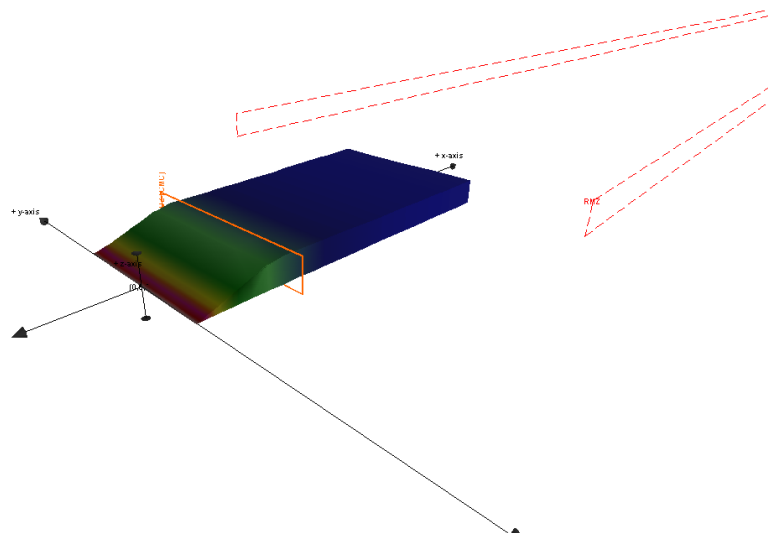




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ
ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Προσομοίωση διάχυσης ρυπαντών υποθαλάσσιων αγωγών σε παράκτιες περιοχές



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΤΣΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (επιβλέπων)

ΚΑΡΑΤΖΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

Οκτώβριος 2010

Χανιά

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή κ. Τσάνη Ιωάννη για την ανάθεση της εργασίας, αλλά και την πολύτιμη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια αυτής. Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής του Πολυτεχνείου Κρήτης για τη συνεχή συνεργασία τους και τη βοήθειά τους σε επιστημονικό αλλά και προσωπικό επίπεδο. Επίσης τα μέλη της τριμελούς επιτροπής Καρατζά Γεώργιο και Χριστόπουλο Διονύσιο.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου που με στηρίζει στα δύσκολα.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ακατέργαστα και επεξεργασμένα υγρά απόβλητα ως συνήθως διατίθενται στα πλησιέστερα υδάτινα σώματα, είτε με επιφανειακές απορρίψεις είτε σε βυθισμένους αποδέκτες. Ένας αποδέκτης μπορεί να πάρει τη μορφή ενός βυθισμένου αγωγού ή μπορεί να περιλαμβάνει έναν διαχυτήρα (ένα τμήμα σωλήνα διάτρητο με δύο ή και περισσότερες εξόδους καλούμενες ως θύρες). Οι διαχυτήρες είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος διάθεσης υγρών αποβλήτων, από τότε που το υγρό διασκορπίζεται γύρω από μια ευρύτερη περιοχή, αυξάνοντας τη διάλυση και μειώνοντας τις επιδράσεις στο νερό που δέχεται.

Μαθηματικά μοντέλα συχνά χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν εάν επιτυγχάνεται διάλυση πάνω από ένα διαχυτήρα προσαρμοσμένη στα επίπεδα ποιότητας του νερού. Τα μοντέλα προβλέπουν τη διάλυση προσομοιώνοντας το μηχανισμό ανάμιξης πάνω απ το διαχυτήρα. Η φυσική επηρεάζεται και από το σχεδιασμό του διαχυτήρα και από τη κατάσταση του νερού που δέχεται. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν να επιδείξουν σημαντική ποικιλιότητα, παράγοντας πολλαπλούς πιθανούς συνδυασμούς διαχυτήρα-περιβάλλοντος, που ένα γενικευμένο μοντέλο πρέπει να προσομοιώσει. Οι δύο πιο κοινοί τύποι μαθηματικών μοντέλων είναι τα ολοκληρωτικά μοντέλα και τα μοντέλα κλίμακας μήκους.

Η παρούσα διπλωματική προορίζεται για να αποδώσει τις βασικές αρχές της μοντελοποίησης της διάλυσης και να προσομοιώσει τη διάχυση ρυπαντών υποθαλάσσιων αγωγών μιας και πολλαπλών θυρών σε στρωματοποιημένο ή ομοιόμορφο περιβάλλον.

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης υδατικών πόρων σε διεθνές, κοινοτικό και εθνικό επίπεδο.

Το **δεύτερο κεφάλαιο** εστιάζει στη φυσική της διάλυσης και στο σχηματισμό του πεδίου των αποβλήτων αλλά ταυτοχρόνως παραθέτει μερικά αριθμητικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν τις 3 τελευταίες δεκαετίες.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται η προσομοίωση της διάχυσης ρυπαντών υποθαλάσσιων αγωγών μίας και πολλαπλών θυρών σε στρωματοποιημένα ή ομοιόμορφα και για στάσιμα ή μη περιβάλλοντα.

Τέλος στο **τέταρτο κεφάλαιο** καταγράφονται τα συμπεράσματα της προσομοίωσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης υδατικών πόρων

1.1 Διεθνές πλαίσιο.....	1
1.2 Κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο	
1.2.1 Ευρωπαϊκό Δίκαιο Υδάτων πριν από την Οδηγία 2000/60.....	2
1.2.2 Η Οδηγία 2000/60/EC, Πλαίσιο Κοινοτικής Δράσης στο Τομέα των Υδάτων.....	3
1.3 Η διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα	
1.3.1 Οι Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα.....	6
1.3.2 Το εθνικό θεσμικό πλαίσιο	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 . Βασικές Αρχές Μοντελοποίησης Αραίωσης

2.1 Η Φυσική του πλουμίου και μοντελοποίηση εκτοξευόμενης δέσμης ροής	
2.1.1 Μια απλή εκροή αποβλήτου από εκτοξευόμενη δέσμη ροή για βυθισμένο αποδέκτη μιας θύρας.....	12
2.1.2 Πλούμια και εκτοξευόμενες δέσμες ροής.....	14
2.1.3 Ζώνη εγγύς στο πεδίο.....	16
2.1.4 Μέτρια ζώνη.....	16
2.1.5 Ζώνη μακριά απ το πεδίο.....	17
2.1.6 Βάθος.....	18
2.1.7 Στρωματοποίηση.....	21
2.1.8 Ρεύμα	23
2.1.9 Η Έννοια της διάλυσης	24
2.2 Γεωμετρία του διαχυτήρα	
2.2.1 Μονο- κατευθυνόμενοι διαχυτήρες.....	26
2.2.2 Σταδιακοί διαχυτήρες.....	28
2.2.3 Εναλλασσόμενοι διαχυτήρες.....	29
2.3 Γενικοί τύποι μοντέλων	
2.3.1 Το ολοκληρωτικό μοντέλο βάσει Euler.....	30
2.3.2 Το ολοκληρωτικό μοντέλο βάσει Lagrange.....	38
2.3.3 Η κλίμακα μήκους του μοντέλου.....	41
2.4 Εμπειρο σύστημα CORMIX.....	44

iii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 . Προσομοίωση διάχυσης ρυπαντών υποθαλάσσιων αγωγών μίας και πολλαπλών θυρών σε στρωματοποιημένα ή ομοιόμορφα και για στάσιμα ή μη περιβάλλοντα.

-CORMIX 1 PREDICTIONS

3.1.1 Εφαρμογή AB Χημική Βιομηχανία.....	48
3.1.2Η κατάσταση του προβλήματος.....	48
3.1.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX1.....	49
3.2.1 MN Βιολογικός Καθαρισμός.....	56
3.2.2Η κατάσταση του προβλήματος.....	56
3.2.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX1.....	57
3.3.1 PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού.....	65
3.3.2Η κατάσταση του προβλήματος.....	65
3.3.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX1	65

-CORMIX 2 PREDICTIONS

3.4.1 Ο αποδέκτης Αλάσκα στο Port Valdez.....	71
3.4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX2.....	72
3.5.1 PPP Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	76
3.5.2Η κατάσταση του προβλήματος.....	76
3.5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης.....	77
3.6.1 AAA Βιολογικός Καθαρισμός.....	83
3.6.2Η κατάσταση του προβλήματος.....	83
3.6.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης	84
3.7.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ York stp.....	91
3.7.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης.....	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Συμπεράσματα.....	96
--------------------------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	98
--------------------------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι(Καρτέλες εισαγωγής δεδομένων)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ(Διαγράμματα απεικόνισης γεωμετρικών στοιχείων)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ(Αρχεία προσομοίωσης CORMIX1,2)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Εκροή αποβλήτου προερχόμενη από δέσμη ροής μιας βυθισμένης θύρας.	13
Εικόνα 2. Έξοδος αποβλήτου από βυθισμένη θύρα	14
Εικόνα 3. Ζώνες ανάμιξης εγγύς και ενδιάμεσες στο πεδίο.....	16
Εικόνα 4. Η μετάβαση από ένα σταθερό σε ένα ασταθές εγγύς στο πεδίο.....	20
Εικόνα 5. Συμπεριφορά εκτοξευόμενης δέσμη ροής από μια οριζόντια απόρριψη...	21
Εικόνα 6. Στρωματοποίηση λίμνης και αναποδογύρισμα.....	22
Εικόνα 7. Παρεμβολή ιδιαίτερων γύρω εκτοξευόμενων δεσμών ροής από πολλαπλών θυρών διαχυτήρων απορρίψεις σχηματίζοντας δισδιάστατες εκτοξευόμενες δέσμες ροής ή πλούμια.....	25
Εικόνα8. Γενικοί τύποι διαχυτήρα και ανταποκρινόμενες παροχές.....	29
Εικόνα9. Τύποι διαχυτήρα και πιθανές γωνίες προσανατολισμού θύρας.....	29
Εικόνα10. Προφίλ ταχύτητας και συγκέντρωσης.....	31
Εικόνα11. Το επίπεδο της εκτοξευόμενης δέσμη ροής σε ένα ομοιόμορφο πλάγιο ρεύμα.....	41
Εικόνα12. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής εφαρμογής AB $\theta=0^0$	55
Εικόνα13. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής εφαρμογής AB $\theta=0^0$	55
Εικόνα14. Τυπικά προφίλ πυκνότητας για θερινές και χειμερινές συνθήκες για MN Treatment Plant.....	56
Εικόνα15. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής-θερινό προφίλ.....	64
Εικόνα16. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής-χειμερινό προφίλ.....	64
Εικόνα17. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής για χαμηλό ρεύμα.....	70
Εικόνα18. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής για υψηλό ρεύμα.....	70
Εικόνα19. Αποδέκτης AAA Municipal :Τυπικά προφίλ πυκνότητας.....	83

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Αρχικές τιμές εφαρμογής AB Χημικής Βιομηχανίας.....	49
Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής AB.....	49
Πίνακας 3. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).....	51
Πίνακας 4. Αρχικές τιμές εφαρμογής MN Βιολογικού Καθαρισμού.....	57
Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής MN.....	57
Πίνακας 6. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).....	60
Πίνακας 7. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ.....	61
Πίνακας 8. Αρχικές τιμές εφαρμογής PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού.....	65
Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού.....	66
Πίνακας 10. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).....	68
Πίνακας 11. Αρχικές τιμές εφαρμογής Alaska Port Valdez.....	72
Πίνακας 12. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής Alaska Port Valdez.....	72
Πίνακας 13. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).....	75
Πίνακας 14. Αρχικές τιμές εφαρμογής PPP Μονάδας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	77
Πίνακας 15. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής PPP.....	77
Πίνακας 16. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).....	80
Πίνακας 17. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ.....	80
Πίνακας 18. Αρχικές τιμές εφαρμογής AAA Βιολογικού Καθαρισμού.....	84
Πίνακας 19. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής AAA.....	84
Πίνακας 20. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).....	87
Πίνακας 21. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ.....	88
Πίνακας 22. Αρχικές τιμές εφαρμογής York stp.....	91
Πίνακας 23. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής York stp.....	91
Πίνακας 24. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).....	93
Πίνακας 25. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ.....	94

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα1. Διάγραμμα ροής εφαρμογής AB	50
Σχήμα2. Διαχυτής εφαρμογής AB- $\theta=0^0$, $\sigma=90^0$	50
Σχήμα3. Διαχυτής εφαρμογής AB- $\theta=30^0$, $\sigma=270^0$	51
Σχήμα4. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής AB $\theta=0^0$ και για $\theta=30^0$	53
Σχήμα5. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου –κατάντη απόστασης εφαρμογής AB $\theta=0^0$	54
Σχήμα6. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου –κατάντη απόστασης εφαρμογής AB $\theta=30^0$	54
Σχήμα7. Διάγραμμα ροής εφαρμογής MN για το θερινό προφίλ	58
Σχήμα8. Διάγραμμα ροής εφαρμογής MN για το χειμερινό προφίλ	58
Σχήμα9. Διαχυτής εφαρμογής MN για θερινό και χειμερινό προφίλ	59
Σχήμα10. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής MN -θερινό προφίλ	62
Σχήμα11. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής MN- χειμερινό προφίλ	62
Σχήμα12. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου -κατάντη απόστασης εφαρμογής MN-θερινό προφίλ	63
Σχήμα13. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου -κατάντη απόστασης εφαρμογής MN-χειμερινό προφίλ	63
Σχήμα14. Διάγραμμα ροής εφαρμογής PQ Power Company	66
Σχήμα15. Διαχυτής εφαρμογής PQ Power Company	67
Σχήμα16. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PQ Power Company για χαμηλό ρεύμα	68
Σχήμα17. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PQ Power Company για υψηλό ρεύμα	69
Σχήμα18. Διάγραμμα συγκέντρωσης με κατάντη απόσταση για χαμηλό ρεύμα	69
Σχήμα19. Διάγραμμα συγκέντρωσης με κατάντη απόσταση για υψηλό ρεύμα	70
Σχήμα20. Διάγραμμα ροής εφαρμογής Alaska Port Valdez	73
Σχήμα21. Διαχυτής εφαρμογής Alaska Port Valdez το μήνα Νοέμβριο	73
Σχήμα22. Διαχυτής εφαρμογής Alaska Port Valdez το μήνα Απρίλιο	73
Σχήμα23. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής Alaska Port Valdez	75
Σχήμα24. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης	76
Σχήμα25. Διάγραμμα ροής εφαρμογής PPP για $u=0.03\text{m/s}$	78
Σχήμα26. Διαχυτής εφαρμογής PPP για $u=0.01\text{m/s}$	78
Σχήμα27. Διαχυτής εφαρμογής PPP για $u=0.03\text{m/s}$	79
Σχήμα 28. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PPP για $u=0.03\text{m/s}$	81
Σχήμα29. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PPP για $u=0.15\text{m/s}$	81
Σχήμα30. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής PPP για $u=0.03\text{m/s}$	82
Σχήμα31. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής PPP για $u=0.15\text{m/s}$	82

Σχήμα32. Διάγραμμα ροής εφαρμογής AAA Βιολογικού Καθαρισμού για χειμερινές συνθήκες.....	85
Σχήμα33. Διάγραμμα ροής εφαρμογής AAA Βιολογικού Καθαρισμού για θερινές συνθήκες.....	85
Σχήμα34. Διαχυτής εφαρμογής AAA Βιολογικού Καθαρισμού για χειμερινές συνθήκες.....	86
Σχήμα35. Διαχυτής εφαρμογής AAA Βιολογικού Καθαρισμού για θερινές συνθήκες.....	86
Σχήμα36. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής για χειμερινές συνθήκες.....	89
Σχήμα37. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής AAA για θερινές συνθήκες.....	89
Σχήμα38. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής AAA για χειμερινές συνθήκες.....	90
Σχήμα39. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής AAA για θερινές συνθήκες.....	90
Σχήμα40. Διάγραμμα ροής εφαρμογής York stp.....	92
Σχήμα41. Διαχυτής εφαρμογής York stp.....	92
Σχήμα 42. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής York stp.....	94
Σχήμα43. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής York stp.....	95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.1 Διεθνές πλαίσιο για την προστασία των υδατικών πόρων

Ο ισχυρός ανταγωνισμός για το καθαρό και φρέσκο νερό, που αποτελεί έναν εν ανεπάρκεια φυσικό πόρο, αναμένεται να αποτελέσει μία από τις πιο σημαντικές πηγές συγκρούσεων στο μέλλον. Γι αυτό άλλωστε, η ανάληψη της δέσμευσης να ληφθούν μέτρα, ώστε να μειωθεί στο μισό ο αριθμός των ατόμων που δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό και σε βασικές εγκαταστάσεις υγιεινής ως το 2015, θεωρήθηκε ως μία απ αυτό τις πιο σημαντικές επιτυχίες της Παγκόσμιας Συνόδου για την αειφόρο ανάπτυξη που πραγματοποιήθηκε στο Γιοχάνεσμπουργκ το Σεπτέμβριο του 2002.

Αλλά και κατά το 3^ο παγκόσμιο φόρουμ για τα νερά, που έλαβε χώρα στο Κιότο της Ιαπωνίας στις 22 και 23 Μαρτίου του 2003, διεθνής κοινότητα επαναβεβαίωσε τη μέγιστη σημασία που έχει η ορθολογική διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και για την υλοποίηση των διεθνώς συμφωνημένων αναπτυξιακών στόχων της Χιλιετίας των Ηνωμένων Εθνών (Millennium Goals). Έχει αναγνωριστεί επομένως από όλα τα μέλη της διεθνούς κοινότητας ότι τα θέματα του νερού θα πρέπει να συνιστούν κεντρική προτεραιότητα σε παγκόσμιο, περιφερειακό, εθνικό και τοπικό επίπεδο.

Η διαρκώς αυξανόμενη σημασία της αειφορικής διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων σε συνδυασμό με τη σταδιακή υιοθέτηση του μοντέλου της αειφόρου ανάπτυξης ως κεντρικής πολιτικής επιλογής, αλλά και τη σταδιακή αναγνώριση της αειφόρου ανάπτυξης ως αρχής του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου, έχουν επηρεάσει καθοριστικά το περιεχόμενο του διεθνούς συμβατικού δικαίου για την προστασία και διαχείριση των υδατικών πόρων.

Ειδικότερα, στο περιεχόμενο των δύο πιο σημαντικών διεθνών συμβάσεων για την προστασία και διαχείριση των διασυνοριακών υδάτων, δηλαδή στη Σύμβαση της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη για την προστασία και χρήση των διασυνοριακών υδάτων και των διεθνών λιμνών και στη σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για τις μη ναυσιπλοϊκές χρήσεις των διεθνών υδατορευμάτων, αντανακλώνται με σαφή τρόπο τα νέα διεθνοπολιτικά αλλά και κανονιστικά δεδομένα, που απορρέουν από την υιοθέτηση της αειφόρου ανάπτυξης. Το κοινό βασικό χαρακτηριστικό αυτών των συνθηκών είναι ότι το κανονιστικό τους περιεχόμενο

διέπεται σε μεγάλο βαθμό απ την υιοθέτηση του μοντέλου της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων (Integrated water management) ως το πλέον κατάλληλο μοντέλο διαχείρισης. Για το λόγο αυτό συνιστούν άλλωστε σε σημαντικό βαθμό τις καθοριστικές διεθνείς επιρροές για τη θέσπιση της οδηγίας-πλαίσιο σε επίπεδο ευρωπαϊκής έννομης τάξης. Περαιτέρω ,η υιοθέτηση του μοντέλου της ολοκληρωμένης διαχείρισης συνάγεται απ τις διατάξεις των Συνθηκών ,που ρυθμίζουν θέματα που αφορούν στην ποιοτική και στην ποσοτική διάσταση της διαχείρισης των υδατικών πόρων αλλά και στην προστασία των υδατικών οικοσυστημάτων στο πλαίσιο μιας οικοσυστημικής προσέγγισης.

Συμπερασματικά αξίζει να υπογραμμισθεί ότι τόσο το μοντέλο της ολοκληρωμένης διαχείρισης, όσο και η υιοθέτηση της οικοσυστημικής προσέγγισης για τη διαχείριση και προστασία των υδάτων συνδέονται με το κανονιστικό περιεχόμενο της αρχής της αειφόρου ανάπτυξης (Καραγεώργου,2007).

1.2.1 Ευρωπαϊκό Δίκαιο Υδάτων πριν από την Οδηγία 2000/60

Οι ρυθμίσεις του ευρωπαϊκού δικαίου για τους υδατικούς πόρους αποτέλεσαν από τις πρώτες ρυθμιστικές παρεμβάσεις στο πεδίο του ευρωπαϊκού δικαίου περιβάλλοντος καθώς οι πρώτες σχετικές οδηγίες θεσπίστηκαν ήδη στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Από τότε μέχρι σήμερα έχει εκδοθεί ένα πλήθος κοινοτικών οδηγιών για την προστασία των υδατικών πόρων. Οι κοινοτικές διατάξεις για την προστασία των υδάτων μπορούν να ενταχθούν σε δύο «κύματα» νομοθεσίας.

Το **πρώτο κύμα** συνίσταται από νομοθετικό πλέγμα ποιοτικών στόχων που περιλαμβάνει την οδηγία για τα επιφανειακά νερά, την οδηγία για τα νερά κολύμβησης, την οδηγία για τα νερά αλιείας, την οδηγία για τα νερά με οστρακοειδή, την οδηγία για το πόσιμο νερό, την οδηγία για τις επικίνδυνες ουσίες και την οδηγία για τα υπόγεια νερά.

Η πιο σημαντική οδηγία στην κατεύθυνση της μείωσης των εκπομπών είναι η οδηγία 76/464, η οποία άλλωστε αποτελεί μέχρι και σήμερα και το βασικότερο τμήμα του ευρωπαϊκού δικαίου για την προστασία των υδατικών πόρων, με στόχο την εξάλειψη της ρύπανσης των υδάτων από ορισμένες ιδιαίτερα επικίνδυνες ουσίες.

Το **δεύτερο κύμα** περιλαμβάνει πιο εξειδικευμένες οδηγίες, οι οποίες διακρίνονται από την προσπάθεια καθορισμού των μεγίστων ορίων ανεκτής ρύπανσης των υδατικών πόρων αλλά και από τη θέσπιση αυστηρών οριακών τιμών

εκπομπής για συγκεκριμένες ουσίες και συγκεκριμένων τεχνικών προδιαγραφών με βάση τις πιο σύγχρονες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες. Οι πιο χαρακτηριστικές οδηγίες του δεύτερου κύματος είναι

- Η οδηγία 91/271 η οποία θεσπίζει συγκεκριμένες υποχρεώσεις για τα κράτη-μέλη όσον αφορά τη συλλογή, επεξεργασία, και απόρριψη αστικών λυμάτων και λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους.
- Η οδηγία 91/676 με την οποία επιδιώκεται η μείωση της ρύπανσης των υδατικών πόρων από τα νιτρικά ιόντα γεωργικής προέλευσης.
- Η οδηγία 98/83 η οποία θεσπίζει συγκεκριμένες αυστηρές προϋποθέσεις για την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.

1.2.2 Η Οδηγία 2000/60/EC, Πλαίσιο Κοινοτικής Δράσης στο Τομέα των Υδάτων

Σήμερα το ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδάτων καθορίζεται κυρίως από την Οδηγία 2000/60/EC στην οποία προτείνεται ένα μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων με στόχο τη διατήρηση και βελτίωση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων και καθορίζεται το πλαίσιο για την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους σε επίπεδο των λεκανών απορροής, με βάση την αειφορία. Παρέχει τη βάση για τη χάραξη και υλοποίηση από πλευράς των κρατών – μελών μιας βιώσιμης πολιτικής για τους υδατικούς πόρους, με στόχο τόσο την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό διαχρονικά όσο και τη προστασία και διατήρηση των υδατικών οικοσυστημάτων μέσω της επίτευξης του στόχου για καλή κατάσταση τους έως το 2015.

Κύριος στόχος της οδηγίας αποτελεί η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων νερών. Σε αντίθεση με την υπάρχουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία η παρούσα οδηγία ορίζει ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογής υπερβαίνοντας τον αποσπασματικό χαρακτήρα των προηγούμενων ρυθμίσεων, προχωρώντας σε μια ενιαία προσέγγιση του προβλήματος (Καραγεώργου, 2003).

Στο κείμενο της οδηγίας ορίζεται για πρώτη φορά η έννοια της λεκάνης απορροής ποταμού ως *«η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρεμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα»* (άρθρο 1).

Σύμφωνα με την οδηγία τα κράτη-μέλη θα πρέπει να ορίσουν καταρχάς τα υδατικά διαμερίσματα στο πλαίσιο της επικράτειας τους, με βάση τις επιμέρους λεκάνες απορροής ποταμού. Πρέπει να διασφαλιστεί η εφαρμογή των κανόνων της οδηγίας σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, θεσπίζοντας τις κατάλληλες διοικητικές ρυθμίσεις, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται και ο προσδιορισμός της αρμόδιας αρχής για τη διαχείριση των υδάτων. Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου διαχείρισης, που έχει ως βασική μονάδα την περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, έγκειται ειδικότερα στο γεγονός ότι καθίσταται δυνατόν να ληφθούν υπόψη οι διαφορετικές μορφές του ύδατος (νερό ποταμών, λιμνών, πηγών), οι διάφορες χρήσεις του, αλλά και οι επιπτώσεις που υφίσταται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στο πλαίσιο μιας ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής. Έτσι ο σχεδιασμός και η διαχείριση των υδατικών πόρων γίνονται περισσότερο αποτελεσματικά καθώς είναι προσανατολισμένα στα φυσικά δεδομένα και συνθήκες με βάση τα οποία καθορίζονται οι αντίστοιχες διοικητικές ενότητες και όχι αντίστροφα (Καραγεώργου, 2003).

Οι περιβαλλοντικοί στόχοι της Οδηγίας αποσκοπούν κυρίως στη προστασία και βελτίωση των οικοσυστημάτων, στην προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υδάτων, στη μείωση των δυσμενών επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες και στην προστασία της ποιότητας των θαλάσσιων υδάτων. Οι στόχοι αυτοί κατατάσσονται σε τρεις βασικές ενότητες, που αναφέρονται στα επιφανειακά νερά, στα υπόγεια νερά και στις προστατευόμενες περιοχές. Ενιαίος στόχος είναι η κατάκτηση και διατήρηση της καλής ποιότητας όλων των υδατικών πόρων. Οι κανονιστικοί προσδιορισμοί οι οποίοι εκφράζουν την επιθυμητή κατάσταση της ποιότητας των υδάτων ορίζονται μέσω των σχεδίων διαχείρισης στο πλαίσιο της περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού.

Τα Σχέδια Διαχείρισης καταρτίζονται για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής και αποτελούν ένα πλαίσιο το οποίο δίνει τη δυνατότητα για μια ολοκληρωμένη παρατήρηση, εξέταση και ανάλυση των φυσικών χαρακτηριστικών, επιφανειακών και υπόγειων νερών. Μέσα σε αυτά εξετάζεται η δυνατότητα ικανοποίησης των διαφόρων αναγκών σε νερό αλλά και η εξισορρόπηση μεταξύ ανταγωνιστικών αναγκών θέτοντας προτεραιότητες και καταστρώνοντας κατάλληλα διαχειριστικά σενάρια ζήτησης. Επίσης στο πλαίσιο των σχεδίων διαχείρισης της λεκάνης απορροής, μπορεί να γίνει καλύτερος συγχρονισμός των συνολικών μέτρων

προστασίας των υδάτων λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τις ιδιαιτερότητες τόσο από τη ποσοτική και ποιοτική κατάσταση του υδατικού δυναμικού της όσο και τα προβλήματα που εμφανίζει αλλά και τις ιδιαιτερότητες των αναγκών σε νερό. Δίνεται έτσι η ευκαιρία για επίτευξη ολοκληρωμένης πολιτικής προστασίας ύδατος.

Κάθε κράτος μέλος εξασφαλίζει ότι για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού που ανήκει ολοκληρωτικά ή τμήμα της στο έδαφος του, αναλαμβάνεται: α) η ανάλυση των χαρακτηριστικών της (γεωλογικά, και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά καθώς και υδροαγωγιμότητα, πορώδες, στεγανότητα, τα χαρακτηριστικά των επιφανειακών εναποθέσεων και εδαφών της υδρολογικής λεκάνης από την οποία τροφοδοτείται ο υπόγειος υδροφόρας, χαρακτηρισμός της χημικής σύνθεσης των υπόγειων νερών, κτλ) β) η επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και γ) η οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος. Οι παραπάνω αναλύσεις και επισκοπήσεις θα γίνονται σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές που ορίζονται στην Οδηγία.

