικούς όρους γενικά παραδεκτούς, οι οποίοι αφορούν την ορθή διαστασιολόγηση και εγκατάσταση των υποθαλάσσιων αγωγών. Για το θέμα των ροών διαθέσεως των επεξεργασμένων λυμάτων σε θαλάσσιο αποδέκτη, οι διεθνείς προδιαγραφές διακρίνουν δυο είδη τιμών εκπομπών σε σχέση με τα κολοβακτηρίδια:

- Το πρώτο είδος αφορά ένα επιθυμητό ή ανεκτό επίπεδο εκπομπής το οποίο πρέπει να ικανοποιείται κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων.
- Το δεύτερο είδος αφορά ένα έσχατο επίπεδο, πέρα από το οποίο η εκπομπή καθίσταται απαγορευτική. Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας οι τιμές αυτές θεωρούνται μη ανεκτές και μόνο στις περιπτώσεις έκτακτης βλάβης θεωρούνται ανεκτές.

Η Υγειονομική Διάταξη Ε1β/221/22-1-965 συνιστά στην περίπτωση νερών που χρησιμοποιούνται για κολύμβηση ως κατάλληλη τιμή τα λιγότερα από 50 κολοβακτηρίδια ανά 100 ml, ως ανεκτή με επιφύλαξη τιμή τα 500 /100 ml και ως απαγορευτική τιμή τα περισσότερα από 1000 /100 ml.

Για τον έλεγχο διαχύσεως – διασποράς γίνεται η δυσμενής παραδοχή ότι από η συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων κατά την έξοδο των λυμάτων από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας της Ε.Ε.Λ είναι 500 ανά 100 ml. Σύμφωνα με τις τεθείσες προδιαγραφές στην Α.Ε.Π.Ο. για την ποιότητα των επεξεργασμένων λυμάτων αυτά κατά την έξοδό τους από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας θα πρέπει να έχουν συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων μικρότερη από 50 ανά 100 ml.

Επομένως, με την ελάχιστη συνολική αραίωση των λυμάτων στην θαλάσσια περιοχή του Κολοβρέχτη όπως υπολογίστηκε στην παραπάνω παράγραφο που είναι $S = 1012$, η τελική συγκέντρωση κολοβακτηριδίων θα είναι στη δυσμενέστερη περίπτωση $500 / 1012 = 0,50$ κολοβακτηρίδια ανά 100 ml η στην συνήθη περίπτωση $50 / 1012 = 0,05$ ανά 100 ml

Οι ανωτέρω τιμές καθιστούν τα νερά της περιοχής εκβολής του αγωγού κατάλληλα για κολύμβηση.

4.5 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

4.5.1 Γενικά

Ο υδραυλικός σχεδιασμός του υποθαλάσσιου αγωγού και του αγωγού διαχύσεως αποτελεί σοβαρή συνιστώσα του όλου σχεδιασμού. Προκειμένου ο αγωγός να λειτουργεί υδραυλικά με σωστό τρόπο θα πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής περιορισμοί:

- α. Η ταχύτητα στον υποθαλάσσιο αγωγό θα πρέπει να διατηρείται κοντά στην τιμή 1,0 m/sec για την μέση παροχή Q_0 40ετίας.
- β. Προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι ο διαχύτης θα εργάζεται υπό πίεση θα πρέπει το εμβαδόν της κάθε διατομής του διαχύτη να είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των εμβαδών των κατάντι στομιών των διαχυτών.
- γ. Το κριτήριο περί ισοκατανομής των παροχών που τέθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, θεωρείται ότι ικανοποιείται αν η μέγιστη διαφορά μεταξύ των παροχών των διαχυτών δεν υπερβαίνει το 10% του μεγέθους της μικρότερης των παραπάνω παροχών.

4.5.2 Υπολογισμός υδραυλικών απωλειών στον διαχύτηρα

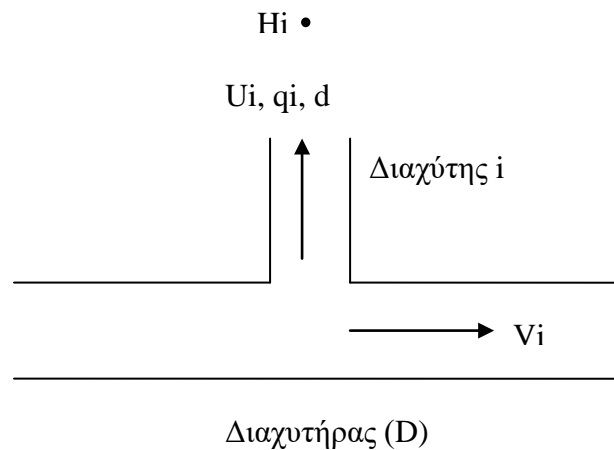
Ο υδραυλικός υπολογισμός ενός διαχυτήρα εφοδιασμένου με διαχύτες (σωληνίσκους), και όχι με σπές, βασίζεται σε αρκετά σύνθετες μαθηματικές εκφράσεις. Το πρόβλημα έχει τύχει συστηματικής διερευνήσεως από το 1960 και μετά και έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα υπολογισμού¹. Εδώ ακολουθείται το μοντέλο των Rawn - Bowerman - Brooks². Με τις αναγκαίες τροποποιήσεις λόγω παρουσίας των διαχυτών, οι οποίες βασίζονται στο μοντέλο των Hudson - Uhler - Bailey³.