Επίσης για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού τα κράτη-μέλη προσδιορίζουν όλα τα υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την υδροληψία με σκοπό την ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχουν κατά μέσο όρο άνω των ³ 10m ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από πενήντα άτομα, και συστήματα που προορίζονται για τη χρήση αυτή. Τα κράτη-μέλη πρέπει να εξασφαλίζουν ότι το νερό που προκύπτει από αυτά πληροί τις απαιτήσεις της Οδηγίας 80/778/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 98/83/ΕΚ, καθώς και την αποφυγή της υποβάθμισης της ποιότητάς τους, έτσι ώστε να μειωθεί το επίπεδο επεξεργασίας καθαρισμού που απαιτείται για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Τέλος, νέο στοιχείο που εισάγει η Οδηγία 2000/60 είναι η οικονομική θεώρηση στη διαχείριση των υδατικών πόρων και στη λήψη αποφάσεων υδατικής πολιτικής, για το χαρακτηρισμό των λεκανών απορροής ποταμού και για την επιλογή των καταλληλότερων μέτρων. Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας βασίζεται σε οικονομικές πολιτικές (η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»), οικονομικά εργαλεία και τεχνικές (ανάλυση της οικονομικής αποδοτικότητας των μέτρων) και μέτρα (τιμολόγηση υπηρεσιών ύδατος). Η σημαντικότερη συνεισφορά της Οδηγίας είναι η δημιουργία ενός κοινού πλαισίου διαχείρισης που περιλαμβάνει πολιτικές και μέτρα όπως η τιμολόγηση των υπηρεσιών ύδατος με βάση την ανάκτηση του

συνολικού κόστους(Τσούτσος,2002). Στο πρώτο στάδιο εφαρμογής της Οδηγίας τα κράτη μέλη υποχρεώνονται να εκτιμήσουν το βαθμό στον οποίο το συνολικό κόστος των υπηρεσιών ύδατος ανακτάται και σε επόμενο στάδιο υποχρεώνονται να χρησιμοποιήσουν τις κατάλληλες πολιτικές τιμολόγησης για την πλήρη ανάκτηση του κόστους υπηρεσιών ύδατος. Μέχρι το 2010 τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι οι πολιτικές τιμολόγησης του νερού θα παρέχουν κατάλληλα κίνητρα στους χρήστες για αποτελεσματική και σωστή χρήση των υδατικών πόρων καθώς και τη διάκριση των διαφόρων χρήσεων ύδατος τουλάχιστον σε βιομηχανία, νοικοκυριά και γεωργία.

1.3 Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1.3.1 Οι Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, ο συνολικός όγκος νερού των κατακρημνισμάτων (βροχή και χιόνι) εκτιμάται σε $115 \times 10^9 \text{ m}^3$ ανά έτος. Τα συνολικά ανανεώσιμα αποθέματα νερού ανέρχονται σε $70 \times 10^9 \text{ m}^3$ ανά έτος και η συνολική αντίστοιχη κατανάλωση σε $5.5 \times 10^9 \text{ m}^3$. Από αυτά το 80-84% χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς, το 13-15% για την ύδρευση οικισμών και το 2,5-4% διατίθεται για βιομηχανική χρήση και παραγωγή ενέργειας(Μυλόπουλος,2001). Παρ' όλο όμως που οι αριθμοί δείχνουν μια πολύ ικανοποιητική κατάσταση για τους υδατικούς πόρους της χώρας, στην Ελλάδα το νερό αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή.

Η κρισιμότητα του ζητήματος αφορά παράγοντες που σχετίζονται τόσο με τα κλιματικά και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της χώρας, όσο και με την πολιτική της διαχείρισης που εφαρμόζεται στη χώρα μας. Η χωρική και χρονική ανισοκατανομή της φυσικής προσφοράς του νερού της βροχής αλλά και της ζήτησής του είναι ένας από αυτούς τους παράγοντες. Έτσι, στην ηπειρωτική και ορεινή Ελλάδα και κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων, ενώ αντίθετα η πεδινή και παράκτια χώρα, στην οποία συγκεντρώνεται και το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης δραστηριότητας (γεωργία και τουρισμός), αφενός χαρακτηρίζεται από χαμηλά ποσοστά βροχόπτωσης, αφετέρου υπάρχει ζήτηση για κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Ας μη ξεχνάμε πως δύο από τους σημαντικότερους οικονομικούς παράγοντες της χώρας, ο τουρισμός και η γεωργία, στηρίζονται στην κατανάλωση νερού.

Ο περιορισμένος αριθμός και η γεωγραφική κατανομή των ποτάμιων συστημάτων, η οποία οφείλεται στο γεωμορφολογικό ανάγλυφο καθώς και η έλλειψη υδροτεχνικών έργων, οδήγησε σε μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων και στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου νερού με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιοχές την έντονη υποβάθμιση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα ή ακόμα και την υφαλμύριση σε παράκτιες περιοχές. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι η ανατολική περιοχή της Θεσσαλίας στην οποία ήδη έχει εισχωρήσει η υφάλμυρη σφήνα στον υδάτινο υδροφορέα. Η υφαλμύριση των υδροφορέων των παράκτιων και νησιωτικών περιοχών, λόγω των υπεραντλήσεων είναι ο λόγος για πολλά προβλήματα λειψυδρίας κυρίως στα νησιά της χώρας. Επίσης σε περιοχές με έντονη αγροτική δραστηριότητα η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων σε συνδυασμό με την έλλειψη μέτρων προστασίας για τη διοχέτευση τους έχει ως αποτέλεσμα τη ποιοτική υποβάθμιση των υδροφορέων.

Σε όλα τα παραπάνω προστίθεται και η ανυπαρξία ενιαίας πολιτικής σε θέματα νερού στη χώρα μας. Σε διοικητικό επίπεδο δεν υπάρχει σαφής προσδιορισμός των αρμόδιων οργάνων που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους καθώς η νομοθεσία που αφορά στους υδατικούς πόρους, δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη ολοκληρωμένα. Σημαντικό σημείο επίσης αποτελεί η υποτιμολόγηση του νερού στην Ελλάδα. Το νερό θεωρείται κοινωνικό αγαθό που πρέπει να παρέχεται σε χαμηλή τιμή και που η κύρια χρήση του, η άρδευση, είναι σχεδόν δωρεάν, πράγμα που ίσως παρεμποδίζει τον αποδοτικό και ορθολογικό τρόπο διαχείρισης του.

Τέλος, στην Ελλάδα κύρια υδατικά συστήματα «μοιράζονται» με γειτονικές χώρες. Τα κύρια ποτάμια συστήματα του βόρειου τμήματος της χώρας, (Εβρος, Νέστος, Στρυμόνας, Αξιός, Αλιάκμονας) καθώς και τρεις από τις μεγαλύτερες λίμνες ανήκουν και σε γειτονικές χώρες. Αυτό δυσκολεύει τόσο τον έλεγχο της ρύπανσης που εμφανίζεται στα συστήματα αυτά όσο και την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού αυτών. Η κατασκευή ενός τεχνητού έργου ή π.χ η εκτροπή μέρους του ρου ενός διασυνοριακού ποταμού από μια χώρα, θα έχει άμεσο αντίκρισμα στην γειτονική της. Γι' αυτό και η διαχείριση των διασυνοριακών συστημάτων επιβάλλει μια συνεργασία μεταξύ των χωρών με στόχο την ενιαία διαχείριση αυτών.

1.3.2 Το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο

Έτσι το 1987, μετά την ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ψηφίστηκε ο **νόμος 1739/87** για τη «Διαχείριση των Υδατικών Πόρων» της χώρας, ο οποίος αποτελεί και την πρώτη επίσημη κρατική παρέμβαση με στόχο την προστασία και την ορθολογική αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού. Ο νόμος 1739/87 υπήρξε καινοτόμος στη σύλληψή του, καθώς αντιμετωπίζει το νερό ως φυσικό αγαθό σε ανεπάρκεια και δίνει έμφαση στον κοινωνικό χαρακτήρα του. Ιδιαίτερα σημαντικές υπήρξαν οι βασικές αρχές και διατάξεις του με βάση τις οποίες αναγνωρίζεται ο στρατηγικός ρόλος της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων, η οποία πλέον διαχωρίζεται σαφώς από τη χρήση του νερού, θεσμοθετούνται τα όργανα άσκησης της σε κεντρικό και περιφερειακό επίπεδο και αποκαθίσταται ο φορέας για την ενιαία αντιμετώπιση της από μέρους της διοίκησης.

Σημαντικό επίσης σημείο του νόμου είναι ότι αναγνωρίζεται η αδυναμία ταύτισης της φυσικής μονάδας της υδρολογικής λεκάνης με τα διοικητικά όρια της Νομαρχίας και της Περιφέρειας. Για το λόγο αυτό η χώρα χωρίστηκε σε 14 υδατικά διαμερίσματα που περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα υδρογραφικά δίκτυα, χαρακτηρίζονται από όμοιες κατά το δυνατόν υδρολογικές συνθήκες και τα οποία αν και αντιστοιχούν σε διοικητικές περιφέρειες, εντούτοις δεν συμπίπτουν υποχρεωτικά με αυτές. Κάθε υδατικό διαμέρισμα περιλαμβάνει μια ή και περισσότερες υδρολογικές λεκάνες και αποτελεί τη βασική διοικητική μονάδα για την άσκηση κάθε δραστηριότητας διαχείρισης ή χρήσης νερού. Σε κάθε διοικητικό διαμέρισμα αντιστοιχεί και μια Περιφερειακή Υπηρεσία Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων. Οι δεκατέσσερις αυτές υπηρεσίες, ανήκουν οργανικά στο συντονιστικό φορέα που κατά το νόμο είναι το Υπουργείο Ανάπτυξης. (Χατζηευαγγέλου,2005).

Για πρώτη φορά στη νομοθεσία καθιερώνεται ο προγραμματισμός ανάπτυξης των υδατικών πόρων. Βασικό βήμα για τον προγραμματισμό αυτό αποτελεί η διαμόρφωση ισοζυγίων προσφοράς και ζήτησης νερού με βάση, τόσο την υφιστάμενη κατάσταση, όσο και τη μελλοντική προοπτική και εξέλιξη. Τα ισοζύγια εκπονούνται πρώτα σε επίπεδο λεκάνης απορροής, γενικεύονται όμως στη συνέχεια σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος, συμπεριλαμβάνοντας τις σχέσεις μεταξύ των λεκανών.

Σημαντική ρύθμιση του νόμου 1739/87 αποτελεί η καθιέρωση του θεσμού της άδειας για την άσκηση του δικαιώματος χρήσης του νερού και εκτέλεσης έργου

αξιοποίησης του. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται τόσο ο έλεγχος των νέων χρήσεων και έργων, όσο και η καταγραφή των υφιστάμενων καταναλώσεων του νερού. Από την υποχρέωση έκδοσης άδειας εξαιρούνται οι οικιακές ανάγκες (μέχρι 3 κυβικά μέτρα την ημέρα).

Ο νόμος 1739/89 έγινε στόχος αντιδράσεων, συντεχνιακού κυρίως χαρακτήρα, και θύμα της γνωστής αδράνειας της διοικητικής μηχανής. Τα Προεδρικά Διατάγματα που προβλέπονταν καθυστέρησαν να εκδοθούν και ακόμη περισσότερο να υλοποιηθούν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός νόμου του οποίου η επιτυχία στηρίχτηκε στη διοικητική μεταρρύθμιση και την αποκεντρωμένη δομή, να εφαρμόζεται μερικά. Η εφαρμογή του περιορίστηκε στην κεντρική του υπηρεσία ενώ οι περισσότερες περιφερειακές υπηρεσίες δεν έγιναν ποτέ και όσες έγιναν λειτούργησαν πλημμελώς και με ελάχιστο προσωπικό.

Δεκαέξι χρόνια αργότερα, ψηφίστηκε ο **νόμος 3199/2003** για τη «Προστασία και Διατήρηση των Υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/EK». Σύμφωνα με το νόμο 3199/2003, καθορίζονται οι φορείς και τα όργανα που είναι υπεύθυνα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Έτσι, σε **Εθνικό επίπεδο** συνίσταται η Εθνική Επιτροπή Υδάτων η οποία χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, παρακολουθεί και ελέγχει την εφαρμογή της και εγκρίνει, μετά από εισήγηση του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και γνώμη του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων, τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας. Συνίσταται το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων με τη συμμετοχή πολλών φορέων και έχοντας κυρίως συμβουλευτικό χαρακτήρα απέναντι στην Εθνική Επιτροπή Υδάτων. Συνίσταται στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων η οποία ασκεί κυρίως τις εξής αρμοδιότητες:

- Καταρτίζει εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης εθνικού υδατικού δυναμικού.
- Εισηγείται τους γενικούς κανόνες κοστολόγησης και τιμολόγησης των υδάτων και παρακολουθεί την τήρησή τους.
- Εισηγείται νομοθετικά και διοικητικά μέτρα για την προστασία και διαχείριση των υδάτων.
- Διαχειρίζεται βάση υδρολογικών και μετεωρολογικών δεδομένων σε εθνικό επίπεδο.

- Παρακολουθεί την ποιότητα και ποσότητα των υδάτων σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών.
- Παρακολουθεί τη λειτουργία των Διευθύνσεων Υδάτων των Περιφερειών και παρέχει οδηγίες για την άσκηση των αρμοδιοτήτων τους.

Συνίσταται τέλος η Γνωμοδοτική Επιτροπή Υδάτων, η οποία γνωμοδοτεί προς τη Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.

Σε Περιφερειακό επίπεδο, η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας είναι αρμόδια, επιγραμματικά, για την:

- Προστασία και διαχείριση κάθε λεκάνης απορροής που ανήκει σ' αυτήν (από κοινού για λεκάνες απορροής που ανήκουν σε περισσότερες από μια Περιφέρειες).
- Λήψη αναγκαίων μέτρων που αφορούν κυρίως : α) την αναβάθμιση και αποκατάσταση υδατικών συστημάτων, β) τη πρόληψη της υποβάθμισης των υδάτων, γ) τη μείωση της ρύπανσης και τη σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων των διάφορων ουσιών δ) την ισορροπία μεταξύ άντλησης και εμπλουτισμού υδροφορέων ε) το μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.
- Συγκέντρωση και επεξεργασία ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων (αποστολή σε βάση υδρολογικών και μετεωρολογικών δεδομένων).
- Μέριμνα για τη συμμετοχή του κοινού.

Συνίσταται, επίσης, Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων που γνωμοδοτεί πριν την έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης αλλά και για κάθε θέμα που του ζητηθεί γνώμη.

Η προστασία και η διαχείριση των υδατικών πόρων γίνεται στο πλαίσιο της λεκάνης απορροής ποταμού. Για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού η αντίστοιχη Περιφέρεια εκπονεί το Σχέδιο Διαχείρισης το οποίο ισχύει για έξι χρόνια. Το Σχέδιο Διαχείρισης περιέχει όλα τα στοιχεία, πληροφορίες και εκτιμήσεις που είναι απαραίτητα για την προστασία και διαχείριση των υδάτων. Σ' αυτό περιλαμβάνονται και τα Προγράμματα Μέτρων και τα Προγράμματα Παρακολούθησης της κατάστασης των Υδάτων που επίσης καταρτίζονται από τις Περιφέρειες. Το Πρόγραμμα Μέτρων καθορίζει σε γενικές γραμμές τα μέτρα που απαιτούνται για τη διατήρηση προστασία και βελτίωση της ποιότητας του υδατικού περιβάλλοντος, τη προστασία και διαχείριση των υδάτων των λεκανών απορροής ποταμών, την

αντιμετώπιση της ρύπανσης και τη διασφάλιση της αειφόρου χρήσης. Το Πρόγραμμα Παρακολούθησης περιέχει ειδικότερα μέτρα που εξασφαλίζουν τη διαρκή παρακολούθηση των ποιοτικών παραμέτρων και της ποσοτικής κατάστασης των υδάτων καθώς και της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων.

Τονίζεται επίσης ότι η ικανοποίηση της ζήτησης γίνεται με βάση τα όρια και τις δυνατότητες των υδατικών αποθεμάτων και ότι οι ανάγκες των χρήσεων σε νερό πρέπει να ικανοποιούνται κατά το δυνατόν σε επίπεδο περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού. Οι χρήσεις υδάτων διακρίνονται σε ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική χρήση, ενεργειακή χρήση και χρήση για αναψυχή. Η χρήση για ύδρευση έχει προτεραιότητα, ως προς την ποσότητα και την ποιότητα, έναντι κάθε άλλης χρήσης.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ρύθμιση για την εφαρμογή μιας αποτελεσματικής τιμολόγησης για το νερό, δεδομένου ότι το κόστος του νερού στις αστικές χρήσεις ανακτάται κατά το 1/3, ενώ στις αγροτικές χρήσεις, που καταλαμβάνουν το 70% του καταναλούμενου νερού, το νερό είναι τελείως ατιμολόγητο.

Η εναρμόνιση της οδηγίας – πλαισίου στην ελληνική νομοθεσία είναι μια ευκαιρία για τη χώρα μας να χαράξει και να εφαρμόσει μια ολοκληρωμένη πολιτική για τη διαχείριση των υδατικών πόρων με βάση τις σύγχρονες αντιλήψεις. Η αναγκαιότητα της αξιοποίησης της ευκαιρίας αυτής είναι προφανής αν λάβουμε υπόψη τα αποτελέσματα της έλλειψης συγκροτημένης πολιτικής, έτσι όπως έχουν ήδη αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια (Χατζηευαγγέλου,2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Βασικές αρχές της μοντελοποίησης της διάλυσης

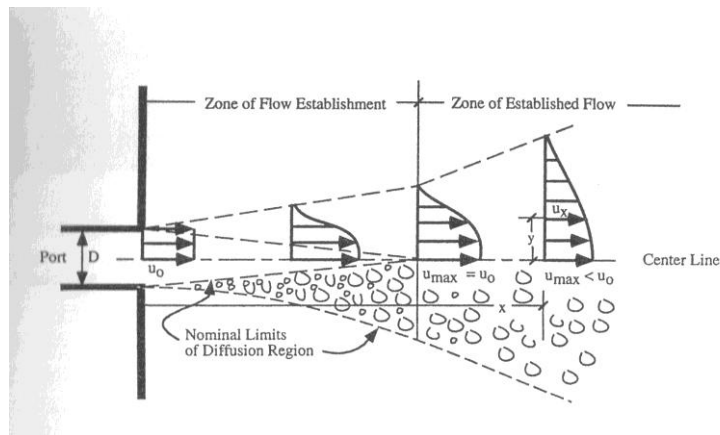
2.1 Η Φυσική του πλουμίου και μοντελοποίηση εκτοξευόμενης δέσμης ροής

Η διάλυση επιτυγχάνεται με διείσδυση, η οποία (διείσδυση) είναι ο μηχανισμός με τον οποίο το πλούμιο ενσωματώνει υλικό του περιβάλλοντος. Μπορεί να περιγραφεί σαν μια διεργασία με την οποία το υγρό ρέει στο εσωτερικό του πλουμίου μέσω της εξωτερικής επιφάνειας. Μια καλή ερμηνεία της φυσικής της διείσδυσης η οποία διέπει τη ροή γύρω από ένα διαχυτήρα αναδεικνύεται στο παρακάτω παράδειγμα (Tsanis and Valeo ,1994).

2.1.1 Μια απλή εκροή αποβλήτου από δέσμη ροής για βυθισμένο αποδέκτη μιας θύρας

Η εικόνα 1 δείχνει μια εκροή αποβλήτου προερχόμενη από εκτοξευόμενη δέσμη ροής μιας θύρας, βυθισμένης μέσα σε ένα ομοιόμορφο, στάσιμο αποδέκτη νερού μεγαλύτερης πυκνότητας. Η εκτοξευόμενη δέσμη ροής (jet) είναι μια ροή υψηλής ταχύτητας της οποίας η κινητική ενέργεια διαλύεται μέσω της αντίδρασης με το περιβάλλον υγρό. Είναι η διάλυση αυτή που παράγει την επιθυμητή διάλυση(Albertson et al.,1948).

Η διάλυση ξεκινά αμέσως έξω από τη θύρα όπου η εκροή υπόκειται σε μια θετικά ανωστική επιτάχυνση. Η εκτοξευόμενη δέσμη ροής ξεκινά να ανυψώνεται προς την επιφάνεια μέχρι τη μικρότερη πυκνότητα. Η σχετική κίνηση μεταξύ της εκτοξευόμενης δέσμης ροής των αποβλήτων και του ακίνητου νερού του περιβάλλοντος αναπτύσσει μια αστάθεια με μορφή πιέσεων γύρω απ τη περίμετρο της δέσμης ροής. Στρόβιλοι (δηλώνονται με ακανόνιστους κύκλους στην εικόνα 1) δημιουργούνται στην περιοχή αυτή των πιέσεων. Αυτό καταλήγει σε μια πλευρική διεργασία ανάμιξης η οποία εξελίσσεται και εσωτερικά και εξωτερικά σε απόσταση απ τη θύρα.



Εικόνα 1. Εκροή αποβλήτου προερχόμενη από δέσμη ροής μιας βυθισμένης θύρας(Albertson et al.,1994)

Από τη στιγμή που η ανάμιξη είναι μεγαλύτερη γύρω απ τη περιφέρεια ,αναπτύσσονται οι κλίσεις της ταχύτητας κατά πλάτος της στήλης. Το σημείο στο οποίο η περιοχή της ανάμιξης διαπερνά τη κεντρική γραμμή της εκτοξευόμενης δέσμης ροής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, σημειώνει το τέλος της αρχικής ζώνης της καθιέρωσης της ροής. Η ανοδική ταχύτητα της στήλης ως πλήρης , μειώνεται επιτυχώς καθώς ανυψώνεται, εκτός της πολύ μικρής απόστασης στην αρχή όπου υπάρχει μια αρχική επιτάχυνση μέχρι το g_0' . Η συνολική αναλογία των πεπερασμένων τμημάτων επιτυχημένης ροής της εκτοξευόμενης δέσμης ροής πραγματικά θα αυξηθεί με την απόσταση απ την έξοδο. Αυτή η ζώνη έχει 6 θύρες διαμέτρου σε μήκος και 5 θύρες πλάτος σε μήκος για ορθογώνιες θύρες (Albertson et al., 1948).

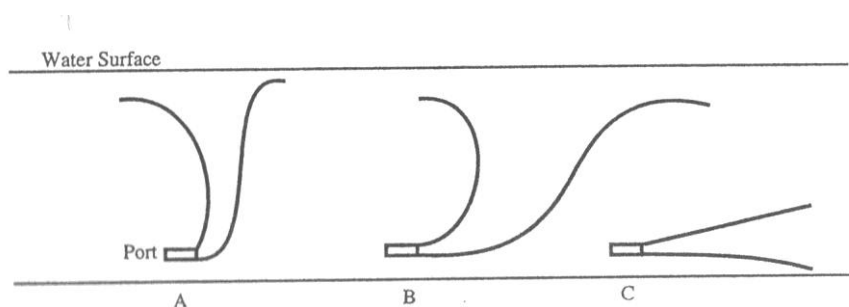
Η ζώνη της καθιερωμένης ροής που ξεκινά μια φορά ολόκληρο το κεντρικό μέρος της εκτοξευόμενης δέσμης ροής έχει γίνει ταραχώδης. “Περαιτέρω διεύθυνση από το περιβάλλον υγρό μέσω της περιοχής του διαστελλόμενου στροβίλου τώρα ισορροπείται αδρανώς μέσω μιας συνεχούς μείωσης της ταχύτητας ολόκληρης της κεντρικής περιοχής”(Albertson et al., 1948). Η μετάβαση μεταξύ της ζώνης και της ζώνης της εγκατάστασης της ροής δεν ορίζεται επακριβώς. Επίσης , το τέλος της ζώνης της εγκατεστημένης ροής σημειώνεται με μία τιμή κοντά στο μηδέν στη κεντρική γραμμή της ταχύτητας, κάτι που θεωρητικά δεν είναι πιθανό. “Στην πραγματικότητα υπάρχει μη ακριβές σημείο στο οποίο στροβίλοι από αντίθετες πλευρές της εκτοξευόμενης δέσμης ροής μπορεί να συναντηθούν , για τη στατιστική φύση της διεργασίας ανάμιξης που κάνει δυνατό να τοποθετήσει περισσότερο από

ένα αυθαίρετο όριο στο πλευρικό πεδίο. Τα όρια της περιοχής της διάχυσης, όπως το άκρο μεταξύ των δύο ζωνών, πρέπει να γίνουν αποδεκτά μόνο ως κατάλληλοι ονομαστικοί προσδιορισμοί'' (Albertson et al., 1948).

Ο Albertson και άλλοι (Albertson, Jensen and Rouse, 1948) ήταν μία από τις πρώτες ομάδες ερευνητών που χώρισαν τη ροή που παράγεται από εκτοξευόμενη δέσμη ροής σε ζώνες. Η ζώνη της εγκατάστασης της ροής και η ζώνη της εγκατεστημένης ροής είναι έννοιες που ακόμη διευθετούνται σε αναλυτική και εμπειρική έρευνα. Από τη στιγμή που οι διεργασίες ανάμιξης ποικίλουν σε διαφορετικούς τομείς του πλουμίου ή της εκτοξευόμενης δέσμης ροής, έτσι γίνεται και με το ρυθμό της διεύθυνσης.

2.1.2 Πλούμια και Εκτοξευόμενες δέσμες ροής

Μία δέσμη ροής είναι αυτή που παρουσιάζει ροή λόγω ορμής αλλά όχι ροή λόγω άνωσης. Μία δέσμη ροής υπό άνωση παρουσιάζει τόσο ορμή όσο και άνωση. Ένα πλούμιο παρουσιάζει ροή μόνο λόγω άνωσης. Ροές με θετική άνωση ορίζονται αυτές όπου η δύναμη της άνωσης ασκείται κάθετα αντίθετα από τη δύναμη της βαρύτητας. Ροές με αρνητική άνωση ορίζονται αυτές όπου η δύναμη της άνωσης έχει ίδια φορά με τη δύναμη της βαρύτητας. Οι δέσμες ροής και τα πλούμια μπορεί να είναι κυκλικά όταν μοντελοποιούνται στις τρεις διαστάσεις ή επίπεδα όταν μοντελοποιούνται στις δύο διαστάσεις. Μια επεξήγηση αυτών δίνεται στην Εικόνα 2. Πλούμια με εγκοπές ή γραμμές έχουν την ίδια έννοια με το επίπεδο πλούμιο.



Εικόνα 2. Έξοδος αποβλήτου από βυθισμένη θύρα :α)καθαρό πλούμιο β) ανωστική εκτοξευόμενη δέσμη ροής ή δυναμικό πλούμιο γ)καθαρή εκτοξευόμενη δέσμη ροής (Tsanis and Valeo,1994).

Ένας απ τους σημαντικότερους παράγοντες στη μοντελοποίηση της διάχυσης είναι ο πυκνομετρικός αριθμός Froude (F_D). Ορίζεται ως ο λόγος των δυνάμεων αδράνειας (ή ορμή) προς τις δυνάμεις βαρύτητας. Δηλαδή :

$$F_D = u_0 / (g_0' D)^{1/2}$$

Όπου

u_0 : η ταχύτητα απόρριψης μέσω της θύρας,

D : η διάμετρος της θύρας και

g_0' : η ελαττώμενη επιτάχυνση οφειλόμενη στη βαρύτητα. Το g_0' είναι ίσο με $g(\rho_a - \rho_0)/\rho_a$ όπου ρ_0 είναι η πυκνότητα αποβλήτου, ρ_a είναι η ατμοσφαιρική πυκνότητα και είναι η επιτάχυνση οφειλόμενη στη βαρύτητα.

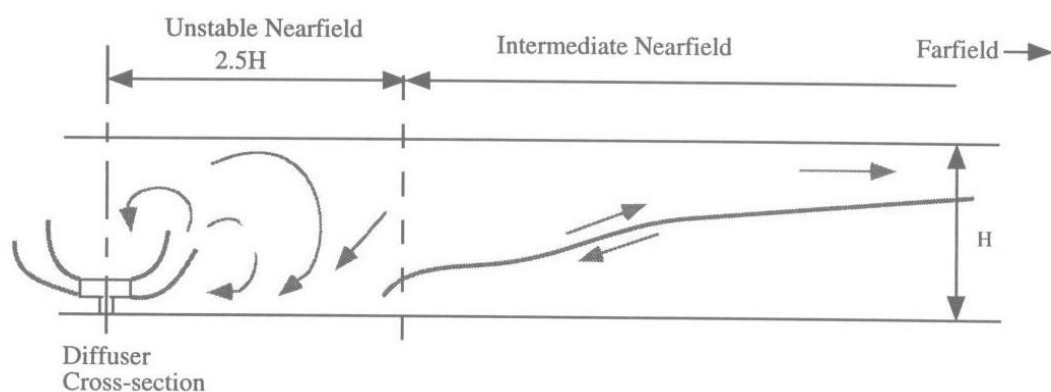
Όσο μεγαλώνει η ατμοσφαιρική ταχύτητα και όσο λιγοστεύει η μετατρεπόμενη επιτάχυνση τόσο περισσότερο το απόβλητο εξόδου θα μοιάζει με εκτοξευόμενη δέσμη ροής (με υψηλό αριθμό Froude), έναντι ενός απλού πλουμίου (με χαμηλό αριθμό Froude). Η φυσική που κυριαρχεί την ανάπτυξη του πλουμίου διαφέρει απ αυτό αυτή των ρευμάτων. Οι ερευνητές τείνουν να τα κατευθύνουν χωριστά στην εμπειρική ή αναλυτική έρευνά τους. Ταραχώδεις βυθισμένες εκτοξευόμενες δέσμες ροής μελετήθηκαν πειραματικά και θεωρητικά από αυτούς Albertson et al. (1948). Οι Rouse et al. (1952) και ο Scorer (1978) μελέτησαν ανωστικά πλούμια. Οι Morton et al. (1956) μελέτησαν κυκλικά ανωστικά πλούμια σε στρωματοποιημένα – σε πυκνότητα περιβάλλοντα. Οι List and Imberger (1974) μελέτησαν τη ταραχώδη διείσδυση σε ανωστικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής και πλούμια. Αυτοί συνδύασαν διαστατούς λογισμούς με πειραματικά αποτελέσματα που έχουν εκδοθεί για να δείξουν ότι δεν υπάρχει μοναδικός συντελεστής διείσδυσης για ταραχώδεις ανωστικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής καθοδηγούμενες ανοδικά κατακόρυφα. Η λειτουργία της διείσδυσης κυριαρχείται από τον αριθμό Froude της τοπικής εκτοξευόμενης δέσμη ροής και από το ρυθμό εξάπλωσης της τοπικής εκτοξευόμενης δέσμη ροής και τα δύο είναι συνεχή και μπορούν να συναχθούν από πειραματικά προφίλ ταχύτητας. Πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η λειτουργία της διείσδυσης μιας κυκλικής κατακόρυφης ανωστικής εκτοξευόμενης δέσμης ροής είναι αντιστρόφως ανάλογη στον αριθμό Froude. Ποικίλη έρευνα που έγινε σε ταραχώδεις εκτοξευόμενες δέσμες ροής, πλούμια συνοψίστηκαν σε δύο άρθρα απ τον List (1982) και Chu and Jirka (1986).