Για την ανάπτυξη των σχετικών σχέσεων γίνεται χρήση των εξής συμβολισμών:

¹ L. D. Benefield and J.F. Judkins Jr.: "Treatment Plant Hydraulics for Environmental Engineers, Princtice-Hall, 1984, p. 55

² Rawn – Bowerman – Brooks: "Diffusers for Disposal of Sewage in Sea Water" J. of Sanitary Eng. Div. , ASCE, SA2, 1960.

³ Hudson H.E. Jr. , Uhler R.B. , and Bailey R.W. , "Dividing – Flow Manifolds with square – edged Laterals" Journal Environmental Division, ASCE , 105, 745 (1979).



- V_i : η ταχύτητα των λυμάτων μέσα στον διαχυτήρα αμέσως ανάντι του διαχύτη (i), σε m/sec.
- U_i : η ταχύτητα εκροής των λυμάτων από το διαχύτη (i) σε m/sec.
- H_i : το υδραυλικό φορτίο στην θέση του διαχυτήρα (i), σε μΣΥ.
- η : ο συντελεστής Manning για το υλικό. Εδώ λαμβάνεται $\eta = 0,015$
- q_i : η παροχή του διαχύτη (i), σε m/sec.
- d : η εσωτερική διάμετρος του διαχύτη, σε m
- D_0 : η εσωτερική διάμετρος του αγωγού διαχύσεως, σε m
- t : η απόσταση μεταξύ των διαχυτών, σε m
- L : το μήκος κάθε διαχύτη, σε m

Ο αλγόριθμος που ακολουθείται εδώ αναπτύσσεται αμέσως πιο κάτω:

- α. Εύρεση της εσωτερικής διαμέτρου του αγωγού διαχύσεως (και του υποθαλάσσιου αγωγού, μια και αποφασίζεται να τεθεί ενιαία διάμετρος στο α' μέρος του αγωγού διαχύσεως με τον υποθαλάσσιο αγωγό). Ισχύει:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \max Q_0}{\pi \cdot V_s}} \quad (4.16)$$

- β. Εύρεση της ταχύτητας V_{N-1} , όπου $(N - 1)$ ο προτελευταίος προς τα κατάντη διαχύτης. Είναι: $V_{N-1} = \frac{4q}{\pi D_0^2}$, όπου $q = \frac{\max Q_0}{N}$ και N το πλήθος των διαχυτών.

- γ. Εύρεση της ταχύτητας U_N από την σχέση:

$$U_N = \frac{4q}{\pi d^2}, \quad (4.17)$$

δ. Εύρεση του υδραυλικού H_N από την σχέση:

$$U_N = C_N \sqrt{2gH_N} \quad (4.18), \text{ όπου:}$$

$$\triangleright C_N = \sqrt{\frac{1}{1 + \beta_N + K}}$$

$$\triangleright \beta_n = \Phi \left(\frac{V_{N-1}}{U_N} \right)^2 + \Theta + L$$

$$\triangleright K = 124,59\eta^2 d^{-3/4} L$$

$$\triangleright \Theta = 0,40$$

$$\triangleright \Phi = 0,90$$

ε. Εύρεση του υδραυλικού φορτίου H_{N-1} από την σχέση:

$$H_{N-1} = H_N + 6.35n^2 (V_{N-1})^2 \cdot D_0^{-4/3} t \quad (4.19)$$

στ. Η εύρεση της ταχύτητας εκροής των λυμάτων από τον διαχυτήρα ($N - 1$) είναι μία σχετικά σύνθετη διαδικασία και κρίνεται σκόπιμο να αναπτυχθεί εδώ στην γενική περίπτωση κατά την οποία ζητείται η ταχύτητα U_i του διαχυτήρα (i). Η U_i θα προκύψει από την σχέση:

$$U_i = C_i \sqrt{2gH_i} \quad (4.20)$$

Στην (1) είναι γνωστό το H_i (από το προηγούμενο βήμα) και άγνωστο το C_i και πιο συγκεκριμένα το β_i . Είναι:

$$\beta_i = \Phi \left(\frac{V_{i-1}}{U_i} \right)^2 + \Theta + 1 \quad (4.21)$$

$$V_{i-1} = \left[4 \sum_{i=1}^{i-1} q_i + \pi d^2 U_i \right] \frac{1}{\pi D_0^2} \quad (4.22)$$

$$C_i = \sqrt{\frac{1}{1 + \beta_i + K}} \quad (4.23)$$

Από τον συνδυασμό των σχέσεων (7.15), (7.16), (7.17), (7.18) προκύπτει πεπλεγμένη σχέση της μορφής $f(U_i) = 0$ με μόνο άγνωστο το U_i , η οποία επιλυόμενη με την βοήθεια υπολογιστή δίνει το U_i .

- ζ. Με γνωστή την U_i , βρίσκεται το άθροισμα των παροχών q_i μέχρι και τον διαχυτήρα (i) και κατόπιν η V_{i-1} και το H_{i-1}

Ο παραπάνω αλγόριθμος πινακοποιείται και τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 26
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΙΑΧΥΤΗΡΑ

A/A	Παροχή, διαχύτη q_i (m ³ /sec)	Ταχύτητα διαχύτη U_i (m/sec)	Ταχύτητα διαχυτήρα V_i (m/sec)	Υδραυλικό φορτίο H_i mΣΥ	Σq_i (m ³ /sec)	Διάμετρος διαχυτήρα D_o (m)	Διάμετρος διαχύτη d (m)
1	0,0104	1,41		0,294		0,1982	0,0968
2	0,0103	1,40	0,34	0,304	0,0104	0,1982	0,0968
3	0,0102	1,39	0,67	0,326	0,0207	0,1982	0,0968
4	0,0108	1,47	1,00	0,332	0,0309	0,2776	0,0968
5	0,0107	1,45	0,69	0,342	0,0417	0,2776	0,0968
6	0,0107	1,45	0,87	0,357	0,0524	0,2776	0,0968
					0,0631		

Έλεγχοι περιορισμών

- Η μέγιστη ταχύτητα στον διαχυτήρα διατηρείται μικρότερη από 4,00 m/sec.