2.1.3 Εγγύς στο πεδίο Ζώνη

Η ζώνη ανάμιξης εγγύς στο πεδίο, ή η αρχική ζώνη ανάμιξης όπως επίσης είναι γνωστή, περιλαμβάνει τη ζώνη εγκατάστασης της ροής και τη ζώνη της εγκατεστημένης ροής. Όλη η αρχική ανάμιξη οφειλόμενη στη διάλυση της κινητικής ενέργειας συμβαίνει σ αυτή τη ζώνη. Αυτή περικλείει τη ροή ανωστικής εκτοξευόμενης δέσμη ροής και οποιαδήποτε επιφάνεια, πυθμένα ή τελικό στρώμα αλληλεπίδρασης. Η ζώνη ανάμιξης εγγύς στο πεδίο είναι αυτή η ζώνη που είναι η πιο επηρεασμένη απ το σχεδιασμό εκροής και μέσα εκεί που δεν υπάρχουν μέτρα ποιότητας του νερού.

2.1.4 Ενδιάμεση Ζώνη

Βέβαια μέρη της ροής επίσης περιγράφουν μια ενδιάμεση ζώνη μεταξύ ζωνών του εγγύς-πεδίου και μακριά από το πεδίο. Η Εικόνα 3 περιγράφει έναν εναλλακτικό διαχυτήρα σε ένα στάσιμο αποδέκτη νερού. Μια ασταθής εγγύς στο πεδίο συνέβη προκαλώντας μια κατακόρυφη ανάμιξη πάνω απ το ατμοσφαιρικό βάθος. Αυτή η περιοχή σημειώνει μια μετάβαση απ τη ροή κατακόρυφης δέσμη ροής σε μια οριζόντια κίνηση εξάπλωσης. Στο πεδίο ροής, δημιουργήθηκε μια στρωματοποιημένη περιοχή αντιρροής. Το στρώμα επιφάνειας κινείται κατάντη εξαιτίας της υπολειμματικής ορμής και εξαπλώνεται σε εγκάρσια κατεύθυνση οφειλόμενη στην ορμή (Akar and Jirka, 1991). Η δομή της ροής χαρακτηρίζεται από οριζόντιες κινήσεις (Ng, 1990).



Εικόνα 3. Ζώνες ανάμιξης εγγύς και ενδιάμεσες στο πεδίο (Akar, Jirka , 1991) .

2.1.5 Ζώνη μακριά από το πεδίο

Η ζώνη μακριά από το πεδίο χαρακτηρίζεται από παθητική διάχυση περιβάλλοντος και μεταφορά από ρεύματα λίμνης. Οι ιδιότητες της ροής και διάλυσης τώρα συγκρατούνται από περιβαλλοντικούς παράγοντες μόνο (Ng, 1990). Ο Brooks (1960) παρουσίασε μια μέθοδο ανάλυσης για ταραχώδη διάχυση ενός πεδίου λυμάτων σε ένα ρεύμα ωκεανού. Ο διαχυτήρας παριστάνεται με μια πηγή σταθερής γραμμής (τα ατομικά πλούμια από κάθε θύρα συγχωνεύονται) με κανονικό άξονα στο ρεύμα. Το πρόβλημα ξεκινάει στο τέλος των εγγύς ή των ενδιάμεσων ζωνών στο πεδίο. Το μοντέλο χρησιμοποιεί το νόμο διάχυσης του Fick ($\text{flux} = -\epsilon_f a C / a Y$) όπου C είναι η συγκέντρωση του ρυπαντή, ϵ_f είναι η λειτουργία της απόστασης απ την πηγή (παρυφή της εγγύς στο πεδίο) προς τη τοποθεσία της επιθυμητής διάλυσης, και Y είναι σε κατεύθυνση κατακόρυφη στο ρεύμα u_a και παράλληλα στον άξονα του διαχυτήρα. Η κατακόρυφη και σε γεωγραφικό μήκος ανάμιξη είναι αμελητέες (πχ το πλούμιο είναι ολοκληρωτικά κατακόρυφα αναμειγμένο κατά πλάτος του διαχυτήρα). Η αποσύνθεση των κολοβακτηριδίων είναι ανάλογη στο $-kC$, όπου k είναι η σταθερά της αποσύνθεσης. Το πρόβλημα περιορίζεται στην ακόλουθη διαφορική εξίσωση :

$$\frac{\partial}{\partial Y} \left(-\epsilon_f \frac{\partial C}{\partial X} \right) + u_a \frac{\partial C}{\partial X} - kC = 0$$

το X είναι στη κατεύθυνση του ρεύματος. Ο Brooks προωθεί την ακόλουθη εξίσωση που βασίζεται στην υπόθεση ότι $\epsilon_f / \epsilon_f^0$ είναι ανάλογο στα $4/3$ της δύναμης του λόγου του πλάτους του πεδίου αποβλήτων (στην τοποθεσία της επιθυμητής διάλυσης) προς το μήκος του διαχυτήρα. Το ϵ_f^0 είναι μια σταθερά. Η μέγιστη συγκέντρωση κατά μήκος του άξονα του πεδίου των λυμάτων είναι

$$C_{\max} = C_{\text{near}} e^{-kt} \operatorname{erf} \sqrt{\frac{3/2}{1 + \left(\frac{2\beta_f X_{C_{\max}}}{3L} \right) - 1}} \quad .1.3$$

Όπου $\beta_f = 12E_f^0 / u_a L$, erf , είναι η λειτουργία σφάλματος και $X_{C_{\max}}$ είναι το μήκος προς την τοποθεσία της $C_{\max}$ στη κατεύθυνση του ρεύματος.

Οι Bogle et al. (1993) χρησιμοποίησαν την πληροφορία από τα δεδομένα μέτρου του ρεύματος για να φτιάξουν ένα πεδίο ροής που να καλύπτει χρονικά την ευρεία περιοχή της απόρριψης. Ένα πεπερασμένο στοιχείο δισδιάστατου υδροδυναμικού

μοντέλου χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργήσει συνεχή πεδία ροής. Αυτό έγινε σε μια προσπάθεια να αναπαραστήσουν ορθά τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα του ρεύματος. Δημιουργήθηκε ένα μοντέλο ανίχνευσης αποβλήτου για να προσομοιώσει την οριζόντια μεταφορά και τη διασκόρπιση του αποβλήτου και η συνεχής πηγή μοντελοποιήθηκε με Γκαουσιανές εισπνοές που εκπέμφθηκαν σε αμετάβλητες αποστάσεις από τον αποδέκτη. Το μοντέλο απευθυνόταν στον κόλπο του San Pedro όπου παράχθηκε μια ανομοιομορφη διασκόρπιση αποβλήτου, αντιθέτως προς τα περισσότερα ολοκληρωτικά μοντέλα τα οποία θεωρούν μια ομαλή διασκόρπιση. Οι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι η ανομοιομορφία αντανακλά τη μεταβλητότητα του στοιχείου.

Ο Kohli (1981) παρουσίασε αναλογίες διάλυσης μακριά απ το πεδίο για απόβλητο που απορρίφθηκε στις παράκτιες περιοχές των Great Lakes στη Βόρεια Αμερική. Οι αναλογίες διάλυσης μακριά από το πεδίο για διαφορετικούς συντελεστές διασκόρπισης και υπό μεταβλητά ρεύματα δόθηκαν απ τον McCorquodale (1983). Το μοντέλο McCorquodale εξέτασε μη σταθερή ροή περιβάλλοντος όπως επίσης και σταθερού ρεύματος.

2.1.6 Βάθος

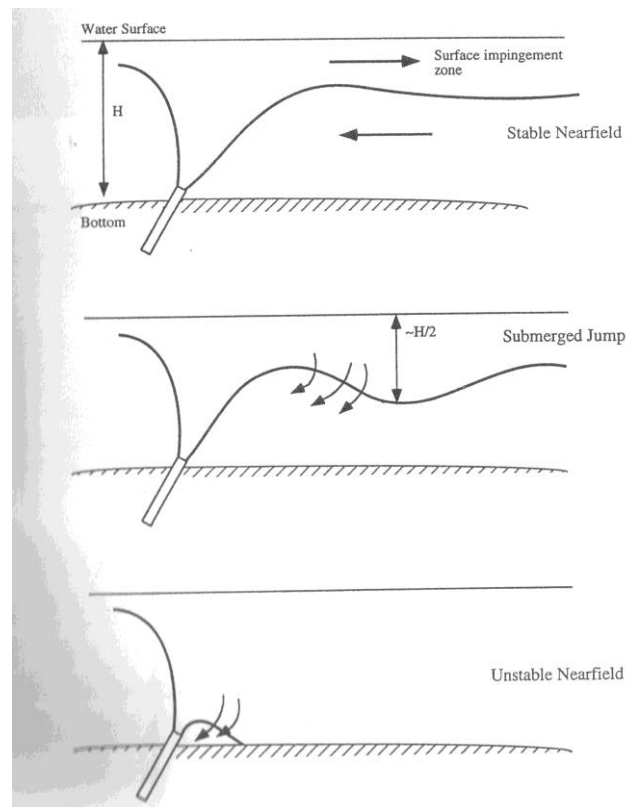
Τα πλούμια που υψώνονται στην επιφάνεια σαν σταθερές στήλες που ακολουθούνται με μία πλευρική εξάπλωση, συχνά αναφέρονται σαν *βαθιά νερά* ή *σταθερές* απορρίψεις. Αυτά συχνά συμβαίνουν σε βαθιά νερά με εκτοξευόμενες δέσμες ροής χαμηλού αριθμού Froude. Φρέσκο νερό περιβάλλοντος συνεχώς διεισδύει με τη ροή της εκτοξευόμενης δέσμης ροής. Η πυκνότητα του στρώματος διάδοσης που επιτυγχάνεται στην επιφάνεια είναι ανάλογη στο βάθος μείον το στρώμα διάδοσης (Koh and Brooks, 1975). Οι Jirka and Harleman(1973) βρήκαν ότι για ένα καθαρό πλούμιο, το στρώμα διάδοσης είναι 15% του βάθους και για τη καθαρή εκτοξευόμενη δέσμη ροής, το στρώμα διανομής είναι κατά προσέγγιση 15 με 20% του βάθους. Για τα μοντέλα βαθιών νερών, τα νομογραφήματα για ανάλυση σταθερότητας αναπτύχθηκαν απ τους Jirka and Harleman (1979) και Lee et al (1977). Εκτιμήσεις αρχικής διάλυσης αναπτύχθηκαν επίσης από τους Fan and Brooks (1969) και Koh and Fan (1970).

Αν το βάθος του περιβάλλοντος είναι ρηχό και ο πυκνομετρικός αριθμός Froude είναι υψηλός, έπειτα η ροή μπορεί να γίνει ασταθής. Όταν η εκτοξευόμενη δέσμη ροής προσκρούεται στην ελεύθερη επιφάνεια, ένα λεπτό στρώμα σχηματίζεται ακολουθούμενο από μια όμοια με την εκτοξευόμενη δέσμη ροής οριζόντια διανομή, έπειτα συνοδεύεται από ένα αδύναμο εσωτερικό υδραυλικό άλμα (μια ορμητική απώλεια κινητικής ενέργειας). Καθώς ο πυκνομετρικός αριθμός Froude αυξάνεται, το ίδιο κάνει και η πυκνότητα του στρώματος, η οποία οδηγεί σε μια αδύναμη αστάθεια. Αυτή η αστάθεια συμβαίνει όταν το υδραυλικό άλμα φτάνει το μισό του συνολικού βάθους (Hamdy,1981). Αυτό επεξηγείται στην Εικόνα 4. Αν ο πυκνομετρικός αριθμός Froude είναι αρκετά υψηλός, η πυκνότητα του άλματος μπορεί να ισοσταθμίσει το βάθος του νερού, και το πλούμιο θα επαναδιεισδύσει το ρυπασμένο νερό. Σε αυτή την περίπτωση, η εγγύς στο πεδίο μπορεί να αναμειγνύεται κατακόρυφα.

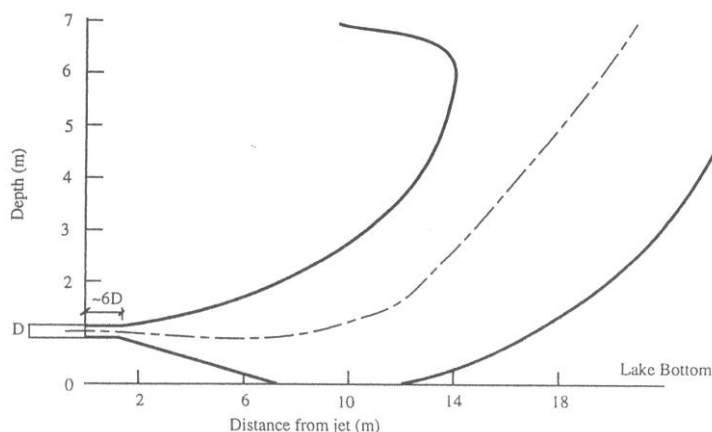
Η δύναμη της αδράνειας σταθεροποιεί τη δύναμη, ενώ η ανωστική δύναμη σταθεροποιεί τη δύναμη (Ng,1990). Η αστάθεια συμβαίνει σε κάποιο σημείο όπου η δύναμη της αδράνειας ξεπερνά την ανωστική δύναμη (Jirka and Harleman,1979). Τα κριτήρια διατυπώνονται σε μια κρίσιμη τιμή αριθμού Froude τα οποία είναι μια λειτουργία του λόγου του βάθους στη θύρα, το λόγο του κενού της θύρας προς τη διάμετρο της θύρας και ο τύπος του διαχυτήρα που χρησιμοποιείται.

Οι γύρω κατακόρυφες ανωστικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής σε ρηχά νερά μελετήθηκαν από τους Lee and Jirka (1981). Νομογραφήματα για ανάλυση της σταθερότητας αναπτύχθηκαν από τους Jirka and Harleman (1979) και Lee et al (1977). Για σταδιακούς ή μη διευθετημένους διαχυτήρες (παρ2.2.1 και 2.2.2), η ροή εγγύς στο πεδίο είναι σταθερή όταν $H/D > 0.46F_D^{4/3}(l/D)^{-1/3}$, όπου H είναι το βάθος του νερού στην περιοχή του διαχυτήρα, το l είναι το κενό των θυρών και D είναι η διάμετρος των θυρών (Lee et al.1977, Almquist and Stolzenbach,1980). Για εναλλασσόμενους διαχυτήρες, η ροή εγγύς στο πεδίο είναι σταθερή αν $H/D > 1.7F_D^{4/3}(l/D)^{-1/3}$ (Hamdy,1981). Εξισώσεις της διάλυσης για σταδιακούς και μη κατευθυνόμενους διαχυτήρες είναι ανάλογες στο $(lH)^{1/2}/D$. Ο εναλλακτικός διαχυτήρας έχει μια διάλυση ανάλογη σε αυτή την εξίσωση και αντίστροφα ανάλογη στον αριθμό Froude. Σταδιακές και μη κατευθυνόμενες εξισώσεις διάλυσης είναι ανεξάρτητες του αριθμού Froude εξαιτίας τ ότι η ορμή της δέσμη ροής υπερισχύει και η συνεχής πηγή της ορμής παράγει μια «καλά αναμειγμένη διασκόρπιση της ταχύτητας και συγκέντρωση στη στήλη του νερού» (Hamdy,1981). Οι

εναλλασσόμενοι διαχυτήρες εκθέτουν μη νετή οριζόντια ορμή. Αν ο διαχυτήρας απορρίπτει κοντά σε λίμνη ή κοίτη ωκεανού, η εκτοξευόμενη δέσμη ροής μπορεί να φτάσει στο βυθό σαν φαινόμενο γνωστό ως προσκόλληση Coanda, κάτι που επεξηγείται στην Εικόνα 5. Οι Sobey et al. (1988) μελέτησαν οριζόντιες εκτοξευόμενες δέσμες ροής σε ρηχά νερά. Αυτοί καθόρισαν ότι η εγγύτητα της κοίτης (πχ το ύψος της θύρας) και το βάθος του νερού έχουν σημαντική επιρροή στο εγγύς υλικό ροής για οριζόντιες εκτοξευόμενες δέσμες ροής που απορρίπτονται μέσω ενός κυκλικού σωλήνα. Η προσκόλληση Coanda έχει βασική επιρροή στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης του πλουμίου αλλά απογειώνεται για να συνεχίσει την αύξησή της. Οι Sobey et al. (1988) προειδοποιούν ότι η προσκόλληση Coanda θα πρέπει να επικεντρώνεται σε καταστάσεις όπου η αναλογία ύψους θύρας προς τη κλίμακα μήκους εκτοξευόμενης δέσμης ροής/πλουμίου είναι μικρότερη από 0.1.



Εικόνα 4. Η μετάβαση από ένα σταθερό σε ένα ασταθές εγγύς στο πεδίο (Hamdy, 1981).

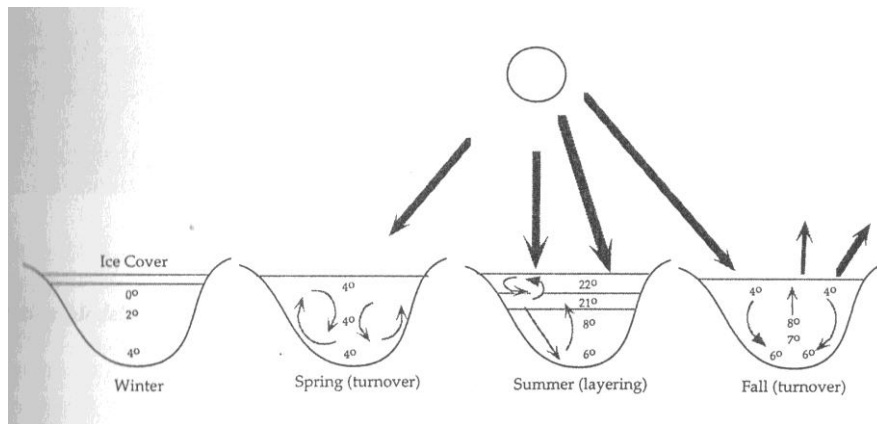


Εικόνα 5. Συμπεριφορά εκτοξευόμενης δέσμης ροής από μια οριζόντια απόρριψη (Hamdy,1981).

2.1.7 Στρωματοποίηση

Μεταβολές στην κατακόρυφη πυκνότητα σε σχέση με το βάθος του λαμβανόμενου νερού ,μπορεί να συμβεί σε ορισμένες εποχές. Γνωστή ως κλίση στρωματοποίησης ,μπορεί να καταλήξει σε ποικίλες διαλύσεις κατά τη διάρκεια του χρόνου. Για παράδειγμα, η περιοχή Great Lakes χαρακτηρίζεται από είτε μια δυνατή ή αδύναμη στρωματοποίηση κατά τους καλοκαιρινούς, χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, ενώ είναι ομοιόμορφη κατά την άνοιξη . Όπως δείχνει η Εικόνα 6, η θέρμανση της επιφάνειας του νερού την άνοιξη προκαλεί μια αλλαγή απ τη κατάσταση του χειμώνα καθώς το θερμότερο νερό ανυψώνεται. Περαιτέρω θέρμανση της επιφάνειας προκαλεί μια επίδραση στο στρώμα το καλοκαίρι το οποίο αναποδογυρίζει ξανά το φθινόπωρο στο κρύο επιφανειακό νερό που γίνεται πυκνότερο και ξεκίνα να βυθίζεται. Η μέγιστη πυκνότητα του φρέσκου νερού συμβαίνει στους 4°C , έτσι μια κάλυψη πάγου τον χειμώνα παράγει μόνο μια ήπια στρωματοποίηση (Botts et al,1987).

Μια σταθερή εκτοξευόμενη δέσμη ροής απόρριψης σε ένα στρωματοποιημένο σώμα νερού διεισδύει ρευστό που είναι σε μεγαλύτερη πυκνότητα απ το υγρό .Το πλούμιο ανυψώνεται μέχρι το υλικό του να έρθει στην ισορροπία με την πυκνότητα του περιβάλλοντος σε αυτή τη τοποθεσία .Εκεί παγιδεύεται στο τελικό ύψος και κάνει την διέλευσή του από τη κατακόρυφη ανύψωση στην οριζόντια εξάπλωση.



Εικόνα 6. Στρωματοποίηση λίμνης (Botts et al,1987).

Οι σχεδιαστές μπορεί να θέλουν να επωφεληθούν τα πλεονεκτήματα των επιδράσεων της στρωματοποίησης, συγκεκριμένα τις γραμμές ίδιας πυκνότητας, οι οποίες χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλες κατακόρυφες κλίσεις. Το πεδίο αποβλήτων μπορεί να ανατραπεί σε χαμηλότερο βάθος, ούτως ώστε να κρατηθούν οποιοδήποτε ρυπαντές ολοκληρωτικά βυθισμένοι. Το στρωματοποιημένο περιβάλλον, ωστόσο θα τείνει να προκαλέσει χαμηλότερες διαλύσεις απ τη στιγμή που το αποδεχόμενο νερό είναι τώρα λιγότερο.

Κλίσεις της στρωματοποίησης μπορεί να είναι γραμμικές ή, μερικώς γραμμικές και μερικώς ομοιόμορφες. Μια χρήσιμη παράμετρος που χαρακτηρίζει τη γραμμική στρωματοποίηση είναι η κλίση στρωματοποίησης ϵ , όπου $\epsilon = -(dp_a/dz)$. Είναι ένα μέτρο της αλλαγής της πυκνότητας με το βάθος νερού. Μια δεύτερη παράμετρος είναι η επιπλέουσα συχνότητα ή η συχνότητα Brunt-Vaisala $N_{BN} = \pm [(g/\rho_a)(dp_a/dz)]^{1/2}$. Τεχνικά είναι η συχνότητα της ταλάντωσης ενός μικρού σφαιρικού τμήματος του ρευστού που μετατοπίζεται μέσα σ ένα στρωματοποιημένο υδάτινο σώμα. Τελικά, η παράμετρος της στρωματοποίησης (ή #) εκφράζει το βαθμό στο οποίο το περιβάλλον είναι στρωματοποιημένο (αδύναμα ή δυνατά). Γράφεται ως $Str\# = (\rho_a - \rho_s)D_p / [(\rho_a - \rho_0)y]$ όπου ρ_a είναι η πυκνότητα του περιβάλλοντος στο βάθος του πλουμίου, ρ_s είναι η πυκνότητα του περιβάλλοντος στην επιφάνεια, D_p είναι η διάμετρος του πλουμίου, ρ_0 είναι η πυκνότητα του πλουμίου και y είναι το βάθος του πλουμίου.

Η συμπεριφορά των εναλλασσόμενων διαχυτήρων που απορρίπτουν κατακόρυφα σε στρωματοποιημένο ρευστό μελετήθηκε από τους Wright et al. (1982). Χρησιμοποιώντας μια ανάλυση κλίμακας μήκους για να προβλέψουν το μέγιστο ύψος

της ανύψωσης της δέσμη ροής και τη σχετιζόμενη διάλυση, παρουσίασαν διαγράμματα αδιάστατα ως λειτουργία δύο αναλογιών κλίμακας μήκους. Υπέθεσαν ότι ο όγκος του ρευστού της αρχικής δέσμη ροής ήταν ασήμαντος. Η εμπειρική τους έρευνα έδειξε ότι η πυκνότητα των οριζόντιων στρωμάτων εξάπλωσης βρέθηκε μεγαλύτερη από 50% του συνολικού ύψους ανύψωσης και μερικές φορές απασχόλησε ολόκληρο το βάθος. Τα εμπειρικά μέγιστα ύψη ανύψωσης ήταν περίπου 30% μεγαλύτερα από τις προβλέψεις του μοντέλου. Τα εν δυνάμει πλούμια σε στρωματοποιημένα ρευστά μελετήθηκαν από τον Fox (1970) ο οποίος υπέθεσε ότι η λειτουργία της διείσδυσης ήταν ανάλογη στον όρο πίεσης του Reynolds , του σχηματισμού των προφίλ ομοιότητας και του αριθμού Froude. Οι Brooks and Koh (1965) ανέπτυξαν ένα ολοκληρωτικό τύπο ανάλυσης για να καθορίσουν το μέγιστο ύψος της ανύψωσης για ένα δισδιάστατο πλούμιο. Οι παράμετροι της μάζας και της ορμής της ροής βρέθηκαν να είναι δευτερεύουσας σημασίας συγκρινόμενες με την ανωστική ρευστότητα και τη κλίση της πυκνότητας.

2.1.8 Ρεύμα

Το ρεύμα γενικότερα πιστεύεται ότι αυξάνει τη διάλυση στις εγγύς και στις μακριά από το πεδίο. Όταν ένα ρεύμα καταπατάται από ένα πλούμιο θα προκαλέσει μια περαιτέρω διείσδυση του φρέσκου νερού μέσα στο πλούμιο. Αυτή η διεργασία ονομάζεται *εξαναγκασμένη διείσδυση* η οποία διαφέρει απ την βλέψη της διείσδυσης η οποία συμβαίνει κατά τη διάρκεια της διάχυσης της κινητικής ενέργειας. Το ρεύμα είναι υψηλά χρονικά μεταβλητό του οποίου η πρόβλεψη μπορεί να γίνει μόνο γενικά. Ένα μοντέλο σταθερής κατάστασης μπορεί μόνο να λαμβάνει ένα γενικό μέγεθος ρεύματος και κατεύθυνση. Για ορισμένες εφαρμογές αυτός ο περιορισμός δεν είναι πρόβλημα. Οι περισσότερες καταστάσεις μελετήθηκαν κάτω από τα χειρότερα σενάρια ,συνήθως όσον αφορά στάσιμες συνθήκες. Ωστόσο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αποκρουστικά κακές εκτιμήσεις της διάλυσης και ασύμφορους σχεδιασμούς. Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν επανειλημμένως, ωστόσο για να κάνουμε διαλύσεις για ένα εύρος τιμών ρεύματος. Επίσης , από τη στιγμή που η κατεύθυνση του ρεύματος θα αλλάξει μέσα σε μια περίοδο 24 ωρών , οι ζώνες ανάμιξης σε όλες τις πλευρές του διαχυτήρα πρέπει να περιγραφούν (Baumgartner et al,1993).

Ο Roberts μελέτησε γραμμικά πλούμια πεπερασμένου μήκους σε σταθερό ρεύμα αυθαίρετης κατεύθυνσης και βάθους σ ένα ομοιόμορφο περιβάλλον . Η διάλυση

βρέθηκε να είναι ανεξάρτητη του ρεύματος όταν ο πυκνομετρικός αριθμός Froude F του Roberts (ορισμένο ως ο κύβος του ρεύματος που διαιρείται απ την ανωστική ορμή που ορίστηκε στο 2.2.3) ήταν μικρότερος από 0.1. Πάνω από 0.1, η διάλυση αυξήθηκε με τη ταχύτητα του ρεύματος και εξαρτιόνταν από τη γωνία ευθυγράμμισης του ρεύματος. Επιπλέον, οι διαλύσεις ήταν μεγαλύτερες για την κατακόρυφη ευθυγράμμιση από ότι με την παράλληλη ευθυγράμμιση.

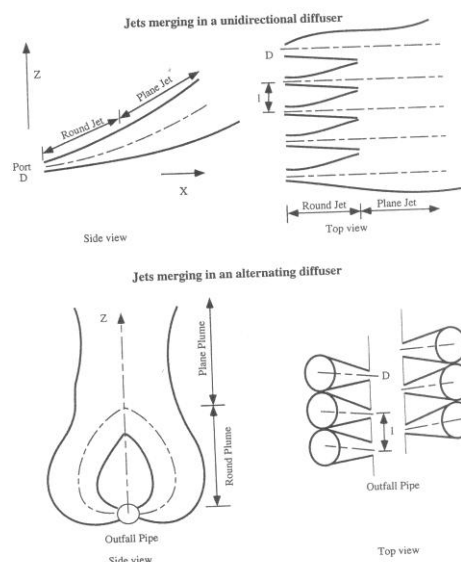
Οι Chu and Abdelwahed (1990) μελέτησαν την προσκόλληση στην ακτή ενός θερμικού πλουμίου σε δυνατό πλάγιο ρεύμα. Η συνθήκη μοντελοποιήθηκε μέσω του απορριπτόμενου ζεστού νερού από μια πλευρά του καναλιού μέσα σ ένα ανοιχτό κανάλι πλάγιου ρεύματος του ίδιου βάθους. Το πλούμιο έδειξε μια κλίση να απομακρύνεται απ την ακτογραμμή. Σε πολύ δυνατά ρεύματα, το πλούμιο θα επαναπροσκολλούνταν για να σχηματίσει μια περιοχή επανακυκλοφορίας κοντά στην ακτογραμμή. Από αυτή τη μελέτη, πήραν μια κρίσιμη παράμετρο κάτω απ την οποία συμβαίνει η προσκόλληση.

2.1.9 Η έννοια της διάλυσης

Η συγκέντρωση των ρυπαντών και των επιθυμητών συστάσεων (διαλυμένου οξυγόνου) είναι είτε ομοιόμορφη είτε σταθερή σε σχέση με το χώρο και το χρόνο. Η Εικόνα 1 δείχνει μια κεντρική γραμμή γύρω από την οποία υπάρχει μια ανομοιόμορφη διασκόρπιση της ταχύτητας και της συγκέντρωσης. Η κεντρική γραμμή της διάλυσης είναι επίσης η ελάχιστη διάλυση που παρατηρήθηκε στη διατομή του πλουμίου. Ένας μέσος όρος διάλυσης θα μπορούσε να μετρηθεί ολοκληρώνοντας κατά πλάτος τη διατομή του πλουμίου. Μπορεί να επιτευχθεί πιο εύκολα θεωρώντας μια συγκέντρωση διασκόρπισης μέσα στο πλούμιο. Μια Γκαουσιανή προϋπόθεση διασκόρπισης είναι κοινή, κατά μήκος μιας ομοιόμορφης διατομής συγκέντρωσης (αναφερόμενη ως προφίλ *ημίψηλο*), όπου η μέση συγκέντρωση είναι ισοδύναμη με τη κεντρική γραμμή της συγκέντρωσης.

Η εικόνα της συγκέντρωσης των ρυπαντών στο αποδεχόμενο νερό θα επηρεάσει την επιτυγχανόμενη διάλυση. Η διάλυση πραγματικά ορίζεται ως $S = (C_0 - C_b) / (C - C_b)$, όπου C_b είναι η εικόνα της συγκέντρωσης και C_0 η αρχική συγκέντρωση. Η εικόνα της συγκέντρωσης και η διείσδυση του ρυπασμένου νερού στο απόβλητο δίπλα στους αποδέκτες θα έπρεπε να διευθετηθεί όταν σχεδιάζονται οι διαχυτήρες.

Επίσης, όταν τα πλούμια γειτονικών θυρών αναπτύσσονται σε μέγεθος ,συμβαίνει συγχώνευση και τα πλούμια ξεκινούν να διεισδύουν μολυσμένο ρευστό το οποίο δραστικά περιορίζει τη διάλυση. Αυτό διευκρινίζεται στην Εικόνα 7. Ο Liseth (1976) μελέτησε την αρχική ανάμιξη των συγχωνευμένων εκτοξευόμενων δεσμών ροής από ένα διαχυτήρα έτσι ώστε να σχεδιάσει ένα πολλαπλό (manifold) σε σχέση με το κενό των θυρών , το μέγεθος της θύρας και τη ταχύτητα απόρριψης. Η εμπειρική του εργασία αποκάλυψε ότι η συγχώνευση των εκτοξευόμενων δεσμών ροής προκάλεσε μια γρήγορη μείωση στη κεντρική γραμμή της διάλυσης. Για οποιοδήποτε αριθμό Froude δέσμη ροή που δίνεται και οποιοδήποτε αριθμό Froude απόρριψης $(Q/ly(g_0'y)^{1/2})$, επιτυγχάνεται η υψηλότερη διάλυση με αναλογία y/l μεταξύ 5 και 10, όπου l είναι το κενό των θυρών και y η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ κέντρου του διαχυτήρα και ένα σημείο μέσα στο συγχωνευμένο πλούμιο. Για διαχυτήρες με τουλάχιστον 40 θύρες , οι δέσμες ροής στις άκρες καμπυλώνουν εσωτερικά το διαχυτήρα σε ένα χαμηλότερο βαθμό σε σχέση με τις εκτοξευόμενες δέσμες ροής που τοποθετούνται προς τη κατεύθυνση του κέντρου. Οι εξωτερικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής επίτευξαν μια μεγαλύτερη διάλυση και αυτή τέλος η επίδραση βρέθηκε να επεκτείνεται εσωτερικά 10-15 θύρες απ το τέλος .



Εικόνα 7. Παρεμβολή ιδιαίτερων γύρω εκτοξευόμενων δεσμών ροής από πολλαπλών θυρών διαχυτήρων απορρίψεις σχηματίζοντας δισδιάστατες εκτοξευόμενες δέσμες ροής ή πλούμια. (Akar and Jirka,1991).

2.2 Γεωμετρία του διαχυτήρα

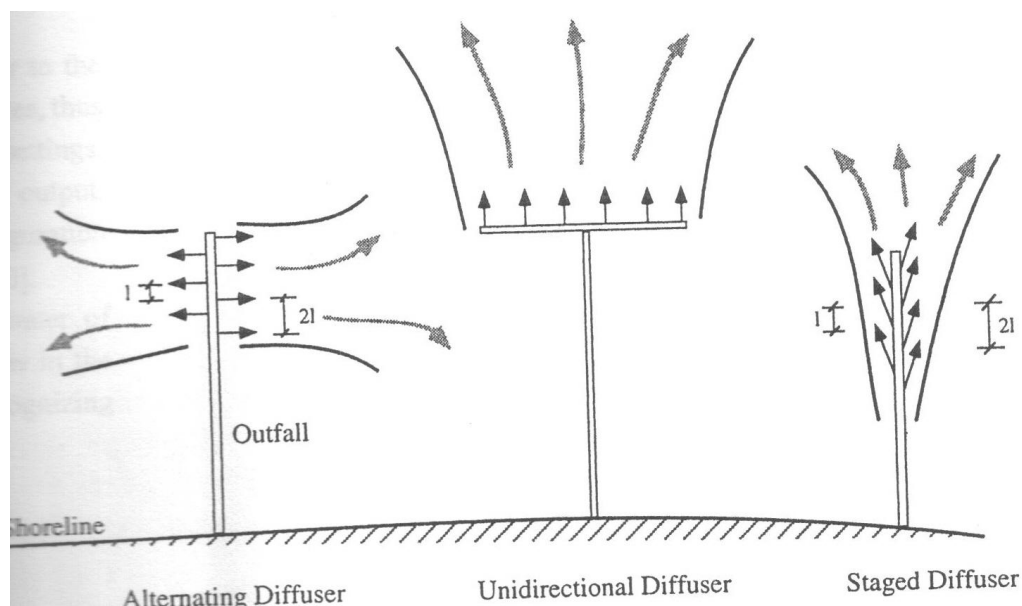
Υπάρχουν γενικά τρεις τύποι διαχυτήρων: οι σταδιακοί, οι μονο-κατευθυνόμενοι και οι εναλλασσόμενοι. Η Εικόνα 8 δείχνει τη δομή του κάθε τύπου και του πεδίου ροής που δημιουργείται γύρω απ τον διαχυτήρα. Η Εικόνα 9 επεξηγεί πιθανές μεταβολές σε κάθε τύπο. Και οι τρεις μπορεί να έχουν θύρες προερχόμενες από οποιαδήποτε γωνία σε σχέση με την επιφάνεια περιβάλλοντος.

2.2.1 Μονο-κατευθυνόμενοι διαχυτήρες

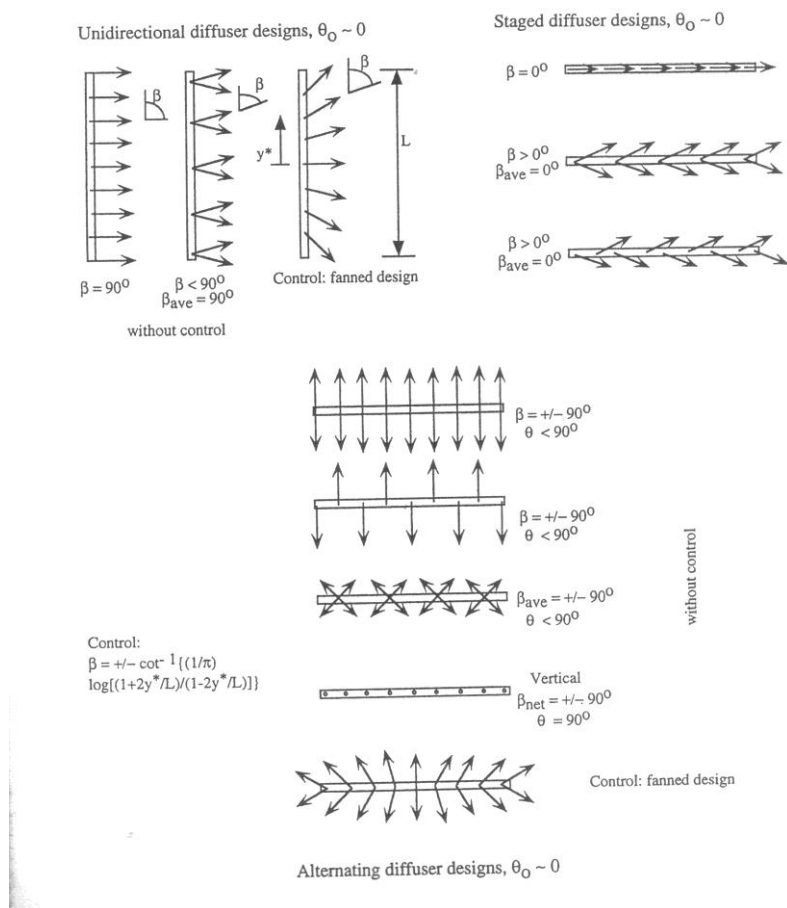
Καλούνται έτσι επειδή απορρίπτουν όλα τα απόβλητα σε μία κατεύθυνση (κατακόρυφη στον άξονα του διαχυτήρα), οι μονο-κατευθυνόμενοι διαχυτήρες αποδίδουν μεγάλα ποσά ορμής για υψηλές παροχές, ενώ απαιτούν σχετικά μικρές περιοχές στις οποίες επιτυγχάνουν γρήγορη ανάμιξη (Lee et al., 1977). Είναι δημοφιλείς σε περιβάλλον ποταμού, αυτοί εκτελούν καλά στο ρεύμα ίδιας κατεύθυνσης ή σε λιμνάζοντα(στάσιμα) περιβάλλοντα λόγω της υψηλής εξόδου ορμής. Ωστόσο, δεν είναι τόσο αποτελεσματικοί υπό ρεύματα παράλληλα στον άξονα του διαχυτήρα (μια διάταξη επίσης που αναφέρεται σ αυτό είναι το ανάχωμα διαχυτήρα) απ τη στιγμή που η αποτελεσματική περιοχή της διείσδυσης μειώνεται (Ng, 1990).

Οι Lee et al. (1977) μοντελοποίησαν έναν μονο-κατευθυνόμενο διαχυτήρα που απορρίπτει σε ρηχά νερά συνεχούς βάθους σε ρεύμα κατά την ίδια κατεύθυνση διατυπώνοντας μια δισδιάστατη ενδεχόμενη ροή στο εγγύς πεδίο.

Ο Adams (1982) διεξήγαγε μια ανάλυση στους μονο-κατευθυνόμενους σε ρεύμα κατά την ίδια κατεύθυνση διαχυτήρες αναγνωρίζοντας ότι μια ομοιόμορφη διαφορά δημιουργήθηκε κατά πλάτος των θυρών (στη κατεύθυνση της ροής) οφειλόμενη στην υψηλή απόρριψη ορμής. Αυτή η διαφορά επιτυγχάνει τη ροή απ το πίσω μέρος του διαχυτήρα (πίσω από τις θύρες) και μετά έξω απ το μπροστινό μέρος του διαχυτήρα. Εφαρμόζοντας την εξίσωση του Bernoulli κατά πλάτος του διαχυτήρα και σημειώνοντας ότι η διάλυση ισούται με το λόγο της προκαλούμενης παροχής στο μπροστινό τμήμα προς την απόρριψη του διαχυτήρα, ο Adams έβγαλε μια εξίσωση για τη διάλυση ως λειτουργία των αριθμών των θυρών, του βάθους του νερού και του μήκους του διαχυτήρα.



Εικόνα 8. Γενικοί τύποι διαχυτήρα και ανταποκρινόμενες παροχές (Hamdy,1981)



Εικόνα 9. Τύποι διαχυτήρα και πιθανές γωνίες προσανατολισμού θύρας (Akar and Jirka,1991).

2.2.2 Σταδιακοί διαχυτήρες

Αυτοί οι διαχυτήρες χαρακτηρίζονται από ακροφύσια σε όλες τις πλευρές και προσανατολίζονται συνήθως όχι παραπάνω από 20^0 από τον άξονα του διαχυτήρα. Όπως στους μονό-κατευθυνόμενους διαχυτήρες, οι σταδιακοί επίσης παράγουν υψηλή ορμή εξόδου και μεγάλες περιοχές κυκλοφορίας. Η διάλυση τείνει να αυξηθεί με το κατακόρυφο ρεύμα στον άξονα του διαχυτήρα.

Ο Lee (1980) μελέτησε την ανάμιξη στο εγγύς πεδίο των σταδιακών διαχυτήρων. Αυτός χρησιμοποίησε έναν ολοκληρωτικό τύπο ανάλυσης θεωρώντας τη διατήρηση της μάζας, ορμής και θερμότητας. Η τελική του εξίσωση για διάλυση σε ένα συνεχές βάθος ήταν πανομοιότυπη με το τύπο διάλυσης του Adam's για μονό-κατευθυνόμενους διαχυτήρες. Ο Lee επίσης υποδήλωσε ότι μια κλίση πυθμένα απ την ξηρά προς τη θάλασσα θα έδινε αύξηση στη λειτουργία της διάλυσης. Οι Almquist and Stolzenbach (1980) διεξήγαγαν έναν ολοκληρωτικό τύπο ανάλυσης που μοντελοποίησε τη διάλυση σαν λειτουργία της ορμής της ροής του διαχυτήρα, του όγκου της ροής και του μήκους του διαχυτήρα. Το βάθος του νερού ήταν αρκετά μεγάλο έτσι ώστε οι ιδιαίτερες λεπτομέρειες του κάθε πλουμίου να μπορούν να παραλειφθούν. Η εμπειρική τους μελέτη στη θερμική απόρριψη από σταδιακό διαχυτήρα σε ήρεμο (στάσιμο) μη στρωματοποιημένο υδάτινο σώμα βρήκε ότι υπό βέβαιες συνθήκες της άνωσης και του μήκους του διαχυτήρα, το τμήμα της ροής κατά μήκος του διαχυτήρα μπορούσε να αναλυθεί δισδιάστατα. Οι σταδιακοί διαχυτήρες έγιναν διάσημοι πρόσφατα για θερμικές απορρίψεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλες ροές.

Ο Ng (1990) προετοίμασε πειράματα για να μετρήσει τη διανομή της θερμοκρασίας ενός θερμικού πλουμίου για ένα σταδιακό διαχυτήρα σε ένα στάσιμο, ομοιόμορφο αποδεχόμενο νερό. Παρατηρήσεις υποστηρίζουν την έννοια του εγγύς πεδίου που επικρατείται από ανάμιξη ορμής εκτοξευόμενη δέσμη ροή και του ενδιάμεσου πεδίου που κυριαρχείται από ορμή και άνωση. Τα κύρια χαρακτηριστικά του πλουμίου καθορίστηκαν ως λειτουργίες του βάθους του νερού, του αριθμού των θυρών και της διαμέτρου της θύρας.

2.2.3 Εναλλασσόμενοι διαχυτήρες

Αυτοί οι διαχυτήρες έχουν θύρες σε κάποια πλευρά και ακροφύσια που δείχνουν (σε μέση τιμή) τη κατακόρυφο στον άξονα του διαχυτήρα. Η άνωση είναι ένας σημαντικός παράγοντας από τη στιγμή που ο εναλλασσόμενος διαχυτήρας προκαλεί μη καθαρή οριζόντια ορμή (αμελητέα μετά από παρεμβολή εκτοξευόμενης δέσμης ροής). Οι εναλλασσόμενες εκτοξευόμενες δέσμες ροής είναι δημοφιλείς εκεί που υπάρχει χαμηλή ενέργεια μεταξύ της ευκολίας της επεξεργασίας και του αποδεχόμενου νερού. Τόσο ο εναλλασσόμενος όσο και οι μονο-κατευθυνόμενοι διαχυτήρες μπορεί να αερίζονται με έλεγχο των ακροφυσίων. Ο αερισμός μπορεί να είναι λογαριθμικός ή ημί-λογαριθμικός. Ο λογαριθμικός αερισμός φαίνεται στην εικόνα 9. Ο ημι-λογαριθμικός διαχυτήρας αερίζεται μόνο για το μισό του μήκους του. Ο Hamdy (1981) προτείνει το κενό των θυρών l να είναι μικρότερο απ το βάθος του νερού αλλά μεγαλύτερο από μισό για να εμποδιστούν τα απομονωμένα «κύρια σημεία».

Οι Nospal και Tatinclaux μελέτησαν πειραματικά τη μέγιστη αύξηση επιφανειακής θερμοκρασίας που επιφέρεται από το κεντρικό τμήμα ενός εναλλασσόμενου πολλαπλών θυρών διαχυτήρα. Τέλος οι επιδράσεις παραλείφθηκαν και η ροή θεωρήθηκε δισδιάστατη.

Οι παράμετροι του διαχυτήρα στη διάταξη του σχεδιασμού είναι οι ακόλουθοι: μήκος διαχυτήρα L , αριθμός θυρών ή ακροφυσίων N , μέσο κενό θυρών $l=L/(N-1)$, διάμετρος των θυρών D , ύψος θύρας πάνω από τον πυθμένα h_0 , η κατακόρυφη γωνία της απόρριψης σε σχέση με την οριζόντια θ , γωνία ευθυγράμμισης μεταξύ του άξονα του διαχυτήρα και του ρεύματος (αν είναι εφαρμόσιμο) γ και ο προσανατολισμός των θυρών σε σχέση με τη γραμμή του διαχυτήρα β .

Οι παράμετροι ροής βασίζονται στη γεωμετρία του διαχυτήρα και στη συνολική ροή διαμέσου του σωλήνα εξόδου. Ο όγκος της ροής για κάθε μήκος του διαχυτήρα q_0 ισούται με Q/L όπου Q είναι η συνολική παροχή διαμέσου της εξόδου. Η ταχύτητα διαμέσου κάθε θύρας, $u_0=Q/(A_p N)$ όπου A_p είναι το εμβαδόν κάθε θύρας. Η ορμή της ροής για κάθε μήκος διαχυτήρα ορίζεται ως $m_0=q_0 u_0$. Αν το απόβλητο έχει πυκνότητα ρ_0 μικρότερη από την ατμοσφαιρική πυκνότητα ρ_a , τότε το απόβλητο θα βιώσει μια απολύτως ανωστική επιτάχυνση $g_0'=g(\rho_a-\rho_0)/\rho_a$ όπου g είναι η επιτάχυνση οφειλόμενη στη βαρύτητα. Η ροή άνωσης για κάθε μήκος διαχυτήρα ορίζεται

$j_0 = q_0 g_0$. Το απόβλητο βιώνει αρνητική άνωση αν ρ_0 είναι μεγαλύτερη από ρ_a . Το 0 από δω κ στο εξής θα χρησιμοποιείται για να υποδηλώνει τις συνθήκες απόρριψης κοντά στη θύρα και το a για τις συνθήκες αποδεχόμενου νερού.

2.3 Γενικοί τύποι μοντέλου

Υπάρχουν δύο τύποι αριθμητικών μοντέλων για πρόβλεψη της διάλυσης: τα ολοκληρωτικά μοντέλα και τα μοντέλα κλίμακας μήκους. Η κατηγορία των ολοκληρωτικών μοντέλων μπορεί περαιτέρω να υποδιαιρεθεί σε δύο υποκατηγορίες: τα βάσει Euler ολοκληρωτικά μοντέλα και τα βάσει Lagrange ολοκληρωτικά μοντέλα. Τα μοντέλα βάσει Euler καθορίζουν το ποσό της διεισδόμενης μάζας και την από δω και τώρα διάλυση, λύνοντας ένα σύνολο συνηθισμένων εξισώσεων. Οι εξισώσεις υπαγορεύουν την αναλογία της αλλαγής ποικίλων παραμέτρων σε σχέση με τη κεντρική γραμμή της τροχιάς s , του πλουμίου. Ένα μοντέλο βάσει Lagrange διαφέρει στο ότι ακολουθεί το στοιχείο του πλουμίου καθ' ολοκληρίαν της διαδρομής του σε σχέση με το χρόνο. Οι αλλαγές καθορίζονται σε παρακείμενα στοιχεία σε κάθε στιγμή προσαύξησης.

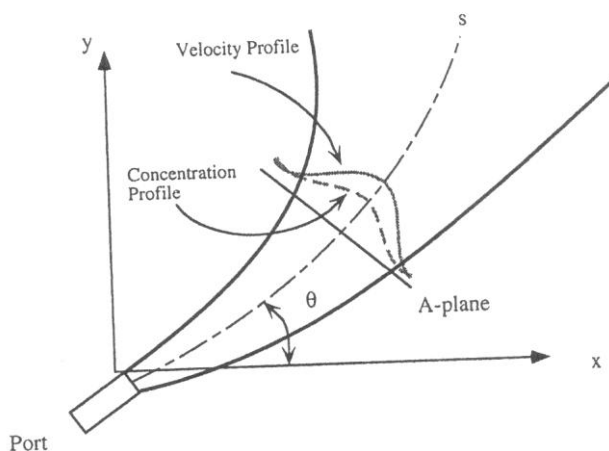
2.3.1 Το Ολοκληρωτικό μοντέλο βάσει Euler

Οι Muellenhoff et al. (Muellenhoff, Soldate, Baumgartner, Schuldt, Davis and Frick, 1985) δηλώνουν ότι τα ανωστικά πλούμια μπορούν να μοντελοποιηθούν μαθηματικά σωστά θεωρώντας τη μάζα, την ορμή, ενέργεια και μια μονόμετρη μεταβλητή (πχ αλάτι). Αρχικές υποθέσεις περιλαμβάνουν :

- 1) η ροή είναι σταθερή και μη συμπυκνωμένη
- 2) η πίεση είναι υδροστατική παντού
- 3) το πλούμιο είναι ταραχώδες και συμμετρικό στους άξονες
- 4) κυριαρχεί ταραχώδης διάχυση και είναι σημαντικό μόνο στην ακτινωτή κατεύθυνση
- 5) η ταχύτητα και η συγκέντρωση διανέμονται στη κεντρική γραμμή
- 6) εφαρμόζεται η προσέγγιση Boussinesq

Η προσέγγιση Boussinesq θεωρεί ότι οι διαφορές της πυκνότητας μεταξύ του πλουμίου και του περιβάλλοντος είναι μικρές, συγκρινόμενες με την πραγματική πυκνότητα του ρευστού.

Το ακόλουθο είναι μια ανάπτυξη γενική του μοντέλου βάσει Euler προσαρμοσμένη απ τους Koh και Fan (Εικόνα10) (Koh and Fan,1970) .



Εικόνα 10. Προφίλ ταχύτητας και συγκέντρωσης(Tsanis and Valeo,1994).

Τα προφίλ συγκέντρωσης είναι πιο επίπεδα επειδή η μάζα διαχέει σε μεγαλύτερο βαθμό απ την ορμή. Ο βαθμός της συγγενούς εξάπλωσης της συγκέντρωσης εν αντιθέσει της ταχύτητας εξαρτάται απ τον συντελεστή εξάπλωσης λ(ο λόγος της ταραχώδους διάχυσης της μάζας προς την ορμή) (Hamdy,1981).

Ορίζοντας τις ακόλουθες παραμέτρους :

$$Q = \int_A u dA \quad .1.4$$

$$M = \frac{1}{\rho_o} \int_A u^2 \rho dA \quad .1.5$$

$$J = \int_A (\rho_a - \rho) u dA \quad .1.6$$

$$G = \int_A (T_a - T) u dA \quad .1.7$$

$$f_j = g \int_A (\rho_a - \rho) dA \quad .1.8$$

Q είναι ο όγκος της ροής, M είναι η ορμή της ροής, J είναι η άνωση της ροής, G είναι η έλλειψη ροής, T_a είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος και F_j είναι η δύναμη της

άνωσης. Τα u και ρ είναι η ταχύτητα και η πυκνότητα, αντίστοιχα οπουδήποτε κατά μήκος της διατομής του πλουμίου. Η διατήρηση της μάζας δηλώνει ότι

$$\frac{dQ}{dS} = E_T \quad .1.9$$

όπου E_T είναι ο ρυθμός της διείσδυσης του ρευστού περιβάλλοντος. Ο πραγματικός τύπος θα πρεπε να γράφεται ως

$$\frac{d}{ds} \int_A u \rho dA = E_T \rho_a \quad .1.10$$

πριν την εξίσωση 1.9, αλλά η απαίτηση της προσέγγισης Boussinesq επιτρέπει την παράλειψη του ρ στην εξίσωση 1.9. Η πίεση είναι υδροστατική και δεν υπάρχει δύναμη που να δρα στην οριζόντια κατεύθυνση.

Η διατήρηση της ορμής υποδηλώνεται ,

$$\frac{dM(\cos \vartheta)}{ds} = 0 \quad .1.11$$

Η κατακόρυφη ορμή της ροής ισούται με τη δύναμη της άνωσης:

$$\frac{d}{ds} (M \rho_0 \sin \vartheta) = f_J \quad .1.12$$

Όπου ρ_0 είναι η πυκνότητα της απόρριψης στο ύψος της θύρας. Η διατήρηση της ροής της άνωσης

$$\frac{d}{ds} \int_A u (\rho_0 - \rho) dA = E_T (\rho_0 - \rho_a) \quad .1.13$$

Η εξίσωση 1.13 μπορεί να γραφτεί,

$$\frac{d}{ds} \left[\int_A u (\rho_0 - \rho_a) dA + \int_A u (\rho_a - \rho) dA \right] = E_T (\rho_0 - \rho_a) \quad .1.14$$

ή

$$(\rho_a - \rho_a) \frac{dQ}{ds} + Q \left(-\frac{d\rho_a}{ds} \right) + \frac{dJ}{ds} = E_T (\rho_0 - \rho_a) \quad .1.15$$

Αυτό περιορίζεται σε

$$\frac{dJ}{ds} = Q \frac{d\rho_a}{ds} \quad .1.16$$

Η θερμότητα διατηρείται σε σχέση με το επίπεδο μιας κάποιας αναφοράς. Ωστόσο, η διατήρηση της έλλειψης θερμοκρασίας της ροής (T) ερμηνεύει

$$\frac{d}{ds} \int_A u(T_0 - T) dA = E_T (T_0 - T_a) \quad .1.17$$

$$\frac{dG}{ds} = Q \frac{dT_a}{ds} \quad .1.18$$

Αυτό δίνει πέντε εξισώσεις (1.9, 1.11, 1.12, 1.16 και 1.18) για επτά αγνώστους, Q, M, J, G, θ, F_j και E_T. Η γωνία θ μπορεί να δοθεί εξαλείφοντας έναν άγνωστο. Για να κλείσουμε το σύστημα των εξισώσεων συχνά θεωρείται μια λειτουργία της διείσδυσης. Αυτό μπορεί να πάρει τη μορφή 2απυ (για μια τρι-σδιάστατη γύρω δέσμη ροή) όπου το στοιχείο της αναλογίας α καθορίζεται εμπειρικά και το b είναι η ακτίνα του πλουμίου.

Τα Γκαουσιανά προφίλ ομοιότητας της ταχύτητας, της θερμοκρασίας και της πυκνότητας (κατά πλάτος του επιπέδου A) υποθέτονται. Αυτό επιτρέπει σε κάποιον να εκφράσει τα u, ρ και T σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος του επιπέδου τις τιμές της κεντρικής γραμμής διευκολύνοντας την αριθμητική ολοκλήρωση. Μια αλλαγή από s σε ένα X-Y συντονιστικό σύστημα έγινε έπειτα. Απ τη στιγμή που η ζώνη εγκατάστασης της ροής συνήθως χαρακτηρίζεται από προφίλ «top hat», η ολοκλήρωση συνήθως ξεκινά στη ζώνη της εγκατεστημένης ροής.

Η εγκυρότητα από οποιοδήποτε τύπο μοντέλου ολοκλήρωσης σίγουρα βασίζεται στο συντελεστή διεισδυτικότητας που επιλέχθηκε στην προϋπόθεση της Γκαουσιανής διανομής κατά πλάτος του πλουμίου. Οφειλόμενο στα ασυνεπή εργαστηριακά αποτελέσματα, η κατάλληλη επιλογή ενός συντελεστή διεισδυτικότητας είναι ασαφής και ο συντελεστής παραμένει ένα αμφιλεγόμενο σημείο του ολοκληρωτικού μοντέλου.

Έχουν αναπτυχθεί πολλά ολοκληρωτικά μοντέλα βάσει Euler πάνω από μισό αιώνα στηριζόμενα στην παραπάνω διαδικασία. Η ακόλουθη ανασκόπηση θα περιοριστεί στα πιο πρόσφατα μοντέλα, ή τη τελευταία version οποιουδήποτε μοντέλου.