➤ Είναι $\frac{\pi \times 0,2776^2}{4} = 0,061 > \Sigma \frac{\pi d^2}{4} = 6x \frac{\pi \times (0,09)^2}{4} = 0,038$

➤ Είναι $\frac{\pi \times 0,1982^2}{4} = 0,031 > \Sigma \frac{\pi d^2}{4} = 3x \frac{\pi \times (0,09)^2}{4} = 0,019$

άρα το εμβαδόν της κάθε διατομής του διαχυτήρα είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των εμβαδών των κατόπτι στομίων των διαχυτών.

- Είναι προφανές ότι ικανοποιείται το κριτήριο ισοκατανομής των παροχών.
- Οι ελάχιστες ταχύτητες, όπως προέκυψαν στην παράγραφο 7.2.1 (0,33 για αγωγό διαμέτρου Ø315 και 0,30 m/sec για αγωγό διαμέτρου Ø225), ικανοποιούνται σε όλο

το μήκος του διαχυτήρα. Δεν θεωρείται συνεπώς αυξημένη η πιθανότητα αποθέσεων στερεών αφού έχουν υποστεί διύλιση πριν την απόρριψη τους στον αποδέκτη.

- Η ταχύτητα εκροής των λυμάτων από τους διαχύτες είναι μικρότερη των 5,00 m/sec.

4.5.3 Υπολογισμός υδραυλικών απωλειών στον υποθαλάσσιο αγωγό μέχρι τον διαχυτήρα

Ο υπολογισμός των γραμμικών απωλειών (h_f) σε αγωγούς υπό πίεση πραγματοποιείται με χρήση της σχέσης Darcy – Weisbach:

$$h_f = \frac{f^* L V^2}{D 2g} \quad (4.24), \text{ όπου:}$$

- f^* : ο συντελεστής τριβών, ο οποίος εξαρτάται από το υλικό του σωλήνα και το είδος της ροής και υπολογίζεται από τη σχέση Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{K_s}{3.70} + \frac{2.51}{\text{Re}^* \sqrt{f}} \right] \quad (4.25), \text{ όπου:}$$

- Re^* : ο αριθμός Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Re} = \frac{V^* D}{\nu} \quad (4.26), \text{ όπου:}$$

- L : Το μήκος του αγωγού μεταξύ φρεατίου φορτίσεως και διαχυτήρα ($L = 770 \text{ m}$)
- V : η ταχύτητα στον αγωγό ($V = 1,29 \text{ m/sec}$)
- D : η εσωτερική διάμετρος του αγωγού ($D_{\text{εσ}} = 0,3526 \text{ m}$)
- g : η επιτάχυνση της βαρύτητας ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$)
- ν : η κινηματική συνεκτικότητα ($\nu = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$)
- K_s : η τραχύτητα του σωλήνα ($K_s = 0,3 \text{ mm}$)

Ο συντελεστής τραχύτητας K_s για τον υποθαλάσσιο αγωγό λαμβάνεται για ασφάλεια ίσος με 0,12 mm (Henderson, 1984). Αυτό γίνεται διότι όταν πρόκειται για μεταφορά λυμάτων και μάλιστα έπειτα από αρκετά χρόνια λειτουργίας, δημιουργείται γλοιώδης επίστρωση στα τοιχώματα των αγωγών, η οποία τείνει να αυξήσει την ισοδύναμη τραχύτητα. Επίσης, οι εναποθέσεις μέσα στον αγωγό και η είσοδος θαλάσσιου νερού με υδρόβιους μικροοργανισμούς είναι παράγοντες που μπορεί να αυξήσουν περαιτέρω την πραγματική τραχύτητα του αγωγού.

Έτσι για την παροχή $Q_0 = 454,82 \text{ m}^3/\text{h}$ του μελετώμενου αγωγού προκύπτει:

- $Re = 456000$
- $f = 0,0167$
- $H_f = 3,11 \text{ m}\Sigma\Upsilon$

Ο υπολογισμός των τοπικών απωλειών πραγματοποιείται με χρήση της σχέσης:

$$h_r = \sum K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (4.27), \text{ όπου:}$$

- V : η ταχύτητα στον αγωγό ανάντι του διαχυτήρα ($V = 1,29 \text{ m/sec}$)
- K : ο συντελεστής τοπικών απωλειών. Οι διάφορες τιμές που λαμβάνει αναγράφονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 27

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	K
Γωνία 90°	0.3
Γωνία 45°	0.2
Είσοδος	0.5
Έξοδος	1.0
Ταυ	0.5
Συρταρωτή βάννα ανοικτή	0.1
Αντεπίστροφο	1.5
Συστολή	0.1
Διαστολή	0.1

Οι τοπικές απώλειες που έχουμε στην παρούσα μελέτη για τον αγωγό είναι:

- Απώλειες εισόδου: $K = 0,5$
- Απώλειες βάννας : $K = 0,1$
- Απώλειες συστολής: $K = 0,1$

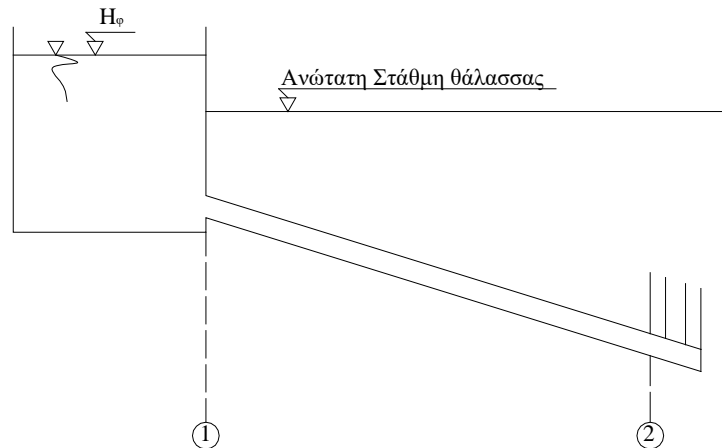
Άρα τελικά οι τοπικές απώλειες προκύπτουν:

$$h_r = (0,5 + 0,1 + 0,1) \frac{1,29^2}{2 * 9,81} = 0,06 \text{ m}\Sigma\Upsilon \quad (4.28)$$

4.5.4 Υπολογισμός στάθμης φρεατίου φόρτισης

Η ανώτατη στάθμη λυμάτων H_ϕ στο φρεάτιο φορτίσεως, δηλαδή στην κεφαλή του αγωγού (σημείο 1 του σχήματος), προκύπτει εφαρμόζοντας την εξίσωση Bernoulli μεταξύ φρεατίου φορτίσεως και διαχυτήρα :

$$H_{\phi} = h_f + h_r + \frac{P_a - P_o}{P_o} h + H_{\delta} + H_{\pi} \quad (4.29), \text{ όπου:}$$



(Σχήμα 4.4)

- h_f : οι γραμμικές απώλειες ροής κατά μήκος του αγωγού ($h_f = 3,11 \text{ m}\Sigma\Upsilon$)
- h_r : οι τοπικές απώλειες του αγωγού ($h_r = 0,06 \text{ m}\Sigma\Upsilon$)
- h : το βάθος στην αρχή του διαχυτήρα, $h = 12,0 \text{ m}$
- P_a : η πυκνότητα του θαλάσσιου ύδατος ($P_a = 1,03 \text{ t/m}^3$)
- P_o : η πυκνότητα των λυμάτων ($P_o = 0,998 \text{ t/m}^3$)
- H_{δ} : το ενεργειακό ύψος στην αρχή του διαχυτήρα (σημείο 2 – $H_{\delta} = 0,36 \text{ m}\Sigma\Upsilon$)
- H_{π} : το ύψος της μέγιστης πλήμμης ($H_{\pi} = 0,71$)

Άρα τελικά προκύπτει :

$$\begin{aligned} H_{\phi} &= 3,11 + 0,06 + \frac{1,03 - 0,988}{0,998} \times 12,0 + 0,36 + 0,71 = \\ &= 3,11 + 0,06 + 0,505 + 0,36 + 0,71 = 4,75 \text{ m}\Sigma\Upsilon \end{aligned}$$

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι κατά την φάση της κατασκευής θα ελεγχθεί το μέγεθος Υ (βάθος θάλασσας στα στόμια των διαχυτών στην ανώτατη πλήμμη), ώστε με νέο υπολογισμό να ορισθεί με πλήρη ακρίβεια η στάθμη του φρεατίου φορτίσεως.

Προβλέπεται η κατασκευή διθάλαμου φρεατίου φορτίσεως διαστάσεων κατόψεως 2,10m x 3,80m σε επαφή με το φρεάτιο δικλείδων του καταθλιπτικού αγωγού επεξεργασμένων. Η οροφή του φρεατίου φόρτισης θα ευρίσκεται στην στάθμη +6,00.

4.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΑΓΩΓΟΥ

4.6.1 Εύρεση βάρους και αποστάσεως μεταξύ των ερμάτων

- Ονομαστική διάμετρος αγωγού: $D = 400 \text{ mm}$
- Εσωτερική διάμετρος: $D_0 = 352,6 \text{ mm}$
- Βάρος σωλήνα $\varnothing 400$ (HDPE 10 Atm): $W = 27,80 \text{ kg/m}$
- Ειδικό βάρος λυμάτων: $P_\lambda = 0,998 \text{ kg/lt}$
- Ειδικό βάρος θαλασσινού νερού: $P_\theta = 1,030 \text{ kg/lt}$
- Ειδικό βάρος σκυροδέματος: $P_\sigma = 2,400 \text{ kg/lt}$

4.6.2 Στατική ανάλυση

- Άνωση αγωγού πλήρως βυθισμένου:

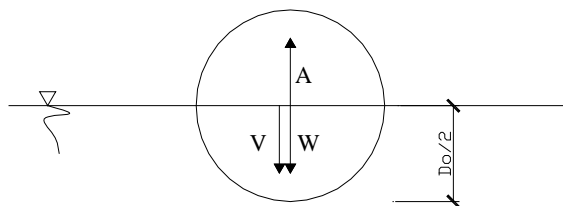
$$A = -\frac{\pi \times (D)^2}{4} \times P_\theta = -129,43 \text{ kg/m}$$

- Βάρος λυμάτων μέσα στον αγωγό:

$$V = -\frac{\pi \times (D_0)^2}{4} \times P_\lambda = 97,45 \text{ kg/m}$$

- Βάρος αγωγού: $= 27,80 \text{ kg/m}$

$$\Sigma F = -4,18 \text{ kg/m}$$



(Σχήμα 4.5)

Συνεπώς απαιτούνται πρόσθετα βάρη. Επιλέγεται πρόσθετο απαιτούμενο βάρος, ώστε ο αγωγός να είναι ευσταθής όταν είναι γεμάτος με λύματα ή θαλασσινό νερό

(περίπτωση ο αγωγός να μείνει κενός δεν υπάρχει, συνεπώς καθίσταται δυσμενής ο έλεγχος με λύματα ειδικού βάρους $0,998 \text{ t/m}^3$).