Fan and Brook(1969)

Μια ανασκόπηση των λύσεων από προηγούμενες έρευνες (Fan,1967;Fan,Brooks,1969;Brooks and Koh,1965) και αυτή η εργασία, έδωσε αριθμητικές λύσεις για 4 συγκεκριμένες τάξεις προβλημάτων ανωστικής εκτοξευόμενης δέσμη ροής:1)κλινόμενο γύρω από ανωστική εκτοξευόμενη δέσμη ροή σε στάσιμο, ομοιόμορφο ρευστό περιβάλλοντος 2) κλινόμενο γύρω από ανωστική εκτοξευόμενη δέσμη ροή σ ένα στάσιμο ρευστό περιβάλλοντος με μια γραμμική πυκνότητα στρωματοποίησης 3) κλινόμενο με δισδιάστατη κλίση ανωστική εκτοξευόμενη δέσμη ροή σε στάσιμο , ομοιόμορφο ρευστό περιβάλλοντος και 4) κλινόμενο με δισδιάστατη κλίση ανωστική εκτοξευόμενη δέσμη ροή σε στάσιμο , ομοιόμορφο ρευστό περιβάλλοντος με μια γραμμική πυκνότητα στρωματοποίησης. Γενικές προϋποθέσεις κοινές σε όλες τις 4 τάξεις προβλημάτων περιλαμβάνουν :1)ρευστά που είναι ασυμπίεστα 2)να εφαρμόζεται η προσέγγιση Boussinesq 3)η πυκνότητα του ρευστού να είναι μια γραμμική λειτουργία της συγκέντρωσης αλατιού ή του στοιχείου της θέρμανσης 4) η ροή είναι ταραχώδης και δεν υπάρχει εξάρτηση από τον αριθμό Reynolds 5)ταραχώδης μεταφορά σε γεωγραφικό μήκος ελάχιστα να συγκρίνεται με την μεταφορά θερμότητας σε γεωγραφικό μήκος 6)η πίεση να είναι υδροστατική παντού στο πεδίο της ροής 7) η αναλογία του τοπικού χαρακτηριστικού πλάτους με της εκτοξευόμενης δέσμη ροής προς την ακτίνα καμπυλότητας να είναι μικρή 8) τα προφίλ ταχύτητας, συγκέντρωσης και πυκνότητας κατά το πλάτος της εκτοξευόμενης δέσμη ροής να είναι ίδια με τις διατομές που είναι κανονικές στην τροχιά της εκτοξευόμενης δέσμη ροής και θεωρούνται Γκαουσιανά.

Ο συντελεστής διεισδυτικότητας α για μια γύρω ανωστική εκτοξευόμενη δέσμη ροή λαμβάνεται 0.082 (Rouse et al,1952). Για τη κλινόμενη δισδιάστατης κλίσης εκτοξευόμενη δέσμη ροή, η λειτουργία της διείσδυσης είναι 2α με το συντελεστή διεισδυτικότητας να είναι ίσος με 0.16 (Rouse et al,1952). Οι εξισώσεις λύθηκαν ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των Runge-Kutta-Gill. Δόθηκαν αριθμητικές λύσεις στις διαλύσεις της κεντρικής γραμμής από νομογραφήματα για ποικίλες γωνίες θυρών απόρριψης. Η διάλυση διέφερε απ την ορμή ροής και τον αριθμό Froude.

Ditmars(1969)

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Fan (1967) , ο Ditmars έφτιαξε ένα πρόγραμμα σε Fortran για να προσομοιώσει τη μεικτή συμπεριφορά μιας κλινόμενης γύρω ταραχώδους εκτοξευόμενης δέσμη ροής σε ένα στρωματοποιημένο περιβάλλον ,χρησιμοποιώντας τετραγωνισμό των κυρίαρχων διαφορικών εξισώσεων. Η εισαγωγή περιλαμβάνει τη τοποθεσία της εκτοξευόμενης δέσμη ροής, την αρχική ταχύτητα της εκτοξευόμενης δέσμη ροής, τη διάμετρο της εκτοξευόμενης δέσμη ροής, τη γωνία κλίσης, την πυκνότητα του απορριπτόμενου ρευστού και του προφίλ πυκνότητας του περιβάλλοντος. Το πρόγραμμα υπολογίζει τη κεντρική γραμμή της τοποθεσίας του πλουμίου σε καρτεσιανούς συντονισμούς, το ονομαστικό πλάτος, τη ταχύτητα της κεντρικής γραμμής και τη διαφορά πυκνότητας. Ο υπολογισμός σταματά στο μέγιστο ύψος ανύψωσης ή στο μεγαλύτερο βάθος βυθίσματος. Το μοντέλο μπορεί να δεχτεί οποιαδήποτε γωνία απόρριψης β μεταξύ -90^0 και $+90^0$. Αυτό το μοντέλο δεν είναι αποδεκτό για απλά πλούμια.

Koh και Fan (1970)

Ορισμένοι τύποι ολοκληρωτικών μοντέλων αναπτύχθηκαν για να προβλέψουν τη διανομή περίσσειας θερμοκρασίας για θερμικές απορρίψεις σε μεγάλα υδάτινα σώματα. Το RBJ είναι ένα ολοκληρωτικό μοντέλο που προσομοιώνει ίσα μοιρασμένες γύρω εκτοξευόμενες ανωστικές δέσμες ροής που απορρίπτουν σε μια αυθαίρετη γωνία σ ένα στάσιμο περιβάλλον με αυθαίρετη θερμοκρασία πυκνότητα στρωματοποίησης. Το πεδίο ροής μοντελοποιήθηκε σε δύο ζώνες , η μετάβαση σημειώθηκε απ το σημείο συγχώνευσης μεταξύ των γειτονικών πλουμίων. Οριζόντιες επιφανειακές εκτοξευόμενες δέσμες ροής προσομοιώθηκαν δισδιάστατα με ένα μοντέλο που συγχώνευσε την ορμή της πηγής, την άνωση, τη διατμητική τριβή, τη διείσδυση και την απώλεια θερμότητας. Τελικά, δύο περισσότερα μοντέλα αναπτύχθηκαν για παθητική διάχυση σ ένα ρεύμα. Τα PTD και UTD αναγνωρίζουν τη γεωγραφικού μήκους διασπορά, ενώ η πλευρική διασπορά θεωρεί μια $4/3$ δύναμη του νόμου και ο συντελεστής κατακόρυφης διάχυσης μπορεί αυθαίρετα να διαφέρει με το βάθος. Οι επεξεργασίες του PTD σταθερά απελευθερώνουν σε ένα σταθερό ρεύμα και το UTD μπορεί να μοντελοποιήσει μια στιγμή διαφοράς ελευθέρωσης σε μια χρονική στιγμή που διαφέρει το ομοιόμορφο ρεύμα.

Sotil (1971)

Βασίζεται στο άρθρο του Ditmars (1969), ο Sotil παρουσίασε ένα Fortran πρόγραμμα υπολογιστή για ένα ολοκληρωτικό μοντέλο που προσομοίωσε τις κλίσεις των ανωστικών εκτοξευόμενων δεσμών ροής σε στρωματοποιημένο, στάσιμο περιβάλλον. Το μοντέλο είναι έγκυρο για ανωστικές ή βυθισμένες εκτοξευόμενες δέσμες ροής, ωστόσο δεν είναι έγκυρο για ένα απλό πλούμιο που έχει αρχική ορμή ροής μηδέν. Αυτό το πρόβλημα λύνεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ολοκλήρωσης των Runge –Kutta-Gill. Το επιτρεπόμενο σφάλμα της μεθόδου ορίστηκε για να προστατεύσει πέντε συγκεκριμένες εικόνες τοπικά. Απόκλιση στην πυκνότητα ενσωματώνοντας το βάθος του περιβάλλοντος στα στρώματα που είναι ανάλογο στο πάχος του ολοκληρωμένου βήματος μεγέθους κατά μήκος της τροχιάς της δέσμης ροής. Η κλίση της πυκνότητας φτάνει σε κάθε στρώμα κατά μήκος του βάθους θεωρώντας μια γραμμική στρωματοποίηση μεταξύ μιας δοσμένης πυκνότητας στη κορυφή του στρώματος και της πυκνότητας στον πυθμένα του στρώματος. Οι διαχυτήρες σχεδιάστηκαν για την Orange County Outfall στη Καλιφόρνια και για το Sand Island Outfall στη Χονολουλού ορίζοντας αυτές ως line sources.

Cederwall (1975)

Ο Cederwall θεώρησε ότι η μάζα και η ορμή διαχέουν στον ίδιο βαθμό και ότι η καμπυλότητα της τροχιάς της εκτοξευόμενης δέσμης ροής ήταν μικρή και ότι μια μόνο κλίμακα στην πλευρική ταχύτητα και στο προφίλ πυκνότητας παρέμειναν. Οι λύσεις των παραμέτρων gross δόθηκαν για ένα εικονικό σημείο ή για line sources που περιορίζονται σε στάσιμα περιβάλλοντα, και γραμμικά στρωματοποιημένο ή ομοιόμορφο περιβάλλον. Οι λύσεις εξασφαλίστηκαν για 2-D κατακόρυφες, θετικά και αρνητικά ανωστικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής σε ομοιόμορφο περιβάλλον, 3-D κατακόρυφες, θετικά και αρνητικά ανωστικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής σε ομοιόμορφο περιβάλλον, 2-D και 3-D οριζόντιες εκτοξευόμενες δέσμες ροής που εξέρχονται σε κάποια αυθαίρετη γωνία σε ένα ομοιόμορφο περιβάλλον, 2-D και 3-D πλούμια που εξέρχονται κατακόρυφα σε ένα γραμμικό στρωματοποιημένο αποδεχόμενο νερό και τέλος 2-D και 3-D, κατακόρυφα εξερχόμενες ανωστικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής σε γραμμικά στρωματοποιημένο περιβάλλον με θετική και αρνητική άνωση.

Muellenhoff et al. (1985)

Αυτό το αρχείο της USEPA παρουσιάζει πέντε αριθμητικά μοντέλα που προσομοιώνουν τα χαρακτηριστικά της αρχικής ανάμιξης των δημοτικών απορρίψεων ωκεανού. Απ τα πέντε που παρουσιάζονται τα UPLUME και UDKHDEN είναι βάσει Euler.

Το UPLUME πρώτα παρουσιάστηκε απ τους Treeter Baumgartner (Treeter and Baumgartner,1979) και είναι μια επέκταση του μοντέλου του PLUME που έγινε απ τον Baumgartner κ άλλους (Baumgartner et al,1971). Το UPLUME σχεδιάστηκε για να επιλύσει τη γεωμετρική και δυναμική συμπεριφορά ενός ανωστικού γύρω πλούμιου που εξέρχεται από μια θύρα σε στάσιμα ,πυκνότητας στρωματοποιημένα περιβάλλοντα. Ιδανικό για οριζόντιες ή κατακόρυφες απορρίψεις, οι κυβερνούσες διαφορικές εξισώσεις είναι παρόμοιες με αυτές που παρουσιάστηκαν απ τον Baumgartner και Trent (Baumgartner and Trent, 1970). Το μοντέλο υπολογίζει συντεταγμένες για τη κεντρική γραμμή του πλούμιου, για διαλύσεις της κεντρικής γραμμής και μέσης-ροής και για μέγιστο ύψος ανύψωσης για στρωματοποιημένο περιβάλλον. Τα Γκαουσιανά προφίλ ομοιότητας υποθέτονται για τη ταχύτητα και τη συγκέντρωση. Δεν προορίζονται για ρηχά νερά, το βάθος περιβάλλοντος πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 διαμέτρους θύρες βαθιά. Οι αρχικοί αριθμοί Froude μπορεί να ποικίλουν από τιμές μικρότερες από 1 σε μεγαλύτερες από 10000. Ο υπολογισμός από τον ενδεχόμενο πυρήνα μήκους βασίζεται στη μέθοδο του Abraham.

Το UDKHDEN είναι μια τροποποιημένη εκδοχή του DKHPLM που δόθηκε από τους Treeter Baumgartner (Teeter and Baumgartner,1979). Αυτό το μοντέλο περιγράφει μοναδικά πλούμια τα οποία επιτρέπονται να συγχωνεύονται με πανομοιότυπα παρακείμενα πλούμια σε στάσιμα ή περιβάλλοντα ροής . Η ταχύτητα επιτρέπεται να ποικίλει με το βάθος και πολλοί τύποι προφίλ της πυκνότητας είναι αποδεχόμενα. Το UDKHDEN είναι ένα τρι-σδιάστατο μοντέλο το οποίο έχει θεωρητική βάση στην εργασία του Hirst (Hirst,1971a,Hirst,1971b), του Davis (1975) και Kannberg and Davis (1976). Μελέτησαν τα χαρακτηριστικά ανάμιξης μιας θερμικής απόρριψης ως μια λειτουργία των κενών των θυρών , του αριθμού απόρριψης Froude, της γωνίας απόρριψης και της ταχύτητας απόρριψης προς την ταχύτητα περιβάλλοντος. Αυτό το μοντέλο αναλύει το πλούμιο διαμέσου της ζώνης εγκατάστασης ροής ,αντίθετα από τη διαδικασία που αναλύθηκε παραπάνω που το

μοντελοποιεί σε ένα βήμα. Τα UDKHDEN και UPLUME υπολογίστηκαν σε άρθρο των Tsanis et al. (1994).

Wood (1993)

Το ολοκληρωτικό μοντέλο του Wood προσομοιώνει μια επιπλέουσα δέσμη ροή σε ένα ρεύμα. Το μοντέλο ικανοποιεί τις περιπτώσεις περιορισμού μιας ανωστικής δέσμη ροής σε στάσιμα νερά, μιας μη ανωστικής εκτοξευόμενης δέσμη ροής σε στάσιμα νερά, μιας εκτοξευόμενης δέσμη ροή σε ρεύμα και μιας ορμής στροβίλου η οποία είναι ένα φαινόμενο ροής που δεν προσεγγίζεται τόσο καλά από μια Γκαουσιανή προσέγγιση.

2.3.2 Το ολοκληρωτικό μοντέλο βάσει Lagrange

Το ολοκληρωτικό μοντέλο βάσει Lagrange ακολουθεί το στοιχείο του πλουμίου κατά μήκος της τροχιάς του και χρησιμοποιεί εξισώσεις παρόμοιες με αυτές του ολοκληρωτικού μοντέλου βάσει Euler. Το JETLAG, αναπτύχθηκε από τους Lee and Cheung (1990), είναι ένα τέλειο παράδειγμα ενός ολοκληρωτικού μοντέλου βάσει Lagrange. Αυτοί θεώρησαν μια γύρω ανωστική εκτοξευόμενη δέσμη ροή καθοδηγούμενη σε ένα ομοιόμορφο οριζόντιο πλάγιο ρεύμα. Η ροή κυριαρχείται από κινηματική ορμή της ροής M και άνωσης ροής J . Η αρχική εκτοξευόμενη δέσμη ροή απορρίφθηκε σε γωνία θ σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο και σ σε σχέση με τον άξονα του ρεύματος. Το αντικείμενο είναι να προβλέψεις την άγνωστη γεωμετρία του πλουμίου και τη χαρακτηριστική διάλυση και τη ταχύτητα στη διατομή της εκτοξευόμενης δέσμη ροής.

Οι Jordinson (1958) και Scover (1978) έδειξαν ότι πέρα από μερικές διαμέτρους εκτοξευόμενης δέσμη ροής, το εμπόδιο της πίεσης που επιβλήθηκε από το ατμοσφαιρικό ρεύμα είναι αμελητέο συγκρινόμενο με τη συνεισφορά οφειλόμενη στη ταραχώδη διείσδυση του πλάγιου ρεύματος. Η άγνωστη τροχιά του πλουμίου αποτελείται από σειρά ανεπηρέαστων στοιχείων του πλουμίου. Κάθε στοιχείο του πλουμίου, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί σαν bent cone, χαρακτηρίζεται από τη τοποθεσία του, τη μέση ταχύτητα, τη συγκέντρωση ρυπαντή, τη θερμοκρασία, την αλατότητα, το πλάτος και το πάχος. Το στοιχείο αυξάνεται σε μάζα από την εν δυνάμει βλέψη της διείσδυσης και οι ιδιότητες αλλάζουν σε ξεχωριστά χρονικά

βήματα Δt . Η μέθοδος Lagrange είναι ο χρόνος ολοκλήρωσης κατά μήκος της τροχιάς της εκτοξευόμενης δέσμη ροής.

Στο βήμα k th θεωρεί ένα στοιχείο πλουμίου που τοποθετείται σε (x_k, y_k, z_k) με οριζόντιες ταχύτητες u_k, v_k και κατακόρυφη ταχύτητα w_k . Το πάχος γύρω απ το μήκος h_k ορίζεται ως $u_k T \Delta t$. Η μάζα του στοιχείου του πλουμίου είναι $P_k = \rho \pi b_k^2 h_k$, όπου b_k είναι η ακτίνα του στοιχείου του πλουμίου. Επομένως το επόμενο βήμα είναι:

$$P_{K+1} = P_K + \Delta P_K \quad .1.19$$

$$P_{K+1} = \rho_{K+1} \pi b_{k+1}^2 h_{k+1} \quad .1.20$$

Δηλώνεται η αλατότητα με I , έπειτα οι εξισώσεις διατήρησης της μάζας :

$$I_{K+1} = \frac{P_K I_K + \Delta P_K I_a}{P_{K+1}} \quad .1.21$$

$$T_{K+1} = \frac{P_K T_K + \Delta P_K T_a}{P_{K+1}} \quad .1.22$$

$$C_{K+1} = \frac{P_K C_K + \Delta P_K C_a}{P_{K+1}} \quad .1.23$$

$$\rho_{K+1} = \rho(I_{K+1}, T_{K+1}) \quad .1.24$$

Η διατήρηση της οριζόντιας ορμής:

$$v_{k+1} = \frac{P_k v_k}{P_{k+1}} \quad .1.25$$

$$u_{k+1} = \frac{P_k u_k + \Delta P_k u_a}{P_{k+1}} \quad .1.26$$

Η διατήρηση της κατακόρυφης ορμής:

$$w_{k+1} = \frac{P_k w_k + P_{k+1} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)_{k+1} g \Delta t}{P_{k+1}} \quad .1.27$$

$$(Pw)_{k+1} = (Pw)_k + (\Delta \rho g u^T)_{k+1} \Delta t \quad .1.28$$

Άλλες εξισώσεις περιγράφουν το πάχος και την ακτίνα, τον προσανατολισμό της εκτοξευόμενης δέσμης ροής, τη τοποθεσία και τις αρχικές συνθήκες.

Όλη η διεισδόμενη ροή περιβάλλοντος θεωρείται ότι έχει ταχύτητα u_a . Σε αυτή τη διατύπωση δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ της ζώνης της εγκατάστασης της ροής και της ζώνης της εγκατεστημένης ροής. Μόνο οι μέσες ιδιότητες αναπαριστώνται. Το μοντέλο προβάλλει ένα προφίλ «top hat» και για τη ταχύτητα και για τη συγκέντρωση.

Muellerhoff et al.(1985)

Τα UOUTPLM ή OUTPLM, αναπτύχθηκαν αρχικά από τους Winiarski and Frick (1976). Το OUTPLM θεωρεί ένα μοναδικό πλούμιο σε είτε στάσιμο ή ομοιόμορφης ροής περιβάλλον. Το μοντέλο ακολουθεί το στοιχείο καθώς αποκτά μάζα οφειλόμενη στη διείσδυση. Η συνολική διείσδυση λαμβάνεται ως η μεγαλύτερη εν δυνάμει διείσδυση ή βλέψη της διείσδυσης.

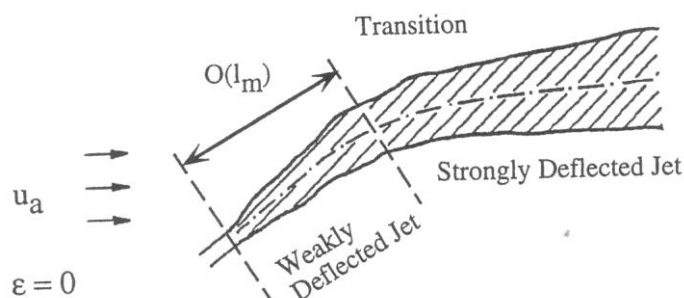
Το UMERGE είναι μια τροποποιημένη εκδοχή της MERGE , προερχόμενη από το OUTPLM και την έρευνα του Frick (Frick,1984). Το UMERGE είναι ένα δισδιάστατο μοντέλο που αναλύει θετικά ανωστικές απορρίψεις. Εξηγεί την ανάμιξη των παρακείμενων πλουμίων για μια ποικιλία ταχυτήτων ρεύματος. Το ρεύμα θεωρείται να είναι κανονικό στον άξονα του διαχυτήρα και ο φορέας της ταχύτητας απόρριψης θεωρείται να είναι το επίπεδο που σχηματίζεται απ τη κατεύθυνση του ρεύματος και τον κατακόρυφο άξονα. Η εν δυνάμει και αποβλεπόμενη διείσδυση αθροίζονται. Αυτά τα μοντέλα υπολογίστηκαν απ τους Tsanis et al. (1994).

Baumgartner, Frick και Roberts (1993)

Μια συνεισφορά της USEPA στη μοντελοποίηση διάλυσης καλείται PLUMES. Το UM είναι μια επέκταση του UMERGE και μπορεί να θεωρήσει συγκεντρώσεις φόντο(background) και γεννώμενα πυκνά πλούμια.

2.3.3 Το μοντέλο κλίμακας μήκους

«Οι κλίμακες μήκους περιγράφουν τη σχετική σημασία της ορμής ροής απόρριψης, της ροής άνωσης, του πλάγιου ρεύματος περιβάλλοντος και της πυκνότητας στρωματοποίησης στον έλεγχο της συμπεριφοράς της ροής» (Jirka and Akar, 1991b). Για παράδειγμα, η εκτοξευόμενη δέσμη ροής στη κλίμακα μήκους του πλάγιου ρεύματος είναι ο λόγος της ορμής της ροής προς το τετράγωνο της τρέχουσας ταχύτητας. Η Εικόνα 11 παρακάτω απεικονίζει το ότι αν η απόσταση κατά μήκος της τροχιάς του πλουμίου που διαιρείται από τη κλίμακα μήκους είναι πολύ λιγότερο από ένα, τότε η ορμή της εκτοξευόμενης δέσμης ροής κυριαρχεί τη ροή. Αν είναι μεγαλύτερο από ένα, το πλάγιο ρεύμα θα κυριαρχεί τη περιοχή της ροής.



Εικόνα 11. Το επίπεδο της εκτοξευόμενης δέσμης ροής σε ένα ομοιόμορφο πλάγιο ρεύμα. (Akar and Jirka, 1991)

Η εκτοξευόμενη δέσμη ροή στη μεταφορά της κλίμακας μήκους του πλουμίου $= M/J^{2/3}$

Αυτή είναι η απόσταση στην οποία η μετάβαση από τη συμπεριφορά της εκτοξευόμενης δέσμης ροής στη συμπεριφορά του πλουμίου παίρνει μέρος σε ένα στάσιμο ομοιόμορφο αποδεχόμενο νερό.

Η εκτοξευόμενη δέσμη ροή στο πλάγιο ρεύμα κλίμακας μήκους $= M/u_a^2$

Όταν το ρεύμα περιβάλλοντος είναι κατακόρυφο στο διαχυτήρα, αυτή η κλίμακα μήκους σημειώνει την απόσταση ανάμεσα όπου η εκτοξευόμενη δέσμη ροή ισχυρά εκτρέπεται απ το πλάγιο ρεύμα. Σε ένα παράλληλο ρεύμα, είναι η απόσταση ανάμεσα που η ροή απλά μεταφέρεται.

Η εκτοξευόμενη δέσμη ροή /κλίμακα μήκους στρωματοποίησης= $M^{1/3}/\varepsilon^{1/3}$

Αυτή είναι η απόσταση στην οποία η εκτοξευόμενη δέσμη ροή «αρχίζει ισχυρά να επηρεάζεται απ τη στρωματοποίηση», που είναι ,το ύψος στο οποίο η ροή παγιδεύεται.

Το πλούμιο/ κλίμακα μήκους στρωματοποίησης= $J^{1/3}/\varepsilon^{1/2}$

Παρόμοια με τη κλίμακα μήκους παραπάνω, είναι η απόσταση στην οποία το πλούμιο αρχίζει δυνατά να επηρεάζεται απ τη στρωματοποίηση ή την τελική ανύψωση ύψους.

Πλάγιο ρεύμα/κλίμακα μήκους στρωματοποίησης = $u_d/\varepsilon^{1/2}$

Αυτή είναι κατακόρυφη ανάντη , ή κατάντη απόσταση ανάμεσα στην οποία το πλούμιο αρχίζει να επηρεάζεται απ το πλάγιο ρεύμα.

Τυπικά μοντέλα κλίμακας μήκους δημιουργήθηκαν από τη διαστατική ανάλυση που σχετίζει μια επιτευγμένη διάλυση και του ύψους ανύψωσης του πλουμίου ή της εκτοξευόμενης δέσμη ροής, στη λειτουργία ενός ή αριθμού μηκών κλίμακας .Οι σταθερές αναλογίες έπειτα καθορίζονται χρησιμοποιώντας εργαστηριακές μελέτες. Κατά τα φαινόμενα με μια μη επιτηδευμένη ματιά , οι κλίμακες μήκους έχουν προσπεράσει τον τύπο ολοκληρωτικής ανάλυσης σε δημοτικότητα.Η λίστα έθεσε ότι οποιαδήποτε αριθμητική επίλυση θα έπρεπε να τσεκαριστεί έναντι στην πανομοιότυπη κλίμακα μήκους : Δε μπορεί να δοθεί έμφαση στο πόσο σημαντικό είναι να προετοιμάζεις όχι με μεγάλη λεπτομέρεια το αποτέλεσμα οποιουδήποτε μοντέλου υπολογιστή(Fischer et al.1979).

Muellerhoff ,Soldate, Baumgartner, Schuldt, Davis και Frick (1985)

Το τελευταίο μοντέλο δόθηκε από άρθρο του 1985 της USEPA ,το UNLINE βασίζεται σε πειράματα του 1977 και 1979 πάνω σε κλίσεις εκτοξευόμενων δεσμών ροής που βγαίνουν σε στρωματοποιημένο περιβάλλον με αδιάκοπο ρεύμα και αυθαίρετη κατεύθυνση. Χρησιμοποιεί κλίμακες μήκους για να μοντελοποιήσει μια γραμμική πηγή πεπερασμένου μήκους.

Wright and Wallace (1979)

Οι Wright and Wallace (1979) χρησιμοποίησαν μια ανάλυση κλίμακας μήκους για να μοντελοποιήσουν μια ταραχώδη ανωστική δέσμη ροή που απορρίπτεται κατακόρυφα σε ένα γραμμικά στρωματοποιημένο περιβάλλον ρευστού χωρίς πλάγιο ρεύμα. Προσεγγίσιμες λύσεις για το μέγιστο ύψος ανύψωσης εξασφαλίστηκαν ως λειτουργίες της εκτοξευόμενης δέσμη ροής στη κλίμακα μήκους του πλουμίου και της κλίμακας μήκους στρωματοποίησης του πλουμίου. Επίσης, η διάλυση στο θερματικό στρώμα δίνεται ως η λειτουργία της κινηματικής ορμής της ροής, της πηγής όγκου ροής ανά μονάδα πλάτους και της κλίμακας μήκους στρωματοποίησης της εκτοξευόμενης δέσμη ροής. Μια ολοκληρωτικού τύπου ανάλυση και μια εμπειρική μελέτη διεξήχθησαν για να καθορίσουν τις σταθερές αναλογίες. Τα αριθμητικά και εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν δίκαιη συμφωνία.

Wright (1983)

Ο Wright διεξήγαγε μια διαστατική ανάλυση παρόμοια με την ανάλυση ενός γραμμικού πλουμίου σε ένα ρεύμα ωκεανού. Η ανάλυση έγινε για να προβλέψει τα μέγιστα ύψη ανύψωσης από κατακόρυφες γύρω εκτοξευόμενες δέσμες ροής σε γραμμικά στρωματοποιημένα περιβάλλοντα. Εκφράσεις για ελάχιστη διάλυση επικρατήθηκαν με μια ανάλυση κλίμακας μήκους απ το μέγιστο ύψος ανύψωσης. Πειράματα διεξήχθησαν για συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση κλίμακα μήκους.

Wright et al. (1991)

Ο Wright et al., μελέτησαν την επιφανειακή διάλυση γύρω υποβρύχιες ανωστικές εκτοξευόμενες δέσμες ροής. Αυτοί κέντραραν στην περαιτέρω διάλυση στην περιοχή εκτροπής όπου η εκτοξευόμενη δέσμη ροή αρχίζει να εξαπλώνεται τελευταία κατά μήκος της επιφάνειας. Η εμπειρική τους μελέτη αποκάλυψε ότι η επιφανειακή διάλυση αύξησε τις τρία σε πέντε-πτυχώσεις το εσωτερικό υδραυλικό άλμα.

Baumgartner et al. (1993)

Το RSB είναι ένα μοντέλο κλίμακας μήκους που βασίζεται στα πειράματα των Roberts et al. (1989) που μελετούν τη διάλυση και τον σχηματισμό των πεδίων των αποβλήτων που προκύπτουν από μια απόρριψη σε ένα γραμμικά στρωματοποιημένης πυκνότητας περιβάλλον με ένα σταθερό ρεύμα αυθαίρετης ταχύτητας και κατεύθυνσης. Εξετάστηκε ένας ειδικός σχεδιασμός πολλαπλών θυρών διαχυτήρων υπό ένα εύρος παραμέτρων για τυπικούς αποδέκτες ωκεανών αποβλήτου-νερού.