Επιλέγονται έρματα ανά τόσα μέτρα, έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα πλεύσεως για την πόντιση όταν ο αγωγός είναι κενός. Υποθέτοντας ότι κατά την πόντιση ο αγωγός επιπλέει με βυθισμένη στο νερό την μισή διατομή προκύπτουν:

- Άνωση αγωγού ημιβυθισμένου: = - 64,72 kg/m
- Βάρος αγωγού: = 27,80 kg/m
- ΣF = - 39,92 kg/m

Συνεπώς εκτιμάται βάρος έρματος υπό άνωση 39,92 kg/m. Για την εύρεση της αποστάσεως των ερμάτων θεωρούμε την εξαιρετικά δυσμενή περίπτωση αμφιέριστης στηρίξεως του αγωγού μεταξύ των ερμάτων, κατά την φάση του “μονταρίσματος” του αγωγού στην ξηρά. Από τα στοιχεία του κατασκευαστού προκύπτει από πειραματικό έλεγχο σε κάμψη ότι για εφελκυστική τάση ίση με την επιτρεπόμενη (50 kg/cm^2) το μέγιστο βέλος κάμψεως είναι 6 mm. Το μέγιστο βέλος κάμψεως (από την σχέση της ελαστικής γραμμής) στην περίπτωση αμφιέριστης δοκού που φορτίζεται με ομοιόμορφο φορτίο V δίνεται από την σχέση:

$$\max y = \frac{5}{384} \frac{W \cdot l^4}{E \cdot J} \quad (4.30), \text{ όπου:}$$

- W : Το βάρος της δοκού
- l : Η απόσταση μεταξύ των στηρίξεων
- E : Το εμβαδόν της διατομής της δοκού
- J : Η ροπή αδράνειας

Εδώ είναι: $W = 27,80 \text{ kg/m}$

$$E = 9 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$$

$$\max y = 0,006 \text{ m}$$

$$J = \frac{\pi \times (D^4 - D_0^4)}{64}, \quad J = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των ερμάτων θα πρέπει να είναι:

$$l_{\max} = \left(\frac{384 \times \max y \cdot E \cdot J}{5 \cdot W} \right)^{1/4}, \quad l_{\max} = 5,22 \text{ m}$$

Εκλέγεται απόσταση μεταξύ των ερμάτων 4,0 m.

Συνεπώς θα πρέπει κάθε έρμα στον αέρα να έχει βάρος:

$$39,92 \times 4,00 \times \frac{2,40}{(2,40 - 1,03)} = 279,73 \text{ kg}$$

Άρα τοποθετούνται έρματα στον αγωγό $\varnothing 400$ ανά αποστάσεις 4,0 m, διαστάσεων 0,8 x 0,8 x 0,25 [m].

Για την προστασία του αγωγού (σημεία επαφής αγωγού – έρματος) στο μέσον τα έρματα θα έχουν ενσωματωμένο σωλήνα $\varnothing 450$ από HDPE μικρού μήκους. Ο σωλήνας αυτός θα εξέχει τουλάχιστον 5 cm εκατέρωθεν του έρματος. Στα τμήματα αυτά του σωλήνα που θα εξέχουν του έρματος, θα έχουν θερμοσυγκολληθεί τεμάχια πολυαιθυλενίου ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος αποκολλήσεως του από το έρμα. Ο σωλήνας αυτός καταλαμβάνει εντός του έρματος όγκο ίσο με:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times I_x = \frac{\pi 0,45^2}{4} \times 0,25 = 0,04 \text{ m}^3$$

Και θα έχει βάρος $B_a = 35,20 \text{ kg/m} \times (I_x + 0,05 + 0,05) = 35,20 \times 0,35 = 12,32 \text{ Kg}$

Ο όγκος του σκυροδέματος σε κάθε έρμα θα είναι:

$$V_\sigma = 0,8 \times 0,8 \times 0,25 - 0,040 = 0,12 \text{ m}^3$$

Και το βάρος του σκυροδέματος: $B_\sigma = 0,12 \times 2.400 = 288 \text{ Kg}$

Άρα το ολικό βάρος κάθε έρματος στον αέρα θα είναι $B_\epsilon = B_a + B_\sigma = 300,32 \text{ Kg}$

4.6.3 Έλεγχος σε τάση πυθμένα

Το εμβαδόν κάτοψης του έρματος είναι:

$$E = 0,80 \times 0,25 = 0,20 \text{ m}^2,$$

ενώ το βάρος του είναι:

$$B = 300,32 \text{ Kg}$$

Η τάση που αναπτύσσεται στον πυθμένα από το έρμα είναι:

$$\sigma = \frac{B}{E} = \frac{300,32}{0,20} = 1501,60 \text{ Kg} / \text{m}^2 = 0,15 \text{ Kg} / \text{cm}^2 < \sigma_{\epsilon\pi} = 0,20 \text{ Kg/cm}^2$$

4.6.4 Έλεγχος σε φάση ποντίσεως (τμήμα μήκους 4,0 m)

Όταν ο αγωγός θα είναι κενός, στην φάση ποντίσεως, θα ισχύει:

Βάρος κενού αγωγού + βάρος ερμάτων < άνωσης (πλήρως βυθισμένου αγωγού).

Υποθέτουμε ότι το βάρος κάθε έρματος κατανέμεται σε μήκος αγωγού $L=4,0$ m και ότι ο μισός όγκος του έρματος είναι βυθισμένος στην θάλασσα. Εφαρμόζοντας την πιο πάνω σχέση για μήκος 4,0 m προκύπτουν:

Βάρος κενού αγωγού	= $4,00 \times 27,80 = 111,2$ kg
Βάρος έρματος	= $\frac{300,32}{2}$ kg
Σύνολο βαρών:	<u>411,52</u> kg

Συνολική άνωση πλήρως βυθισμένου αγωγού $A = -\frac{\pi \times (D)^2 \times L}{4} \times P_0 = -517,73$ kg

Άνωση πλήρως βυθισμένου έρματος: $-0,12 \times (2400-1030) = -164,40$ Kg

Συνολική άνωση : $-517,73-164,40 = -682,13$ kg

Προφανώς, αφού $683,13$ kg > $411,52$ kg ο αγωγός στην φάση ποντίσεως επιπλέει στην επιφάνεια με βύθισμα μεγαλύτερο της ημιδιατομής.

Συντελεστής ασφαλείας $682,13 / 411,52 = 1,65 > 1,10$

4.6.5 Έλεγχος με πλήρωση λυμάτων (τμήμα μήκους 4,0 m)

➤ Βάρος αγωγού:	111,2 kg
➤ Βάρος ερμάτων:	300,32 kg
➤ Βάρος λυμάτων:	<u>389,8</u> kg
➤ Συνολικό βάρος:	$\Sigma F = 801,32$ kg
➤ Άνωση:	$A = 682,13$ kg

Συνεπώς προκύπτει συντελεστής ασφαλείας:

$\Sigma F/A = 801,32 / 682,13 = 1,17 > 1,10$

4.6.6 Έλεγχος με πλήρωση θαλασσινού νερού (τμήμα μήκους 4,0 m)

➤ Βάρος αγωγού:	111,2 kg
➤ Βάρος ερμάτων:	300,32 kg
➤ Βάρος θαλασσινού νερού:	<u>402,3</u> Kg
➤ Συνολικό βάρος	$\Sigma F = 813,8$ kg
➤ Άνωση	$A = 682,13$ kg

Συνεπώς προκύπτει συντελεστής ασφαλείας:

$\Sigma F/A = 813,80 / 682,13 = 1,19 > 1,10$

4.7 ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΣΕ ΡΗΞΗ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (BUCKLING STRENGTH)

Στην περίπτωση των σωλήνων από HDPE το κριτήριο για τον υπολογισμό του "buckling strength" είναι η υδροστατική πίεση που εξασκείται από τον υπερκείμενο υδάτινο όγκο. Το "buckling strength" των πλαστικών σωλήνων εξετάζεται στην περίπτωση τοποθέτησής τους σε έδαφος με υψηλό υδάτινο ορίζοντα ή υποθαλάσσια και δίνεται από την εξίσωση:

$$P_{k0} = \frac{E_{RL}}{4(1-\mu^2)} \left(\frac{S}{R} \right)^3 \quad (4.31), \text{ όπου:}$$

- P_{k0} : "buckling strength" του σωλήνα που τοποθετείται μέσα στο νερό (Kp/cm²)
- E_{RL} : το μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα (Kp/cm²)
- S : το πάχος του σωλήνα (cm)
- R : η μέση ακτίνα του σωλήνα (cm)
- μ : ο λόγος του Poisson (για αγωγό από HDPE είναι $\mu = 0.4$)

, όπου:

$$\mu = \frac{\text{πλευρά συρρίκνωσης ανά μονάδα μήκους}}{\text{αξονική επιμήκυνση ανά μονάδα μήκους}}$$

Όταν ο σωλήνας υποστηρίζεται από το έδαφος επίχωσης, τότε η αντοχή του στην ρήξη αυξάνεται αρκετά, ανάλογα με την φύση και τον βαθμό συμπίεσής του εδάφους. Γενικά η αύξηση της αντοχής είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος του μέτρου ελαστικότητας (EB) προς το μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα (ER).

Στην περίπτωση επομένως που έχουμε τοποθέτηση αγωγού μέσα στο έδαφος ισχύει η εξίσωση:

$$P_{k1} = P_{k0} \times f_s \quad (4.32), \text{ όπου:}$$

- P_{k1} : "buckling strength" του σωλήνα μέσα στο έδαφος κάτω από την επίδραση εξωτερικής υδροστατικής πίεσεως.
- P_{k0} : "buckling strength" του σωλήνα μέσα στο νερό (Kp/cm²)
- f_s : συντελεστής προστασίας του σωλήνα που λαμβάνεται από τον παρακάτω

ΠΙΝΑΚΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΩΛΗΝΑ

ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (atm)	ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ f_s	ΧΩΡΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ f_s	ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΕ ΜΠΕΤΟΝ f_s
4,0	2,8	1,2	4,0
6,0	1,2	1,0	4,0

Ο συντελεστής ασφαλείας για το "buckling strength" του σωλήνα δίνεται από την εξίσωση:

$$S = \frac{P_{\kappa 1}}{P_W} \quad (4.33) \text{ ,όπου:}$$

- S : ο συντελεστής ασφαλείας
- $P_{\kappa 1}$: "buckling strength" του σωλήνα (Kp/cm^2)
- P_W : η υδροστατική πίεση του υδάτινου ορίζοντα που εξασκείται πάνω στον σωλήνα