2.4 Έμπειρο (Expert) Σύστημα CORMIX

Όπως προαναφέραμε υπάρχει μία σειρά προγραμμάτων που ασχολούνται με τη μοντελοποίηση εκροής ρυπασμένων υδάτων σε μία μεγαλύτερη υδάτινη μάζα. Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται το λογισμικό πακέτο CORMIX. Το πρόγραμμα αυτό δημιουργήθηκε από το πανεπιστήμιο του Cornell εκ μέρους του Αμερικανικού Οργανισμού Προστασίας του Περιβάλλοντος (EPA).

Το CORMIX είναι ένα σύστημα λογισμικού για την ανάλυση, την πρόβλεψη και το σχεδιασμό υδατικών συμβατικών ή τοξικών απορρίψεων. Ο σκοπός του προγράμματος είναι να παρέχει ακριβείς και αξιόπιστες προβλέψεις των διαδικασιών ανάμιξης και των πλουμίων που δημιουργούνται σε υδάτινες μάζες, με την παραδοχή ότι υπάρχουν σταθερές συνθήκες. Είναι ένα εμπειρικό μοντέλο βασισμένο σε πειραματικές εξισώσεις που προβλέπουν την αραίωση και ελέγχουν την ακρίβεια των θεωρητικών μοντέλων. Το μοντέλο δίνει έμφαση στη γεωμετρία και τη διαλυτότητα στο κοντινό πεδίο αν και προβλέπει και τη συμπεριφορά του πλουμίου πέρα από την αρχική ζώνη ανάμιξης. Το πρόγραμμα παρέχει λεπτομερείς υδροδυναμικές πληροφορίες και συστάσεις για το σχεδιασμό της εκροής. Ένα πλεονέκτημα της χρήσης του CORMIX είναι ότι το μοντέλο εκτιμά τα αποτελέσματα των οριακών αλληλεπιδράσεων στις διεργασίες ανάμιξης του κοντινού πεδίου. Το CORMIX υπολογίζει για κάθετα (πυθμένας ποταμών και επιφάνεια) και πλευρικά (ακτογραμμή) όρια. Αποτελείται από τρία υποσυστήματα: CORMIX1, CORMIX2 και CORMIX3.

Είναι σχεδόν αδύνατο να αναπτυχθεί ένα σύστημα που λειτουργεί αξιόπιστα για οποιαδήποτε περίπτωση ανάμιξης και απόρριψης ρυπαντή στο περιβάλλον. Το CORMIX είναι ένα έμπειρο σύστημα που λειτουργεί για την πλειοψηφία (σε ποσοστό μεγαλύτερο από 95%) των τυπικών περιπτώσεων απόρριψης, από απλές έως

περίπλοκες καταστάσεις. Για τις υπόλοιπες απαιτείται ξεχωριστή ανάλυση με χρήση αριθμητικών και υδραυλικών μοντέλων.

Το **CORMIX1** ασχολείται με υποβρύχιες εκροές μονής εξόδου με θετική, αρνητική και ουδέτερη άνωση μέσα σε υδάτινο περιβάλλον (βαθιά ή ρηχά νερά, στάσιμα ή ρέοντα, ομοιόμορφο ή στρωματοποιημένο περιβάλλον) όπως ποτάμια, λίμνες, δεξαμενές, εκβολές ποταμών ή παράκτιες περιοχές. Υποθέτει σταθερές συνθήκες ροής τόσο για την εκροή όσο και για το περιβάλλον. Μπορεί να προβλέψει την τροχιά και το σχήμα του πλουμίου, τη συγκέντρωση ρυπαντών και την αραίωση τόσο για το κοντινό όσο και για το μακρινό πεδίο. Ο χρήστης εισάγει στο σύστημα πληροφορίες για την εκροή και για τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον. Το πρόγραμμα εξάγει λεπτομέρειες για τους υδροδυναμικούς μηχανισμούς που ελέγχουν τη ροή και την αραίωση, γεωμετρικές πληροφορίες που αφορούν το σχήμα του πλουμίου που δημιουργείται μέσα στην υδάτινη μάζα και τέλος, συστάσεις για τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της αραίωσης. Υπάρχει η δυνατότητα να παρουσιαστούν πληροφορίες για τις διαστάσεις της ζώνης ανάμιξης που ορίζεται από τη νομοθεσία, τα όρια αυτής και κατά πόσο τηρούνται. Το σύστημα υποθέτει ότι η πραγματική διατομή της εκροής μπορεί να περιγραφεί ή να σχηματιστεί σαν ένα ορθογώνιο ομοιόμορφο κανάλι, η εκροή του οποίου μπορεί και να περιορίζεται πλευρικά. Η ταχύτητα του περιβάλλοντος θεωρείται ομοιόμορφη στο σημείο της εκροής. Το πρόγραμμα υποθέτει, ακόμα, ότι η εκροή είναι κοντά στον πυθμένα (η ανύψωση της εξόδου δεν πρέπει να ξεπερνά το 1/3 του συνολικού βάθους). Έτσι, το CORMIX1 πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή και ενδέχεται να χρειάζονται τροποποίηση ορισμένες παράμετροι για αποθέσεις κοντά στην επιφάνεια.

Το υποσύστημα **CORMIX2** χρησιμοποιείται για προβλέψεις εκροής από υποβρύχιους διαχυτήρες πολλαπλών εξόδων για συμβατικό ή τοξικό ρυπαντή. Λόγω της δυνατότητάς τους να παρέχουν σε μεγάλο βαθμό αρχική ανάμιξη έχει αυξηθεί η χρήση τους για το σχεδιασμό απορρίψεων. Ποικίλουν από διαχυτήρες αποβλήτων για την εκροή επεξεργασμένων υδάτων βιολογικών καθαρισμών, θερμικούς διαχυτήρες για νερό ψύξης που χρησιμοποιείται σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μέχρι διαχυτήρες για βιομηχανικά απόβλητα και απορρίψεις άλμης από εργοστάσια αφαλάτωσης. Η απόρριψη μπορεί να έχει θετική, αρνητική ή ουδέτερη άνωση και να πραγματοποιείται σε στρωματοποιημένο ή ομοιόμορφο περιβάλλον με την παρουσία ή χωρίς ρευμάτων από το περιβάλλον. Σκοπός του συστήματος είναι να δώσει

αξιόπιστες προβλέψεις για τις ζώνες ανάμιξης και πληροφορίες για τα όρια που ορίζει η νομοθεσία. Δίνει έμφαση στη γεωμετρία της απόρριψης, στα χαρακτηριστικά της ζώνης ανάμιξης που ορίζει η νομοθεσία και στη ζώνη τοξικής ανάμιξης. Συλλέγει τα δεδομένα, πραγματοποιεί υδροδυναμικές αναλύσεις, συγκεντρώνει τα χαρακτηριστικά αραιώσης μαζί με τους νομικούς περιορισμούς και προτείνει αλλαγές στο σχεδιασμό της εκροής ούτως ώστε να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά της αραιώσης. Το CORMIX2 μπορεί να προβλέψει ιδιαίτερα περίπλοκες περιπτώσεις εκροής που περιλαμβάνουν βαθύ ή ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον, στρωματοποιημένο ή ομοιόμορφο και οριακές αλληλεπιδράσεις.

Το υποσύστημα **CORMIX3** αναλύει επιφανειακές απορρίψεις που προκύπτουν όταν υγρά απόβλητα εισέρχονται σε μία υδάτινη μάζα μέσω ενός καναλιού, αγωγού ή αγωγού που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια. Σε αντίθεση με το CORMIX1 και CORMIX2 περιορίζεται σε απορροές με θετική ή ουδέτερη άνωση. Πολλαπλές περιπτώσεις επιφανειακής απορροής με διαφορετική γεωμετρία και κατεύθυνση μπορούν να αναλυθούν, συμπεριλαμβανομένων καναλιών με απότομη επιφανειακή έξοδο, καναλιών που δεν βρίσκονται στο επίπεδο της ακτής αλλά εισέρχονται στην υδάτινη μάζα και τέλος, προσανατολισμών που είναι σε ευθεία, παράλληλα ή πλάγια στην όχθη.

Συνολικά, το CORMIX περιέχει περίπου 80 τρόπους ταξινόμησης της ροής και 20 κλίμακες. Για κάθε μια από τις 80 γενικές ταξινομήσεις της ροής του CORMIX, ένα υδροδυναμικό μοντέλο κατασκευάζεται για να προσομοιώσει την κάθε κατηγορία ροής. Το CORMIX χρησιμοποιεί ένα αυστηρό τρόπο ταξινόμησης της ροής ανάλογα με την αλληλεπίδραση μεταξύ της εκροής και του ρευστού που γίνεται η απόθεση, σε μια από τις διάφορες κατηγορίες ροής με ευδιάκριτα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά. Η ταξινόμηση έχει αναπτυχθεί με βάση την διαστατική ανάλυση και χρησιμοποιεί την κλίμακα μήκους ως μέτρο επιρροής του κάθε πιθανού μηχανισμού ανάμιξης, η οποία περιγράφει την αλληλεπίδραση της απόθεσης με τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στη συμπεριφορά της ροής.

Το σύστημα CORMIX-GI χρησιμοποιεί μια σειρά βάσεων κανόνων που συνδέονται με την προσομοίωση υδροδυναμικών μοντέλων, διαδικασίες οπτικοποίησης και εργαλεία σχεδιασμού εκροής. Οι βάσεις κανόνων ελέγχουν την συνοχή των δεδομένων εισόδου, υπολογίζουν βασικές κλίμακες μήκους και παραμέτρους ροής, καθώς επίσης και την τάξη ροής που πρόκειται να προσομοιώσει. Οι βάσεις

περιέχουν πάνω από 2000 κανόνες για να αξιολογηθεί η χωρική συμπεριφορά της εκροής καθώς και ρυθμίσεις για τις ζώνες ανάμιξης, συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης της ποιότητας νερού.

Όπως όλα τα μοντέλα, έτσι και το CORMIX έχει ορισμένους περιορισμούς :

- Μια μικρή αλλαγή σε μία μεταβλητή εισόδου μπορεί να επιδράσει στην αναγνώριση διαφορετικού είδους ροής με εντελώς διαφορετικές προβλέψεις που οδηγούν σε διαφορετικούς ρυθμούς ανάμειξης δημιουργώντας πιθανές ασυνέχειες στα αποτελέσματα πρόβλεψης.
- Επιπλέον, το μοντέλο CORMIX έχει περιορισμένη ικανότητα για τη προσομοίωση της απόρριψης μεγάλων όγκων ροής σε ρηχές περιοχές.
- Το μοντέλο δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις με υψηλή ανομοιομορφία, όπως συνθήκες όπου το σύστημα είναι επιρρεπές σε τοπική επανακυκλοφορία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Προσομοίωση διάχυσης ρυπαντών υποθαλάσσιων αγωγών μίας και πολλαπλών θυρών σε στρωματοποιημένα ή ομοιόμορφα και για στάσιμα ή μη περιβάλλοντα.

- CORMIX 1 PREDICTIONS

3.1.1 Εφαρμογή AB Χημική Βιομηχανία

Το παράδειγμα αυτό δείχνει μια επιπλέονσα απόρριψη σε μια περιοχή οριοθετημένη παραποτάμια. Η ροή απόρριψης εξετάζεται βάσει τριών νομικά κριτηρίων ανάμιξης: τη τοξική ζώνη αραίωσης, το πλάτος πλουμίου σε μια νόμιμη ζώνη ανάμιξης που ορίζεται από το ισχύον πλάτος καναλιού και τη κατάντη περιοχή ενδιαφέροντος.

3.1.2 Η κατάσταση του προβλήματος

Η AB Χημική Βιομηχανία απορρίπτει θερμαινόμενα βιομηχανικά απόβλητα στον ποταμό Οχάιο μέσω ενός υποθαλάσσιου αγωγού απόρριψης. Η ροή απόρριψης είναι $0.053 \text{ m}^3 / \text{s}$ και περιέχει $500 \mu\text{g/l}$ μιας τοξικής ουσίας. Το υλικό έχει κριτήριο μέγιστης συγκέντρωσης (CMC), $25 \mu\text{g/l}$. Για θερινές συνθήκες η θερμοκρασία απόρριψης είναι 48°C . Στη θέση απόρριψης, η διατομή είναι τραπεζοειδής με ένα πλάτος πυθμένα 230 m . Το βάθος του ποταμού είναι 12 μέτρα και η ταχύτητα είναι $0,3 \text{ m} / \text{s}$. Η τυπική θερμοκρασία του καλοκαιριού είναι 20°C . Οι συνθήκες τραχύτητας του ποταμού δίνονται από το n Manning's $0,024$. Το σημείο απόρριψης του βρίσκεται 55 m από τη γραμμή πρανούς κοντά στην αριστερή όχθη. Η δεξιά όχθη βρίσκεται υπό την δικαιοδοσία του κράτους του Οχάιο. Ο σχεδιασμός που προτείνεται για την απόρριψη αυτή έχει ως εξής: η θύρα δείχνει κάθετη προς τη ροή περιβάλλοντος και οδηγείται οριζόντια κατά μήκος του βυθού ($\theta_0 = 0^\circ$). Η στρογγυλή θύρα έχει διάμετρο 15 cm και το κέντρο της βρίσκεται $0,4 \text{ m}$ πάνω από το πυθμένα του ποταμού (Σχήμα 7.1). Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί ζώνης ανάμιξης της Πολιτείας της Δυτικής Βιρτζίνια. Για αυτήν την περίπτωση η ζώνη ανάμιξης θεωρείται να έχει μέγιστη τιμή πλάτους ίσο με το 10% του πλάτους του ποταμού, και η αραίωση να τιμάται 3000 m κατάντη από το σημείο απόρριψης.

AB Χημική Βιομηχανία									
Q (m ³ /s)	T (°C)	Depth (m)	u _a (m/s)	n	RMZ (m)	D ₀ (m)	H ₀ (m)	Concentration discharge (μg/l)	CMC μg/l
0.053	48	12	0.3	0.024	3000	0.15	0.4	500	25

Πίνακας 1. Αρχικές τιμές εφαρμογής AB Χημική Βιομηχανία

Για να ελέγξουμε τη συμπεριφορά του συστήματος μεταβάλλαμε τη γωνία θ από 0^0 ($\sigma=90^0$) σε 30^0 ($\sigma=270^0$).

3.1.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX1

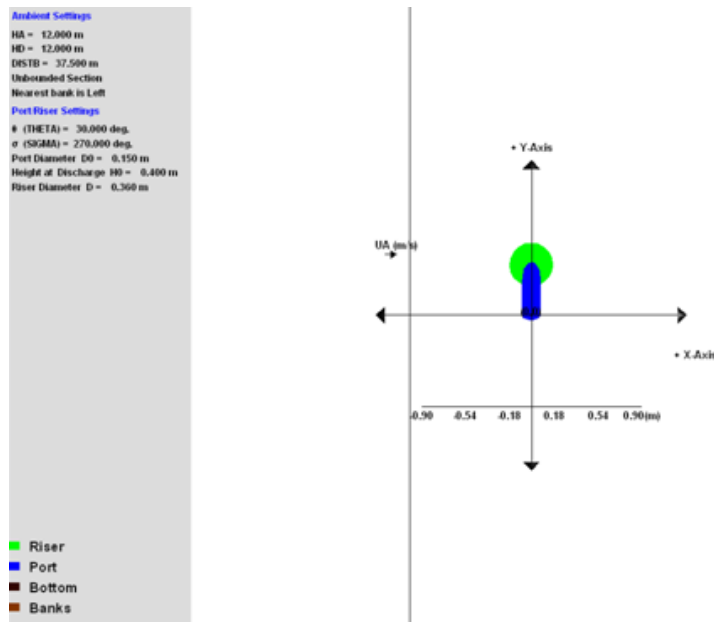
Μεταβάλλοντας τη γωνία θ παρατηρούμε:

1. Τα βασικά μήκη που υπολογίζονται από την προσομοίωση του CORMIX1 και που είναι απαραίτητα για τον χαρακτηρισμό της κατάταξης της ροής είναι ίδια παρά την αλλαγή στη γωνία θ και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

	L _m (m)	L _b (m)	L _Q (m)	L _M (m)	H _S (m)	J ₀ (m ⁴ /s ³)	M ₀ (m ⁴ /s ²)
$\theta=0^0, \sigma=90^0$	1.33	0.18	0.13	3.62	12	0.004830	0.1590
$\theta=30^0, \sigma=270^0$	1.33	0.18	0.13	3.62	12	0.004830	0.1590

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής AB

2. Σύμφωνα με τα διαγράμματα ροής (σχήμα) που προκύπτουν, το προφίλ της ροής κατατάσσεται στη κατηγορία H1, ένα προφίλ ροής που ανταποκρίνεται σε ένα στρώμα που υποστηρίζει στο γεμάτο νερό βάθους πεδίο απόρριψης και στις δύο περιπτώσεις.



Σχήμα 3. Διαχυτής εφαρμογής AB- $\theta=30^0$, $\sigma=270^0$

4. Εκτίμηση άνωσης: Και στις δύο περιπτώσεις η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος. Έτσι, η εκροή θα έχει θετική άνωση και τείνει να ανυψώνεται προς την επιφάνεια.

Επαφή του πλουμίου με την όχθη: Το πλούμιο είναι απεριόριστο τμήμα που έχει επαφή με τη κοντινότερη όχθη στα 568.62m στην περίπτωση που λάβουμε γωνία $\theta = 0^0$ και στα 906.08m όταν $\theta=30^0$

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο: Η NFR είναι η ζώνη δυνατής εσωτερικής ανάμιξης. Δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Ωστόσο η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για το σχεδιαστή της απόρριψης επειδή η ανάμιξη στη NFR είναι συνήθως ευαίσθητη στις συνθήκες σχεδιασμού της απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις του ρύπου, οι ρυθμοί αραίωσης, το πάχος και το πλάτος του πλουμίου καθώς και ο χρόνος ταξιδιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Περιοχή έντονης ανάμειξης (NFR)	
$\theta=0^0, \sigma=90^0$	$\theta=30^0, \sigma=270^0$
x=79.07 m	x=56.72m
C=0.001mg/l	C=0.0014mg/l
S=480.8	S=349.1
b _h =6.52m	b _h =5,55m
b _v =6.52m	b _v =5.55m
t=235.10008sec	t=169.9277sec

Πίνακας 3. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR)

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι αυξάνοντας τις γωνίες έχουμε μικρή αύξηση της συγκέντρωσης (c) του ρύπου και μείωση της αραίωσης στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμιξης (NFR). Επίσης παρατηρείται μείωση του πάχους, του πλάτους και του χρόνου ταξιδιού του πλουμίου.

Ανάμιξη μακριά απ το πεδίο: Το πλούμιο γίνεται κατακόρυφα ολικά αναμιγνυόμενο στα 1475.96 m κατάντη όταν $\theta=0^0$ και στα 1638.95 όταν $\theta=30^0$

Κριτήρια τοξικής ζώνης διάλυσης:

Για $\theta=0^0$

Το κριτήριο CMC των 0.025mg/l συναντάται στις συντεταγμένες: $x = 8.30$ m, $y = 5.25$ m, $z = 0.41$ m και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 20. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.17 m και πλάτος 0.17 m. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως και την τοποθεσία του CMC είναι 9.81 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1⁰
Η τοποθεσία είναι έως και 50 φορές την κλίμακα μήκους $L_Q = 0.13$ m
Το κριτήριο δεν ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2⁰
Η τοποθεσία είναι λιγότερο από 5 φορές το βάθος του νερού $H_D = 12$ m
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3⁰
Προσδιορίστηκε μια ζώνη ανάμιξης αλλά τα όρια της δε μετρήθηκαν μέσα στην προβλεπόμενη περιοχή του πλουμίου.

Η εκροή δεν ικανοποιεί και τα τρία κριτήρια CMC για την τοξική ζώνη διάλυσης. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στη μικρή ταχύτητα απόρριψης.

Το κριτήριο της CCC των 0.025 mg/l συναντάται στις συντεταγμένες : $x = 8.30$ m, $y = 5.25$ m, $z = 0.41$ m και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 20. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πλάτος =0.84 m

Για $\theta=30^0$

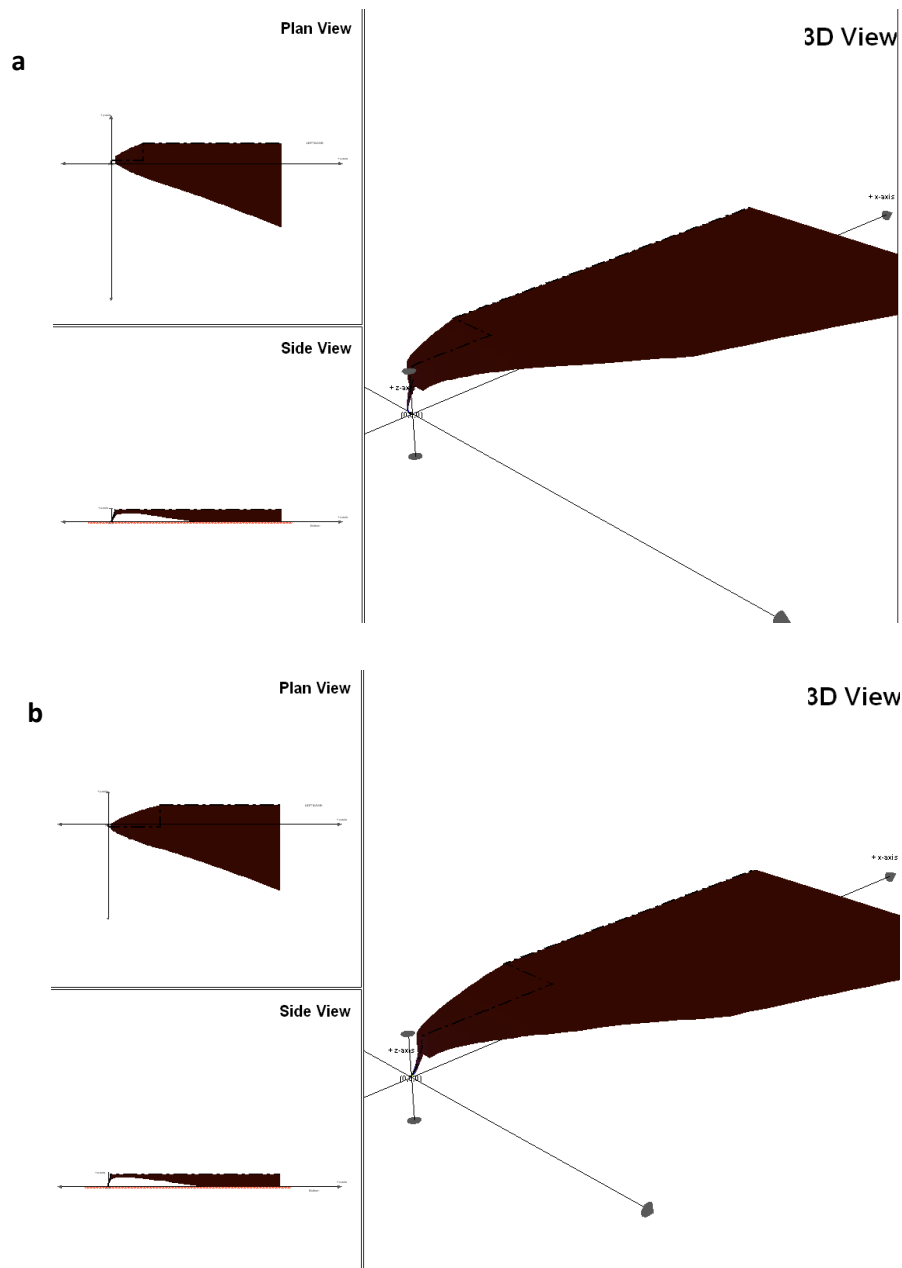
Το κριτήριο CMC των 0.025mg/l συναντάται στις συντεταγμένες: $x = 4.42$ m, $y = -3.07$ m, $z = 2.57$ m και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 20. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.04 m και πλάτος 0.04 m. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως και την τοποθεσία του CMC είναι 5.8 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1⁰
Η τοποθεσία είναι έως και 50 φορές την κλίμακα μήκους $L_Q = 0.13$ m
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2⁰
Η τοποθεσία είναι λιγότερο από 5 φορές το βάθος του νερού $H_D = 12$ m
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3⁰
Προσδιορίστηκε μια ζώνη ανάμιξης αλλά τα όρια της δε μετρήθηκαν μέσα στην προβλεπόμενη περιοχή του πλουμίου.
Το κριτήριο ικανοποιείται

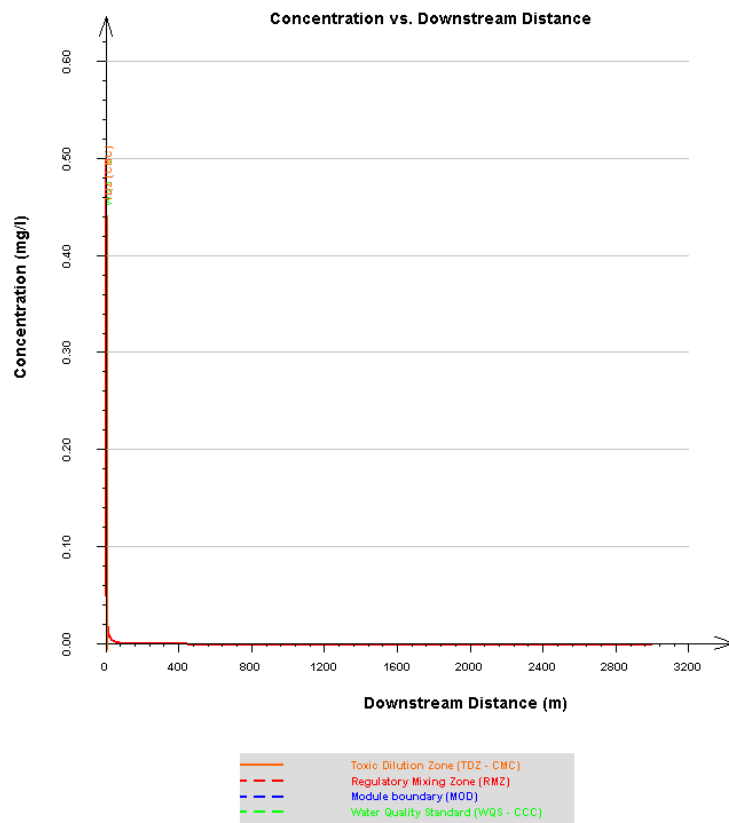
Η εκροή ικανοποιεί και τα τρία κριτήρια CMC για την τοξική ζώνη διάλυσης.

Το κριτήριο της CCC των 0.025 mg/l συναντάται στις συντεταγμένες : $x = 4.42$ m, $y = -3.07$ m, $z = 2.57$ m και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 20. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πλάτος = 0.84 m

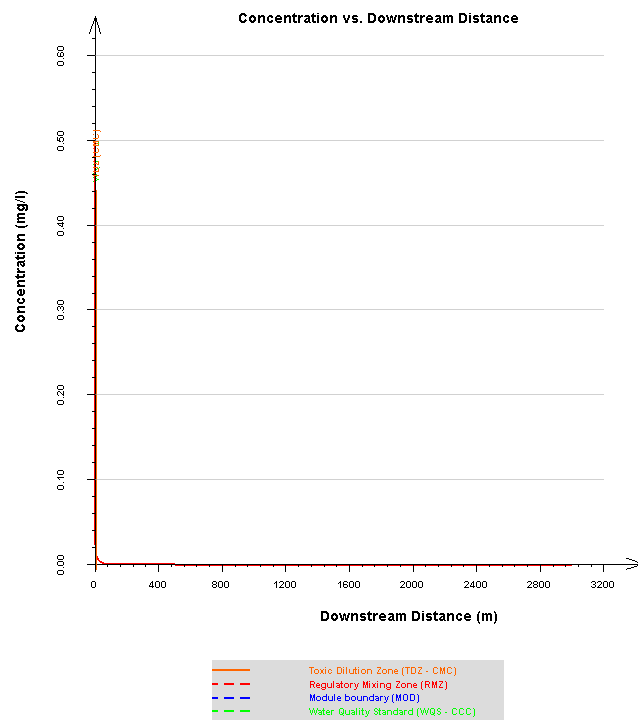
5. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε ίδιο προφίλ ροής του πλουμίου του ρύπου με τις διαφοροποιήσεις στις συγκεντρώσεις να είναι αμελητέες.