Η υδροστατική πίεση δίνεται από την εξίσωση:

$$P_W = \gamma_w \times H_w \quad (4.34) \text{ ,όπου:}$$

- γ_w : το ειδικό βάρος του νερού
- H_w : το ύψος του υδάτινου ορίζοντα από το σημείο που είναι τοποθετημένος ο σωλήνας

Ο υπολογισμός του buckling strength γίνεται για δύο περιπτώσεις:

- Βραχυχρόνια φόρτιση (φάση πόντισης) και
- Μακροχρόνια φόρτιση (φάση λειτουργίας)

4.7.1 Βραχυχρόνια φόρτιση (φάση πόντισης)

Βραχυχρόνια φόρτιση έχουμε στην φάση πόντισης όπου ο αγωγός ποντίζεται κενός. Για βραχυχρόνια φόρτιση το μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα λαμβάνεται $ERL = 9000 \text{ Kp/cm}^2$

Υπολογισμός διάρκειας για HDPE Ø400 - 10 Atm

Στοιχεία αγωγού: S : πάχος αγωγού ίσο προς 23,70 mm

R : μέση ακτίνα $(20,00 - 2,37/2) = 18,82 \text{ cm}$

$$P_{ko} = \frac{9000}{4(1 - 0,4^2)} \times \left(\frac{2,37}{18,82} \right)^3 = 5,35 \text{ Kp/cm}^2$$

Άρα κενός ο αγωγός μπορεί να ποντισθεί μέχρι 53,5 m ή με συντελεστή ασφάλειας $N = 1,35$ μέχρι τα 39 m.

4.7.2 Μακροχρόνια φόρτιση (φάση λειτουργίας)

Μακροχρόνια φόρτιση έχουμε στην φάση της λειτουργίας του αγωγού. Για μακροχρόνια φόρτιση το μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα λαμβάνεται $ERL = 2000 \text{ Kp/cm}^2$

Από τον τύπο της διάρρηξης αγωγών υπολογίζεται $P_{ko} = 1,19 \text{ Kp/cm}^2$

Ο αγωγός θα τοποθετηθεί στο βαθύτερο σημείο της μηκοτομής σε όρυγμα με επίχωση πάνω από τον αγωγό 1,0 m χωρίς συμπίεση εδάφους και παραμορφώσεις άρα $f_s = 1,2$ και $f_a = 1$.

$$\text{Άρα: } P_{k2} = 1,2 \times 1,19 = 1,42 \text{ Kp/cm}^2$$

Στην περίπτωση λειτουργίας του αγωγού αναπτύσσεται μια διαφορά πίεσης εξωτερικής και εσωτερικής.

Η εσωτερική πίεση δίνεται από τη σχέση:

$$P_{E\Sigma} = \rho_o (H + \Delta H) \quad (4.35), \text{ όπου:}$$

- ρ : η πυκνότητα του θαλάσσιου ύδατος. Λαμβάνουμε $\rho = 1,030 \text{ Kp/cm}^3$
- ρ_o : η πυκνότητα των λυμάτων. Λαμβάνουμε $\rho_o = 0,998 \text{ Kp/cm}^3$
- H : το ύψος της υδάτινης στήλης

- ΔH : η στάθμη στο φρεάτιο φόρτισης για την Μ.Σ.Θ. και για την σημερινή κατάσταση (Ks = 0.03 mm) και για παροχή ίση Q_o : 454,82 m³/hr = 126,3 l/s

Η διαφορά πίεσης προκύπτει από τη σχέση:

$$\Delta P = P_{EΞ} - P_{EΣ} = H (\rho - \rho_o) - \rho_o \Delta H \quad (4.36)$$

Η διαφορά των πιέσεων ΔP μπορεί να είναι θετική ή αρνητική, κάτι το οποίο εξαρτάται από τα δεδομένα. Σε περίπτωση που είναι θετική υπολογίζουμε το μέγιστο επιτρεπόμενο H:

$$H_{\max} = \frac{\rho_{κ2} + \rho \cdot \Delta H}{\rho - \rho_o} \quad (4.37)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 29

ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΓΩΓΟΥ

Πυκνότητα P (Kg/cm ³)	ΔH (m)	Μέγιστο Βάθος τοποθέτησης H _{max} (m)	Συντελεστής ασφάλειας
1.030	3,62	70	2,30

4.8 ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΕΡΓΩΝ – ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ

Στα πλαίσια σύνταξης της εν λόγω μελέτης πραγματοποιήθηκε αυτοψία αλλά και γεωτεχνική έρευνα στην περιοχή των έργων, ώστε να αποκτηθεί πλήρης αντίληψη των υφισταμένων συνθηκών. Κατά την αυτοψία διαπιστώσαμε αφ' ενός τους κινδύνους που διατρέχει το έργο από τους προσπίπτοντες κυματισμούς και καταλήξαμε ότι η δυσμενέστερη περίπτωση είναι αυτή των Νοτιοδυτικών ανέμων. Η σύσταση του εδάφους είναι κοκκώδης με καλή εκσκαψιμότητα.

Το υποθαλάσσιο τμήμα του αγωγού χωρίζεται σε πέντε επί μέρους τμήματα ανάλογα με το βαθμό της κυματικής ενέργειας που τον προσβάλλει και τους εξωτερικούς κινδύνους που ενδεχομένως αντιμετωπίσει (π.χ. άγκυρες σκαφών κλπ.). Με βάση αυτόν τον βαθμό προέκυψαν αντίστοιχες διαφορετικές στρώσεις θωράκισης και εν γένει διατομές.