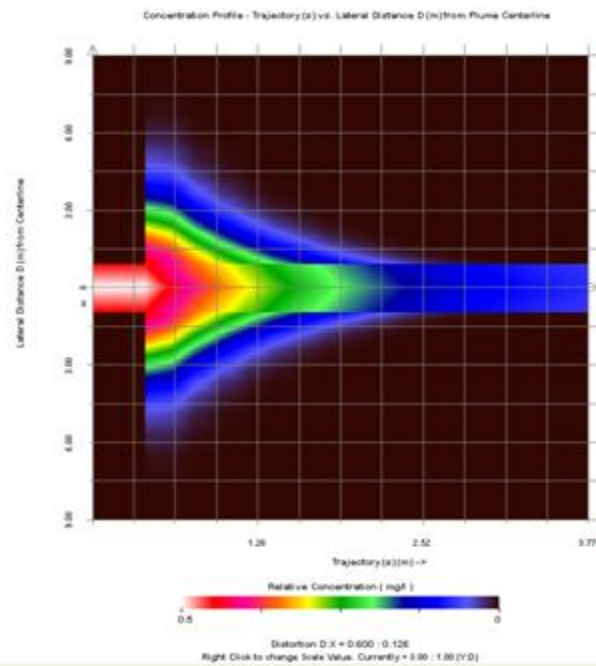
Σχήμα 4. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής AB α) $\theta=0^\circ$ και β) για $\theta=30^\circ$



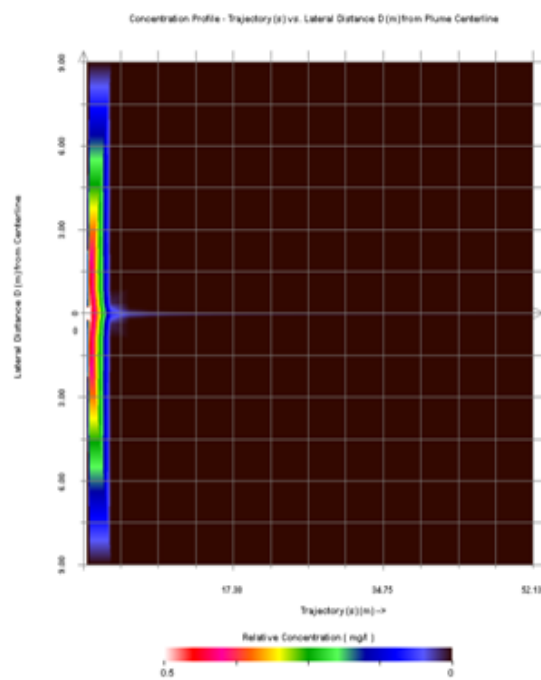
Σχήμα 5. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου –κατάντη απόστασης εφαρμογής AB $\theta=0^0$



Σχήμα 6. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου –κατάντη απόστασης εφαρμογής AB $\theta=30^0$



Εικόνα 12. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής εφαρμογής AB $\theta=0^0$



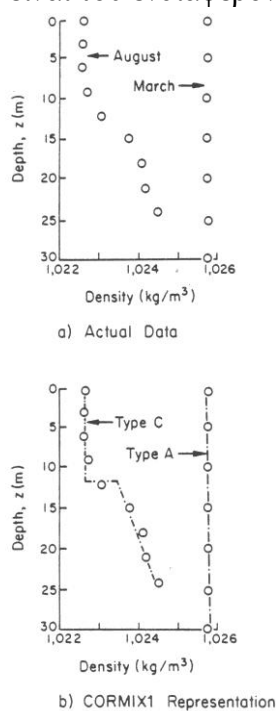
Εικόνα 13. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής εφαρμογής AB $\theta=30^0$

3.2.1 MN Βιολογικός Καθαρισμός

Σε αυτό το παράδειγμα ένας μεσαίου μεγέθους δήμος (100000 κατοίκων) απορρίπτει το επεξεργασμένο απόβλητό του σε παρακείμενα παράκτια νερά. Ένα τοπικό εργοστάσιο επεξεργασίας μετάλλου προτίθεται να διαθέσει την απορριπτόμενη άλμη που περιέχει τοξικά μέταλλα συνδυασμένη με τα δημοτικά απόβλητα. Αυτή η επιπλέον απορρίψη υπόκεινται σε τρία κριτήρια ανάμιξης :μια ζώνη τοξικής διάλυσης, το πλάτος του πλουμίου κριτήριο της νόμιμης ζώνης ανάμιξης και τη κατάντη περιοχή ενδιαφέροντος . Χρησιμοποιούμε το CORMIX1 για να μελετήσουμε την επίδραση των τυπικών χειμερινών και θερινών προφίλ πυκνότητας στη συμπεριφορά ανάμιξης της απόρριψης .

3.2.2 Η κατάσταση του προβλήματος

Μετρήθηκαν τυπικά χειμερινά και θερινά προφίλ στην περιοχή της απόρριψης και φαίνονται στην Εικόνα 14(a).Η απόρριψη πρόκειται να γίνει 2000 m απ την ακτή σε τοπικό βάθος νερού των 24.4 m.Η βαθυμετρία κλίνει γραμμικά απ την ακτογραμμή. Η θύρα απόρριψης είναι στρογγυλή με μια διάμετρο 0.5 m και εκτείνεται 0.5m πάνω από τον περιβάλλον πυθμένα με κατακόρυφη γωνία $\theta_0=30^0$ στη κατεύθυνση του επικρατούντος ατμοσφαιρικού ρεύματος ($\sigma_0=0^0$) το οποίο είναι στη τάξη των 0.25m/s.Η παροχή απόρριψης είναι 0.6 m³/s και περιέχει 100μg/l μιας τοξικής μεταλλικής ουσίας με CMC 10μg/l. Η πυκνότητα απόρριψης για το μίγμα δημοτικού αποβλήτου και βιομηχανικής άλμης είναι 1015kg/m³. Μια δημόσια παραλία τοποθετείται 2000m κατάντη του απορριπτόμενου σημείου, έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά του πλουμίου να είναι του ενδιαφέροντός μας.



Εικόνα 14. Τυπικά προφίλ πυκνότητας για θερινές και χειμερινές συνθήκες για MN Treatment Plant(EPA,1990)

Το πρώτο βήμα για την ανάλυση είναι να επιλέξουμε έναν απ τους 4 τύπους στρωματοποίησης περιβάλλοντος για να αντιπροσωπεύσει τα πραγματικά προφίλ. Επιλέγεται ένα προφίλ περιβάλλοντος (στρωματοποίηση τύπου C, εικόνα 14(b) για να εκπροσωπήσει τα δεδομένα Αυγούστου, με πυκνότητα επιφάνειας $\rho_s=1022.6 \text{ kg/m}^3$, πυκνότητα πυθμένα $\rho_b=1024.4 \text{ kg/m}^3$ και άλμα πυκνότητας περιβάλλοντος $\Delta\rho=0.83 \text{ kg/m}^3$ σε στρωματοποιημένο ύψος στρώματος $H_s=12.61 \text{ m}$. Η σχηματοποιημένη διατομή στην προκειμένη περίπτωση του γραμμικά κεκλιμένου πυθμένα θα πραγματοποιήσει την απόρριψη 2000m από την ακτή σε 24,4 m από το νερό. Μια αδύναμη γραμμική πυκνότητα περιβάλλοντος στρωματοποίησης (Στρωματοποίηση τύπου A, εικόνα 14(b) επιλέγεται να εκπροσωπήσει τα στοιχεία του Μαρτίου, με πυκνότητα επιφάνειας $\rho_s=1025.6 \text{ kg/m}^3$, πυκνότητα πυθμένα $\rho_b=1025.7 \text{ kg/m}^3$ και το στρωματοποιημένο ύψος στρώματος ίσο προς το συνολικό βάθος απόρριψης των 24,4 m.

MN Βιολογικός Καθαρισμός												
Q (m ³ /s)	Density kg/m ³	Depth (m)	u _a (m/s)	θ (⁰)	σ (⁰)	D ₀ (m)	H ₀ (m)	H _d (m)	n	RMZ (m)	CMC (μg/l)	C (μg/l)
0.6	1015	24.4	0.25	0	90	0.5	0.4	24.4	0.024	2000	10	100

Πίνακας 4. Αρχικές τιμές εφαρμογής MN Βιολογικός Καθαρισμός.

3.2.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX1

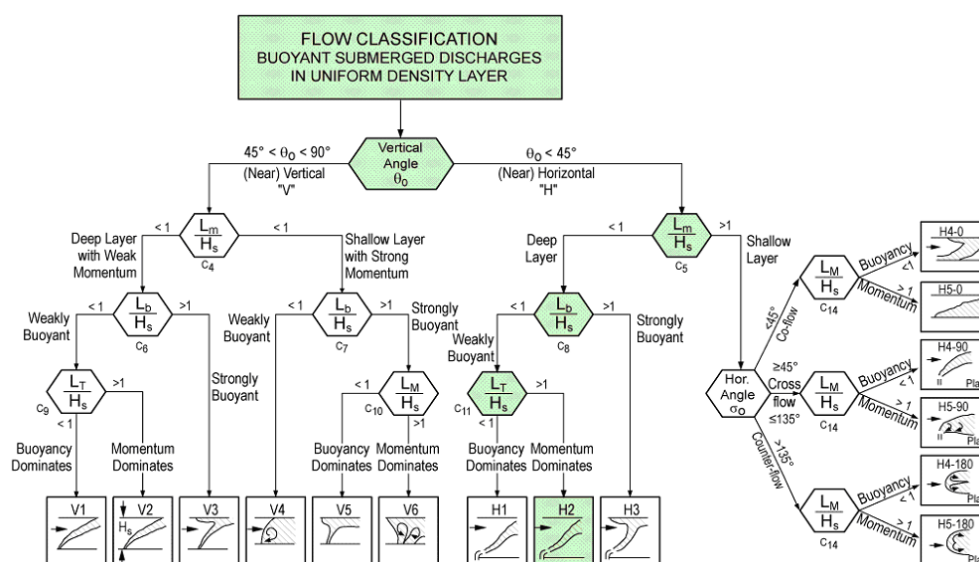
Στην ουσία μεταβάλλαμε το τύπο στρωματοποίησης όπου για το θερινό προφίλ με δεδομένα για το μήνα Αύγουστο πήραμε τύπο στρωματοποίησης C με πυκνότητα επιφάνειας $\rho_s=1022.6 \text{ kg/m}^3$, πυκνότητα πυθμένα $\rho_b=1024.4 \text{ kg/m}^3$ και άλμα πυκνότητας περιβάλλοντος $\Delta\rho=0.83 \text{ kg/m}^3$ σε στρωματοποιημένο ύψος στρώματος $H_s=12.61 \text{ m}$ ενώ για την περιγραφή του χειμερινού προφίλ πήραμε τα δεδομένα Μαρτίου Στρωματοποίηση τύπου A, πυκνότητα επιφάνειας $\rho_s=1025.6 \text{ kg/m}^3$, πυκνότητα πυθμένα $\rho_b=1025.7 \text{ kg/m}^3$ και το στρωματοποιημένο ύψος στρώματος ίσο προς το συνολικό βάθος απόρριψης των 24,4 m.

1. Τα βασικά μήκη που υπολογίζονται απ την προσομοίωση του CORMIX1 και που είναι απαραίτητα για τον χαρακτηρισμό της κατάταξης της ροής διαφέρουν και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

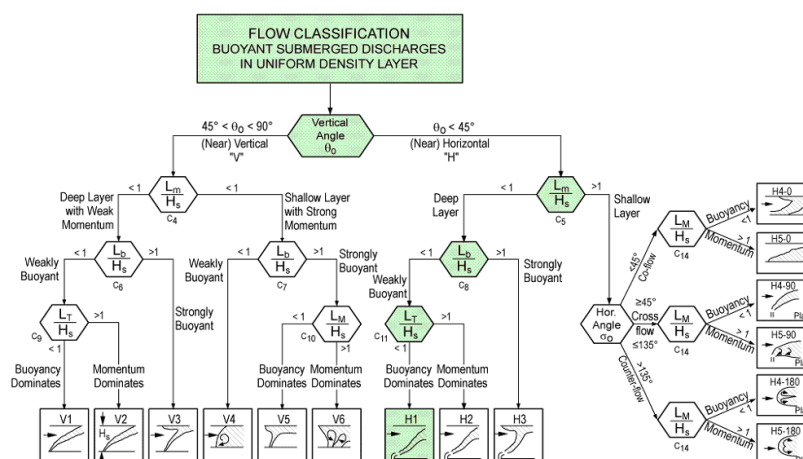
προφίλ	L _m (m)	L _b (m)	L _Q (m)	L _M (m)	H _s (m)	J ₀ (m ⁴ /s ³)	M ₀ (m ⁴ /s ²)
θερινό	5.42	3.28	0.44	6.96	12.61	0.005123	1.83346
χειμερινό	5.42	3.91	0.44	6.37	24.4	0.006110	1.833

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής MN

2. Σύμφωνα με τα διαγράμματα ροής (σχήμα) που προκύπτουν ,το προφίλ της ροής κατατάσσεται στη κατηγορία H2 στην περίπτωση του θερινού προφίλ όπου η προσδιοριζόμενη στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος είναι σημαντική , η εγγύς στο πεδίο ροή περιορίζεται στο χαμηλότερο στρώμα από άλμα πυκνότητας περιβάλλοντος στην πυκνοκλίνη. Το γραμμικά στρωματοποιημένο στρώμα αντιπροσωπεύτηκε από ένα ομοιόμορφο χαμηλότερο στρώμα με πυκνότητα ίση στο κύριο χαμηλότερο στρώμα πυκνότητας .Ενώ στην περίπτωση του χειμερινού έχουμε ροή κατηγορίας H1 όπου ανταποκρίνεται σ ένα στρώμα που υποστηρίζει στο γεμάτο νερό βάθους στο πεδίο απόρριψης .Η στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος στο πεδίο απόρριψης είναι αδύναμη και ασήμαντη έτσι ώστε να διαπερνά την επιφάνεια ή να «χαλά» την υπάρχουσα στρωματοποίηση μέσω δραστικής ανάμιξης.

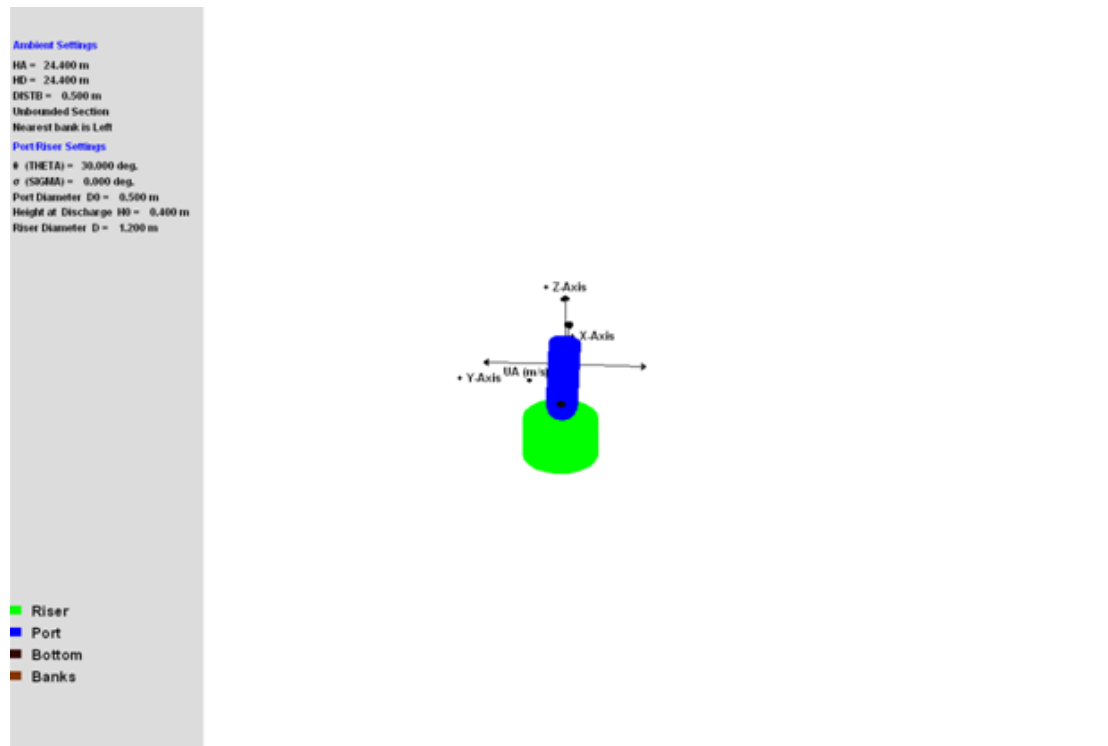


Σχήμα 7. Διάγραμμα ροής εφαρμογής MN για το θερινό προφίλ



Σχήμα 8. Διάγραμμα ροής εφαρμογής MN για το χειμερινό προφίλ

3. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy παρόλο που μεταβάλλαμε το τύπο στρωματοποίησης το ίδιο σχήμα διαχυτή –ακροφυσίου έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά και για το θερινό αλλά και για το χειμερινό προφίλ.



Σχήμα 9. Διαχυτής εφαρμογής MN για θερινό και χειμερινό προφίλ

4. Εκτίμηση άνωσης: Και στις δύο περιπτώσεις η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος. Έτσι, η εκροή θα έχει θετική άνωση και τείνει να ανυψώνεται προς την επιφάνεια.

Επαφή του πλουμίου με την όχθη: Το πλούμιο είναι απεριόριστο τμήμα που έχει επαφή με τη κοντινότερη όχθη στα 27.41m κατάντη για θερινές συνθήκες και στα 53.14 κατάντη για χειμερινές.

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο: Η NFR είναι η ζώνη δυνατής εσωτερικής ανάμιξης. Δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Ωστόσο η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για το σχεδιαστή της απόρριψης επειδή η ανάμιξη στη NFR είναι συνήθως ευαίσθητη στις συνθήκες σχεδιασμού της απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις του ρύπου, οι ρυθμοί αραίωσης, το πάχος και το πλάτος του πλουμίου καθώς και ο χρόνος ταξιδιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Περιοχή έντονης ανάμειξης (NFR)	
Θερινές συνθήκες	Χειμερινές συνθήκες
x=27.41 m ,y=0m ,z=12.61m	x=53.14m, y=0m, z=24.4m
C=0.0029mg/l	C=0.0009mg/l
S=35.1	S=107.5
b _h =6.49m	b _h =11.36m
b _v =6.49m	b _v =11.36m
t=51.7015sec	t=124.4032sec

Πίνακας 6. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR)

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το καλοκαίρι έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης (c) του ρύπου και μείωση της αραίωσης στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).Επίσης παρατηρείται μείωση του πάχους ,του πλάτους και του χρόνου ταξιδιού του πλουμίου.

Εκτίμηση Στρωματοποίησης: Το καλοκαίρι τα προσδιοριζόμενα 2 στρώματα στρωματοποίησης πυκνότητας περιβάλλοντος είναι δυναμικά σημαντικά. Η ροή απόρριψης κοντά στο πεδίο θα περιοριστεί στο χαμηλότερο στρώμα μέσω στρωματοποίησης πυκνότητας περιβάλλοντος. Το γραμμικά στρωματοποιημένο χαμηλότερο στρώμα θα αντιπροσωπεύεται από ένα ομοιόμορφο χαμηλότερο στρώμα με πυκνότητα ίση με την πυκνότητα του κύριου χαμηλότερου στρώματος. Για τις χειμερινές συνθήκες η προσδιοριζόμενη στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος είναι αδύναμη στις συνθήκες απόρριψης και δυναμικά ασήμαντη. Η απόρριψη θα συμπεριφερθεί σαν το περιβάλλον να μην ήταν στρωματοποιημένο.

Κριτήρια τοξικής ζώνης διάλυσης:

Για θερινές συνθήκες

Το κριτήριο CMC των 0.01mg/l συναντάται στις συντεταγμένες: x = 12.60 m, y = 0 m, z = 6.52 m και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 10. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.11 m και πλάτος 0.11 m. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως και την τοποθεσία του CMC είναι 14.01 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1^ο
Η τοποθεσία είναι έως και 50 φορές την κλίμακα μήκους $L_Q = 0.44$ m
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2^ο
Η τοποθεσία είναι λιγότερο από 5 φορές το βάθος του νερού $H_D = 24.4$ m
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3^ο
Η τοποθεσία είναι μέσα στο 1/10 της απόστασης της υπάρχουσας RMZ στα 1523.52m

Η εκροή ικανοποιεί και τα τρία κριτήρια CMC για την τοξική ζώνη διάλυσης.

Για χειμερινές συνθήκες

Το κριτήριο CMC των 0.01mg/l συναντάται στις συντεταγμένες: $x = 12.09 \text{ m}$, $y = 0 \text{ m}$, $z = 6.60 \text{ m}$ και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 10. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.16 m και πλάτος 0.16 m. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως και την τοποθεσία του CMC είναι 13.59 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1^ο
Η τοποθεσία είναι έως και 50 φορές την κλίμακα μήκους $L_Q = 0.44 \text{ m}$
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2^ο
Η τοποθεσία είναι λιγότερο από 5 φορές το βάθος του νερού $H_D = 24.4 \text{ m}$
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3^ο
Η τοποθεσία είναι μέσα στο 1/10 της απόστασης της υπάρχουσας RMZ στα 1396.52m

Η εκροή ικανοποιεί και εδώ και τα τρία κριτήρια CMC για την τοξική ζώνη διάλυσης.

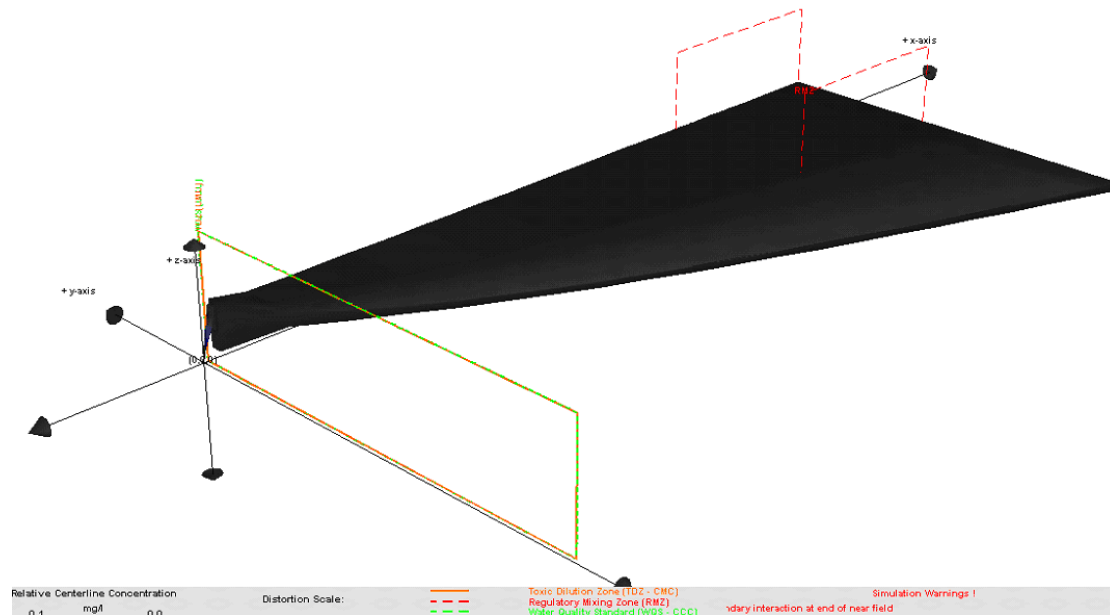
Οι συνθήκες του πλουμίου στα όρια της προσδιοριζόμενης RMZ φαίνονται στον Πίνακα 7.

RMZ Ζώνη Ανάμιξης	
Θερινό προφίλ	Χειμερινό προφίλ
$x=1523.47\text{m}$, $y=0.5\text{m}$, $z=12.61\text{m}$	$x=1396.31 \text{ m}$, $y=0.5\text{m}$, $z=24.4\text{m}$
$C=0.000655\text{mg/l}$	$C=0.000367\text{mg/l}$
$S=152.8$	$S=272.2$
$b_h=200\text{m}$	$b_h=200\text{m}$
$b_v=1.83\text{m}$	$b_v=3.27\text{m}$

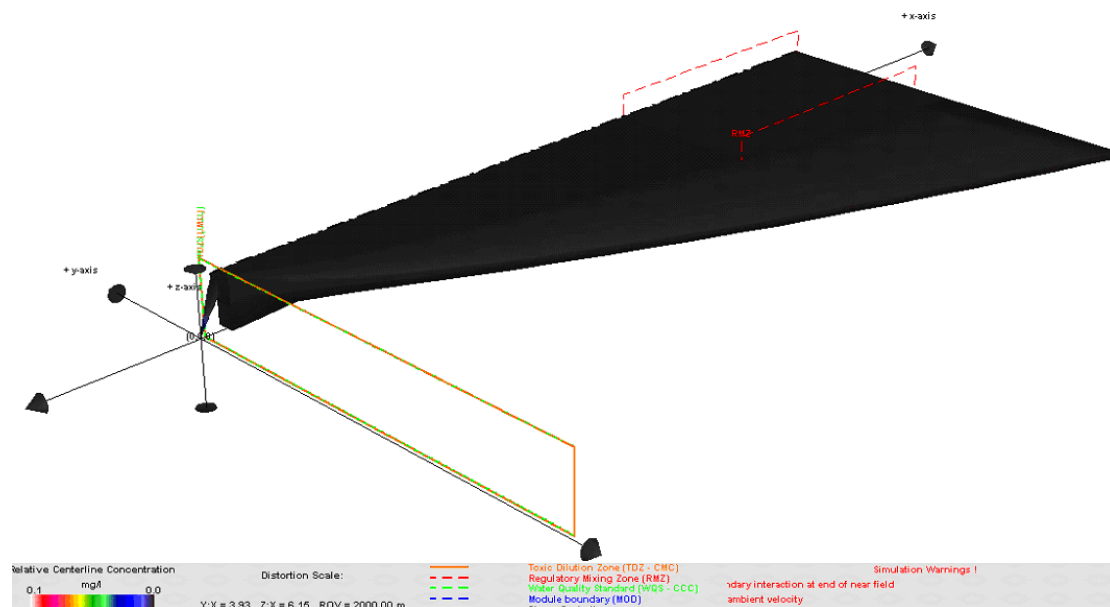
Πίνακας 7. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ

Το καλοκαίρι έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου και μείωση του ρυθμού αραίωσης του σε σχέση με το χειμώνα.

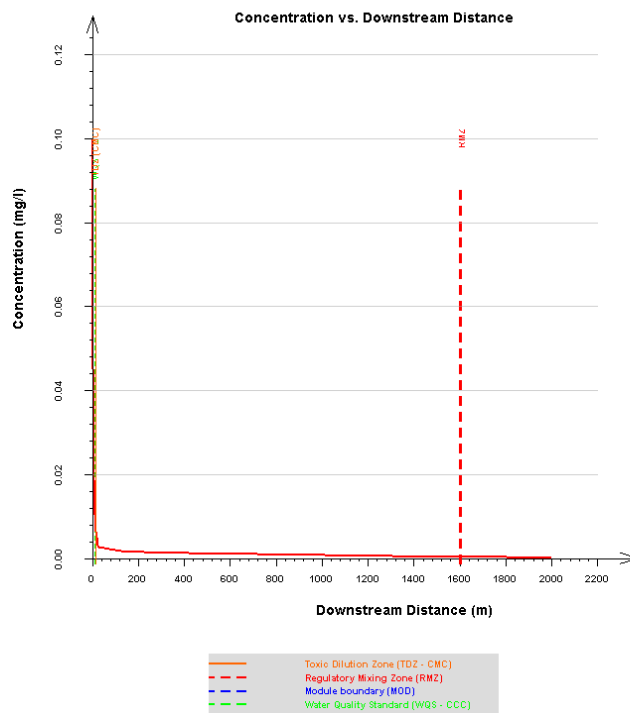
5. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε παρόμοιο προφίλ ροής του πλουμίου του ρύπου με μικρές διαφοροποιήσεις στις συγκεντρώσεις .