Μετά το φρεάτιο φόρτισης διαμορφώνεται το υποθαλάσσιο τμήμα του αγωγού. Μέχρι την ισοβαθή των -4,0 m εφαρμόζεται η Διατομή τύπου Α. Αυτή προβλέπει τοπική εκσκαφή του πυθμένα, προς δημιουργία αύλακος εντός του οποίου θα τοποθετηθεί ο αγωγός. Το ελάχιστο εκσκαπτόμενο βάθος του αύλακος είναι 1,50 m , ενώ το πλάτος του στον πυθμένα είναι 1,20 m , με τον αγωγό να τοποθετείται εντός του, εγκιβωτισμένος σε αμμοχάλικο σε ελάχιστη απόσταση από τον πυθμένα εκσκαφής 20 cm. Πάνω από το αμμοχάλικο διαστρώνεται προστατευτική στρώση με λίθους βάρους 20 – 30 Kg μέχρι τον φυσικό πυθμένα. Πάνω από αυτή την στρώση δημιουργείται θωράκιση μέχρι 1,60m πάνω από τον πυθμένα με λίθους βάρους 200 – 300 Kg.

Το δεύτερο τμήμα του αγωγού από την ισοβαθή των -4,0 m, καταλήγει στην ισοβαθή των -10,0 m. Η διατομή αυτή (Διατομή τύπου Β) προβλέπει τοπική εκσκαφή του πυθμένα, προς δημιουργία αύλακος εντός του οποίου θα τοποθετηθεί ο αγωγός. Το ελάχιστο εκσκαπτόμενο βάθος του αύλακος είναι 1,50 m , το πλάτος του αύλακος στον πυθμένα είναι 1,20 m , με τον αγωγό μεταφοράς να τοποθετείται εντός του, εγκιβωτισμένος αμμοχάλικο. Πάνω από το αμμοχάλικο διαστρώνεται προστατευτική στρώση με λίθους βάρους 20 – 30 Kg μέχρι τον φυσικό πυθμένα.

Το τρίτο τμήμα του αγωγού την ισοβαθή των -10,0 m καταλήγει στην ισοβαθή των -11,0 m. Η διατομή αυτή (Διατομή τύπου Γ) προβλέπει τοπική εκσκαφή του πυθμένα, προς δημιουργία αύλακος εντός του οποίου θα τοποθετηθεί ο αγωγός. Το ελάχιστο εκσκαπτόμενο βάθος του αύλακος είναι 1,0 m, με τον αγωγό μεταφοράς να τοποθετείται εντός του εδραζόμενος σε στρώση αμμοχάλικου πάχους τουλάχιστον 0,30m. Ο αγωγός προστατεύεται-εγκιβωτίζεται με σακκόλιθους τσιμεντοδέματος. Πάνω από αυτά διαστρώνεται προστατευτική στρώση με λίθους βάρους 20 – 30 Kg μέχρι τον φυσικό πυθμένα.

Το τέταρτο τμήμα του αγωγού από την ισοβαθή των -11,0 m καταλήγει στην ισοβαθή των -12,0 m, όπου και τοποθετείται ο διαχυτήρας. Η διατομή αυτή (Διατομή τύπου Δ) προβλέπει τοπική εκσκαφή του πυθμένα, προς δημιουργία αύλακος εντός του οποίου θα τοποθετηθεί ο αγωγός. Το ελάχιστο εκσκαπτόμενο βάθος του αύλακος είναι 1,0 m. Ο αγωγός εγκιβωτίζεται σε αμμοχάλικο μέχρι τον φυσικό πυθμένα. Από πάνω και μέχρι ύψος 0,5 m από τον φυσικό πυθμένα διαστρώνεται λιθορριπή με λίθους βάρους 20 – 30 Kg.

Στο πέμπτο τμήμα προβλέπεται η κατασκευή του διαχυτήρα του αγωγού. Ο διαχυτήρας, συνολικού μήκους 30,0 m , τοποθετείται εντός αύλακος βάθους 0,55 m εδραζόμενος σε στρώση αμμοχάλικου πάχους τουλάχιστον 0,20m. Ο αγωγός προστατεύεται-εγκιβωτίζεται με σακκόλιθους τσιμεντοδέματος Πάνω από αυτά

διαστρώνεται προστατευτική στρώση με λίθους βάρους 20 – 30 Kg μέχρι ύψος 0,5 m. από τον φυσικό πυθμένα. Η μέση και τα άκρα του διαχυτήρα θα θανασημανθούν με σημαδούρες.

Για την διάστρωση των φυσικών ογκολίθων θωρακίσεως του υποθαλάσσιου αγωγού στην ακτογραμμή (και έως βάθος -4,0 m), υιοθετήθηκε κλίση πρανών 2:3 (2 ύψος, 3 πλάτος), η οποία είναι η συνήθης εφαρμοζόμενη για έργα του τύπου αυτού (Μ. Δασκαλάκης, Λιμάνια θαλάσσια κύματα και λιμενικά έργα, τόμος Β, Κεφ. 3.3.1.1, σελ. 40).

Για την εκσκαφή της σκάφης όπου θα τοποθετηθεί ο αγωγός, υιοθετήθηκε κλίση πρανών 2:3 (2 ύψος, 3 πλάτος). Η κλίση αυτή είναι πολύ ήπια και εφαρμόζεται ακόμα και σε αμμώδεις πυθμένες. Η υιοθέτησή της στην εν λόγω περίπτωση και για σκάμματα που θα παραμείνουν ανοικτά για μικρό χρονικό διάστημα (ολίγων ημερών), η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα συντηρητική.

Μάιος 2017

Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ



Χ. ΑΦΡΑΤΑΙΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