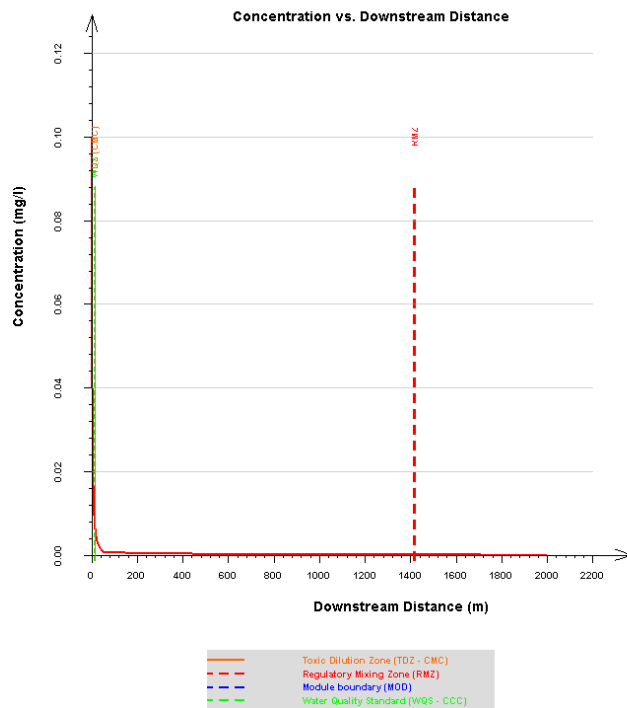
Σχήμα 10. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής MN -θερινό προφίλ



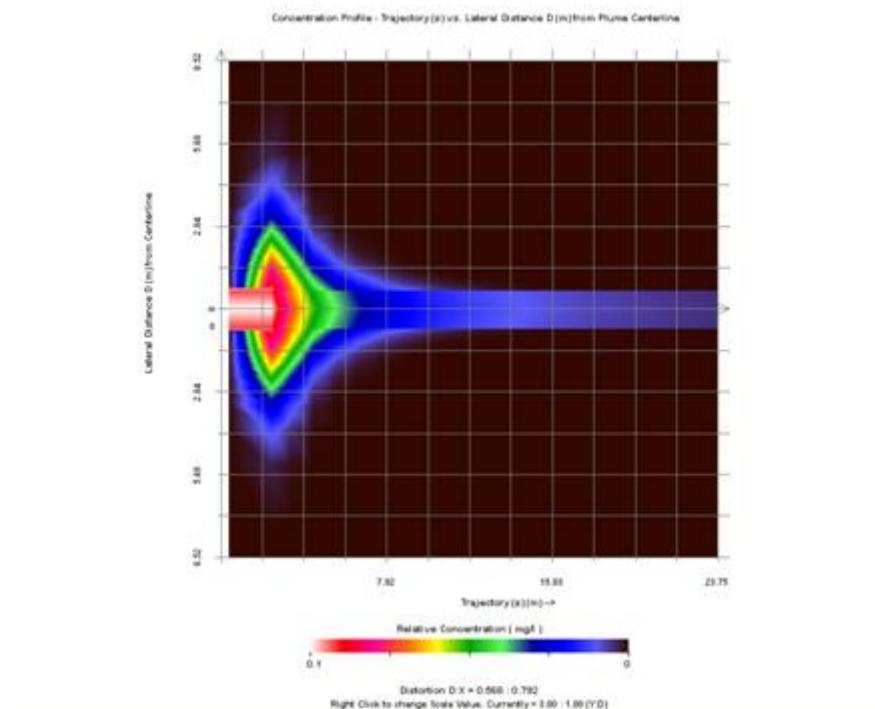
Σχήμα 11. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής MN- χειμερινό προφίλ



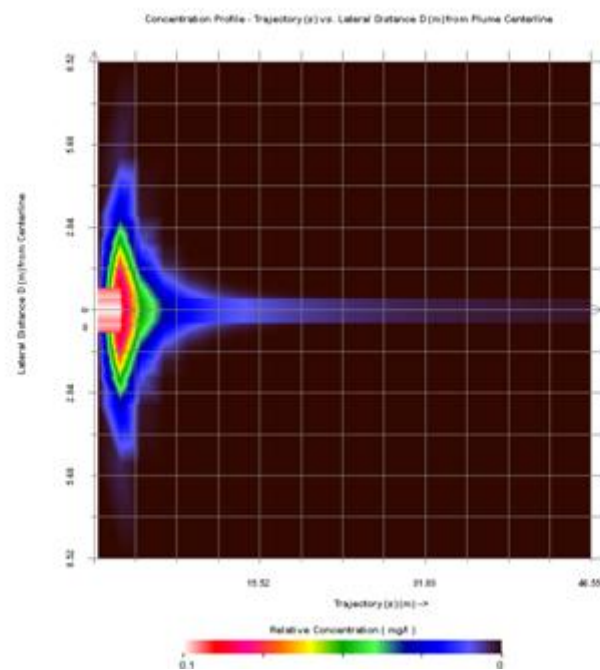
Σχήμα 12. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου -κατάντη απόστασης εφαρμογής MN-θερινό προφίλ



Σχήμα 13. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου -κατάντη απόστασης εφαρμογής MN-χειμερινό προφίλ



Εικόνα15. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής-θερινό προφίλ



Εικόνα16. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής-χειμερινό προφίλ

3.3.1 PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

Αυτό το παράδειγμα σχεδιασμού αντιπροσωπεύει έναν ωκεανό, αποδέκτη κρύου νερού από ένα μικρό ατμοηλεκτρικό εργοστάσιο παραγωγής σε σχετικά ρηγά νερά και ποικίλου περιβάλλοντος παλιρροϊκά ρεύματα με ασθενή στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος. Δεν υπάρχει καμία νομική ζώνη ανάμειξης που να εξετάζεται ως προς αυτή την απόρριψη. Αλλά επειδή η κατασκευή ψύξης υδροληψίας για το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής βρίσκεται στην ακτογραμμή 1000 m από το σημείο απόρριψης, επιδιώκεται η ανάδειξη της συμπεριφοράς των θερμαινόμενων λυμάτων στην περιοχή.

3.3.2 Η κατάσταση του προβλήματος

Το σημείο απόρριψης του βρίσκεται 300 m ανοικτής θάλασσας, σε τοπικό βάθος τουλάχιστον 5,0 m. Η βαθυμετρία δίνεται από μια περίπου επίπεδη περιοχή. Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν τοποθεσία γραμμικού προφίλ πυκνότητας περιβάλλοντος με μια επιφανειακή θερμοκρασία των 18°C και μια κατώτατη θερμοκρασία 15°C . Η θύρα απόρριψης είναι στρογγυλή, με διάμετρο 1.0 m η οποία εκτείνεται περίπου 0.5m πάνω από το γύρω πυθμένα. Το νερό ψύξης απορρίπτεται κατακόρυφα με παροχή του $3,0\text{ m}^3/\text{s}$. Η θερμοκρασία απόρριψης σχεδιασμού είναι 30°C . Η περιοχή απόρριψης χαρακτηρίζεται από ποικίλα παλιρροϊκά ρεύματα μεταξύ $0,2\text{ m/s}$ και $0,8\text{ m/s}$.

PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού											
Q (m^3/s)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Dep th (m)	Surface temperat ure ($^{\circ}\text{C}$)	Bottom temperatu re ($^{\circ}\text{C}$)	Discharge concentrati on ($^{\circ}\text{C}$)	D ₀ (m)	Port Heig ht H _t (m)	θ ($^{\circ}$)	σ ($^{\circ}$)	n	Regio n of intere st (m)
3.0	16	5.0	18	15	30	1.0	0.5	0	90	0.024	1000

Πίνακας 8. Αρχικές τιμές εφαρμογής PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

3.3.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX1

Το πεδίο απόρριψης χαρακτηρίζεται από ποικίλα ρεύματα από ταχύτητα ρεύματος 0.2m/s μέχρι 0.8 m/s .

Στην περίπτωση του χαμηλού ρεύματος με $u_a=0.2\text{m/s}$ το CORMIX1 καταλήγει σε γραμμική στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος που προκύπτει από τη διαφορά στις θερμοκρασίες της επιφάνειας και πυθμένα που είναι αδύναμη και δυναμικά ασήμαντη. Στην πράξη το θερμαινόμενο απόβλητο θα υφίστανται διεργασίες ανταλλαγής θερμότητας στην επιφάνεια οι οποίες λογικά θα γίνουν δυνατές λογικά κατά τη διάρκεια μικρού βαθμού ανάμειξης.

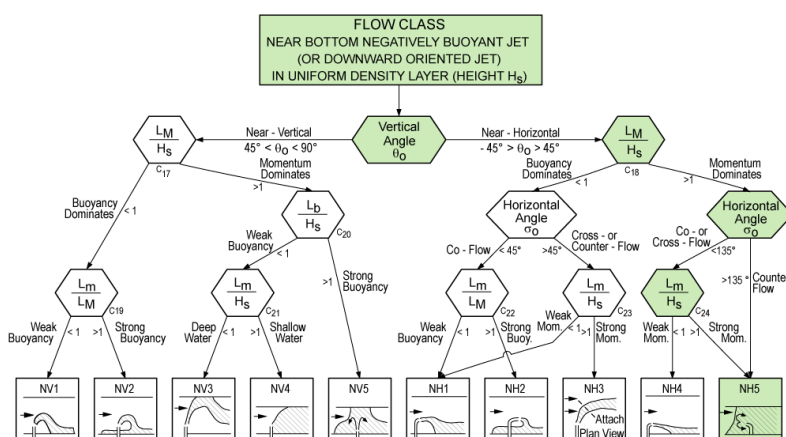
Για τη μέγιστη τιμή ταχύτητας ρεύματος $u_a=0.8\text{m/s}$ το Cormix1 καταλήγει ξανά πως η γραμμική αδύναμη στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος είναι ξανά ασήμαντη. Το ισχυρότερο ρεύμα περιβάλλοντος εμποδίζει την επιπλέον αντίθετα στο ρεύμα παρείσφρυση. και λαμβάνει χώρα μια ασταθής ζώνη ανάμιξης γύρω απ την απόρριψη. Ωστόσο το στρωματοποιημένο παθητικά αναμειγνύόμενο πλούμιο αργά προσεγγίζει την ακτογραμμή.

1. Τα βασικά μήκη που υπολογίζονται από την προσομοίωση του CORMIX1 και που είναι απαραίτητα για τον χαρακτηρισμό της κατάταξης της ροής διαφέρουν όσον αφορά τις παραμέτρους L_m , L_b και παρουσιάζονται στον πίνακα

προφίλ	$L_m(\text{m})$	$L_b(\text{m})$	$L_Q(\text{m})$	$L_M(\text{m})$	$H_s(\text{m})$	$J_0(\text{m}^4/\text{s}^3)$	$M_0(\text{m}^4/\text{s}^2)$
Χαμηλό ρεύμα $U=0.2\text{m/s}$	16.93	0.35	0.89	117.45	5.0	-0.002812	11.46
Υψηλό ρεύμα $U=0.8\text{m/s}$	4.23	0.01	0.89	117.45	5.0	-0.002812	11.46

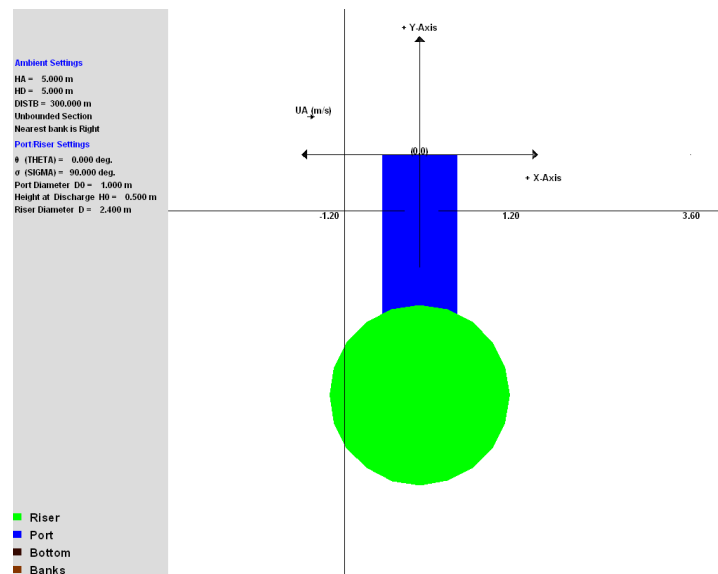
Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

2. Σύμφωνα με τα διαγράμματα ροής (σχήμα) που προκύπτουν ,το προφίλ της ροής είναι το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις και κατατάσσεται στη κατηγορία NH5 η οποία ανταποκρίνεται σ ένα στρώμα που υποστηρίζεται στο γεμάτο νερό βάθος στο πεδίο απόρριψης. Η στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος στο πεδίο απόρριψης είναι αδύναμη και ασήμαντη έτσι ώστε η ροή απόρριψης να διεισδύει στην επιφάνεια και/ή να «χαλά» την υπάρχουσα στρωματοποίηση με έντονη ανάμιξη.



Σχήμα14. Διάγραμμα ροής εφαρμογής PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

3. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε το ίδιο σχήμα διαχυτή –ακροφυσίου με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά και για το υψηλό και το χαμηλό ρεύμα.



Σχήμα15. Διαχυτής εφαρμογής PQ Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

4. Εκτίμηση άνωσης: Και στις δύο περιπτώσεις η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος. Έτσι, η εκροή θα έχει θετική άνωση και τείνει να ανυψώνεται προς την επιφάνεια.

Επαφή του πλούμιου με την όχθη: Το πλούμιο δεν έχει επαφή με την όχθη.

Ανάμιξη μακριά απ το πεδίο: Για το μεν χαμηλό ρεύμα το πλούμιο γίνεται κατακόρυφα ολικά αναμιγνυόμενο ήδη εγγύς στο πεδίο στα 0 m κατάντη και συνεχίζει κατακόρυφα να αναμιγνύεται μακριά απ το πεδίο. Για το υψηλό ρεύμα δε το πλούμιο γίνεται κατακόρυφα ολικά αναμιγνυόμενο ήδη εγγύς στο πεδίο στα 57.14m κατάντη και συνεχίζει και αυτό κατακόρυφα να αναμιγνύεται μακριά από το πεδίο.

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο: Η NFR είναι η ζώνη δυνατής εσωτερικής ανάμιξης. Δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Ωστόσο η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για το σχεδιαστή της απόρριψης επειδή η ανάμιξη στη NFR είναι συνήθως ευαίσθητη στις συνθήκες σχεδιασμού της απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις του ρύπου, οι ρυθμοί αραίωσης, το πάχος και το πλάτος του πλουμίου καθώς και ο χρόνος ταξιδιού παρουσιάζονται στον πίνακα 10.

Περιοχή έντονης ανάμειξης (NFR)	
Χαμηλό ρεύμα $u=0.2\text{m/s}$	Υψηλό ρεύμα $u=0.8\text{m/s}$
$x=12.32\text{ m}, y=34.58\text{m}, z=0\text{m}$	$x=57.14\text{m}, y=18.41\text{m}, z=0\text{m}$
$C=3.154\text{ }^{\circ}\text{C}$	$C=1.3572\text{ }^{\circ}\text{C}$
$S=9.5$	$S=22.1$
$b_h=3.51\text{m}$	$b_h=2.67\text{m}$
$b_v=5\text{m}$	$b_v=5\text{m}$
$t=41.98\text{sec}$	$t=61.5335\text{sec}$

Πίνακας 10. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR)

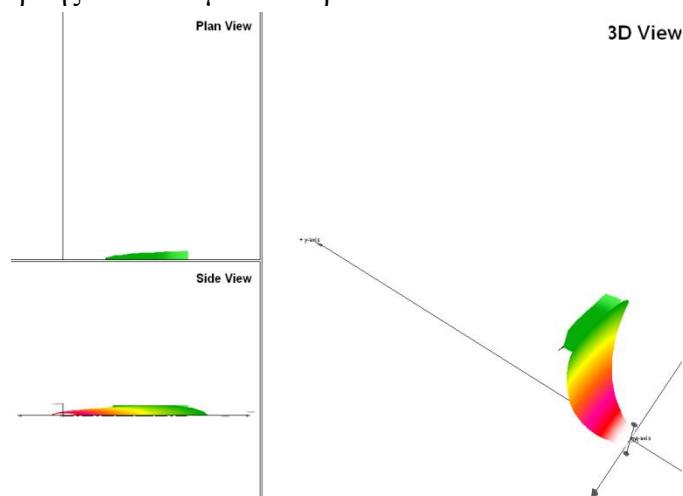
Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι για χαμηλό ρεύμα έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης (c) του ρύπου και μείωση της αραίωσης στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).Επίσης παρατηρείται αύξηση του πλάτους το πάχος παραμένει σταθερό και ο χρόνος ταξιδιού του πλουμίου μειώνεται.

Εκτίμηση Στρωματοποίησης: Η προσδιοριζόμενη στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος είναι αδύναμη στις συνθήκες απόρριψης και δυναμικά ασήμαντη. Η απόρριψη θα συμπεριφερθεί σαν το περιβάλλον να μην ήταν στρωματοποιημένο.

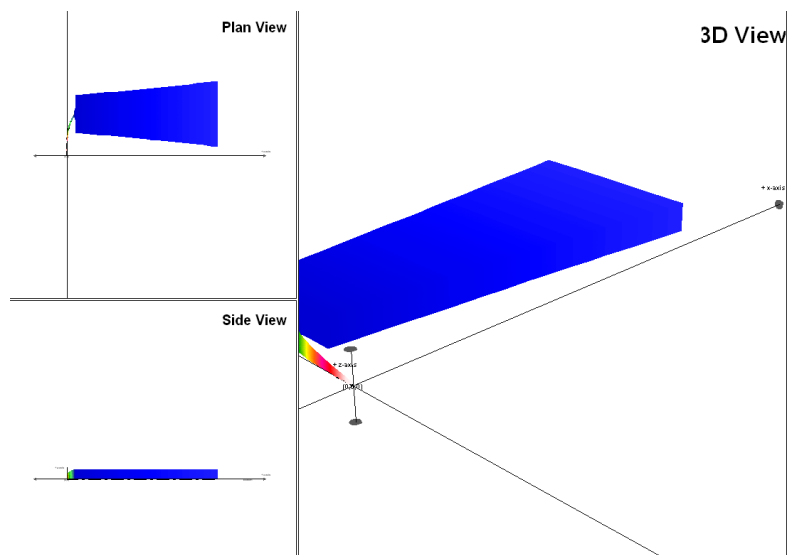
Σύμφωνα με τα υπολογιζόμενα μεγέθη της συγκέντρωσης (c) και της αραίωσης (S) σε συνάρτηση με την απόσταση στην περιοχή όπου επιτυγχάνεται αρχική ανάμειξη μεγάλης έντασης (NFR) προκύπτει ο Πίνακας10. Όσον αφορά τη ζώνη ανάμειξης δεν προσδιορίζεται. Παρατηρούμε ότι αυξάνοντας τη ταχύτητα του ρεύματος η συγκέντρωση του ρύπου μειώνεται ενώ η διάλυση αυξάνεται.

Για τη συγκεκριμένη προσομοίωση δεν προσδιορίστηκε ούτε TDZ ούτε RMZ.

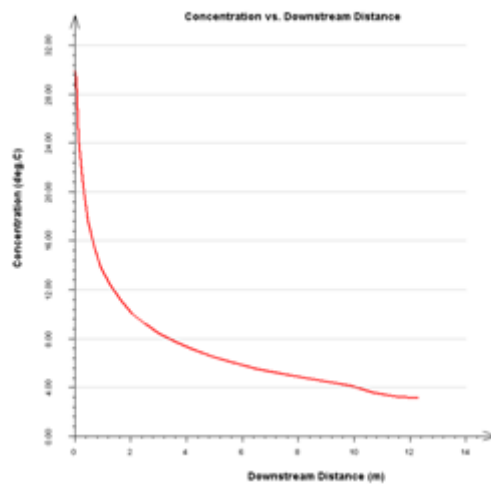
5.Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε διαφορές όσον αφορά το προφίλ ροής του πλουμίου του ρύπου.



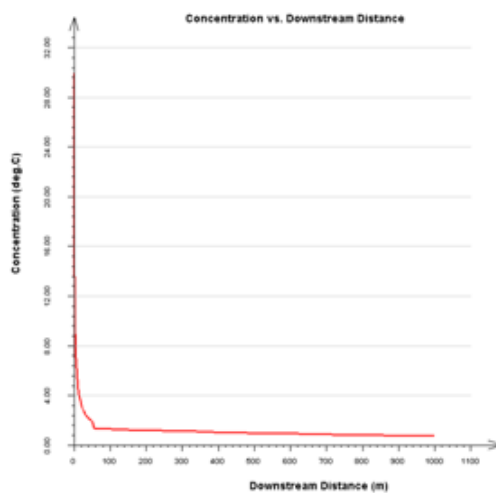
Σχήμα 16. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PQ Επιχείρησης Ηλεκτρισμού για χαμηλό ρεύμα



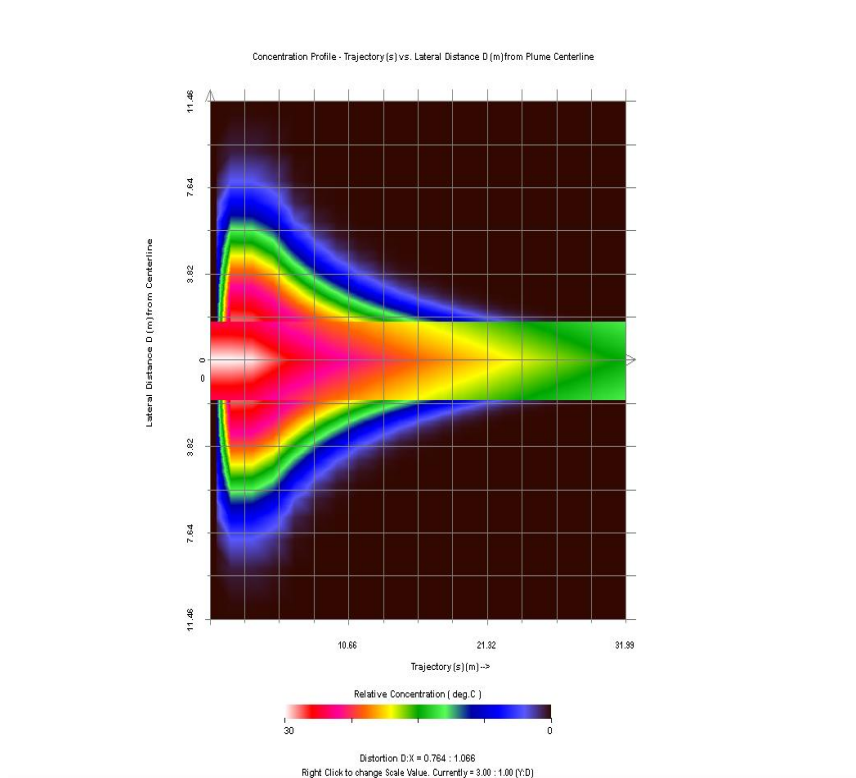
Σχήμα 17. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PQ Επιχείρησης Ηλεκτρισμού για υψηλό ρεύμα



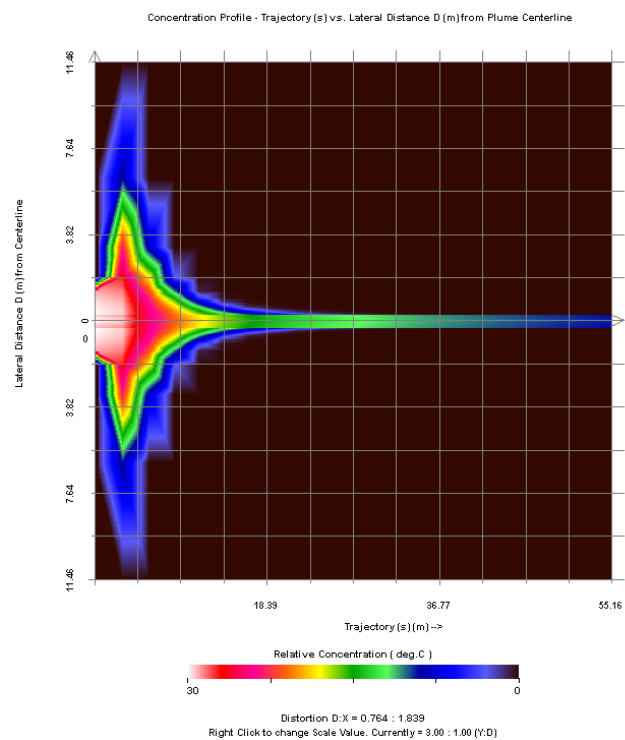
Σχήμα 18. Διάγραμμα συγκέντρωσης με κατάντη απόσταση για χαμηλό ρεύμα.



Σχήμα 19. Διάγραμμα συγκέντρωσης με κατάντη απόσταση για υψηλό ρεύμα.



Εικόνα 17. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής για χαμηλό ρεύμα.



Εικόνα 18. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής για υψηλό ρεύμα.

- CORMIX 2 PREDICTIONS

3.4.1 Ο αποδέκτης στην Αλάσκα στο Port Valdez

Η εγκατάσταση επεξεργασίας νερού στο Port Valdez επεξεργάζεται ελαιώδες αλατούχο νερό προτού ν' απορριφθεί μέσω ενός εναλλασσόμενου υποβρύχιου διαχυτήρα.

Δυο ξεχωριστές μελέτες έγιναν μια το 1977 απ' το Ινστιτούτο Θαλάσσιων Επιστημών του Πανεπιστημίου της Αλάσκα και μια δεύτερη απ' τους εμπειρογνώμονες Woodward-Clyde το 1986.

Τα δεδομένα απ' την πρώτη μελέτη εκδόθηκαν στο «Evaluation of Selected Ignitial Dilution in Stratified Fluids» απ' τους Alam et al. (1982). Η δεύτερη μελέτη συμπεριλήφθηκε στο Outfall Plume Dilution in Stratified Fluids απ' τους Wright et al. (1985). Το τελευταίο άρθρο δεν περιλαμβάνει κανένα χρησιμοποιημένο δεδομένο διάλυσης, ωστόσο συνεισφέρει στο να πληροφορήσει για τη γεωμετρία του διαχυτήρα και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος.

Το Ινστιτούτο Θαλάσσιων Επιστημών του Πανεπιστημίου της Αλάσκα διεξήγαγε δύο μελέτες διάλυσης στο διαχυτήρα της Αλάσκα. Η πρώτη διεξήχθη νωρίς το Νοέμβριο του 1977 και η δεύτερη στα μέσα του Απριλίου το 1978. Τα χαρακτηριστικά του διαχυτήρα, του περιβάλλοντος και των αποβλήτων απεικονίζονται παρακάτω, στον Πίνακα 11.

Alaska Port Valdez													
Q (m ³ / s)	ρ _o (kg/m ³)	Dept h (m)	u _a (m/s)	F	N	l (m)	L (m)	D (m)	H ₀ (m)	Θ (^o)	γ (^o)	β (^o)	Regio n of intest (m)
1.06	1020.7	57	0.035	0.024	20	3.048	57.91	0.127	2	45	90	90	5700

Πίνακας 11. Αρχικές τιμές εφαρμογής Alaska Port Valdez

3.4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης CORMIX2

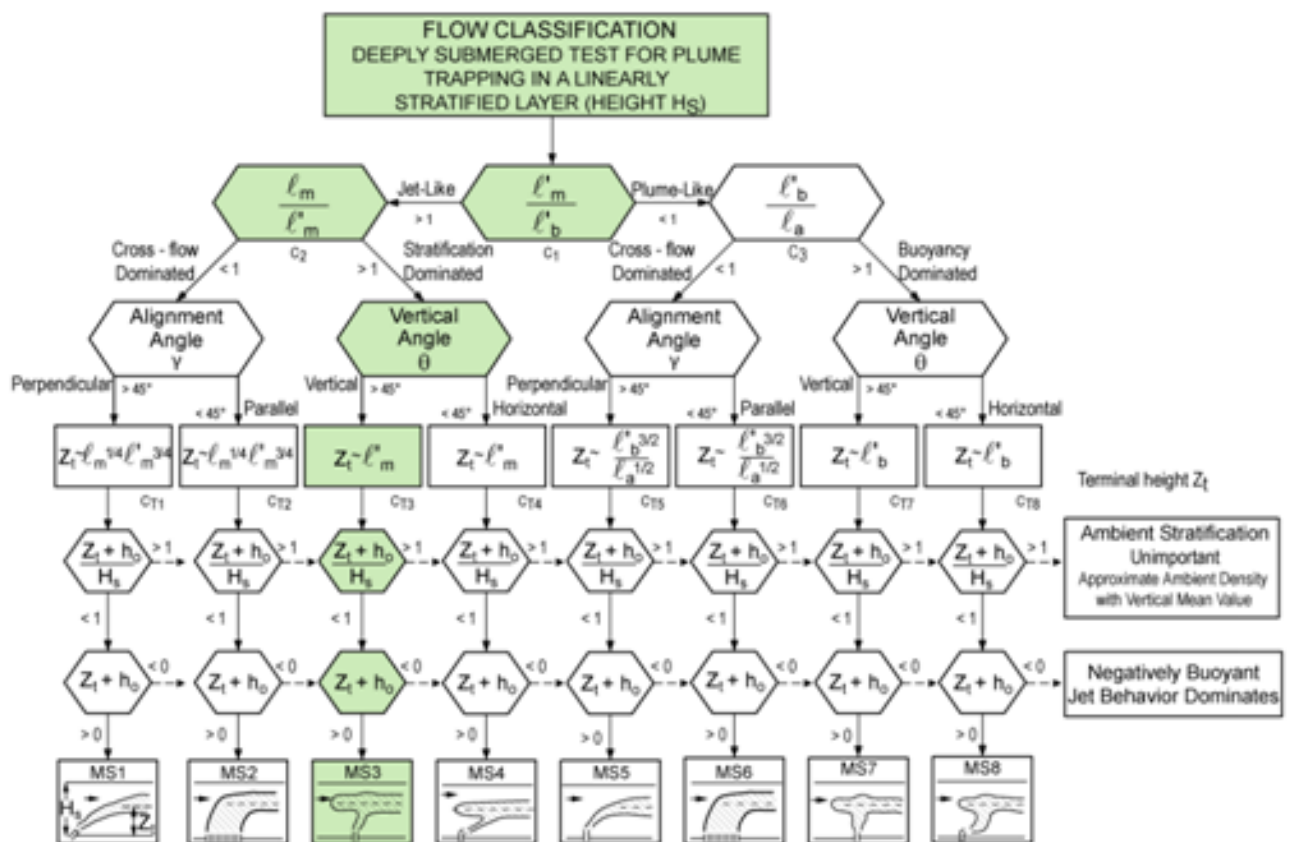
Στην ουσία μεταβάλλαμε τη τιμή της πυκνότητας για το μήνα Νοέμβριο και το μήνα Απρίλιο πήραμε τιμές επιφανειακής πυκνότητας $\rho_s=1022.6 \text{ kg/m}^3$ και 1024.3 kg/m^3 αντίστοιχα και τιμές πυκνότητας πυθμένα ρ_b 1024.2 kg/m^3 και 1025.3 kg/m^3 .

1. Τα βασικά μήκη που υπολογίζονται από την προσομοίωση του CORMIX2 και που είναι απαραίτητα για τον χαρακτηρισμό της κατάταξης της ροής διαφέρουν με την αλλαγή στις τιμές πυκνότητας και παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

	$L_m(m)$	$L_Q(m)$	$L_M(m)$	$l_m'(m)$	$H_s(m)$	$J_0(m^3/s^3)$	$M_0(m^3/s^2)$
Νοέμβριος	76.24	0	13.04	7.03	57	0.000604	0.09340
Απρίλιος	76.24	0	10.82	8.22	57	0.000799	0.09340

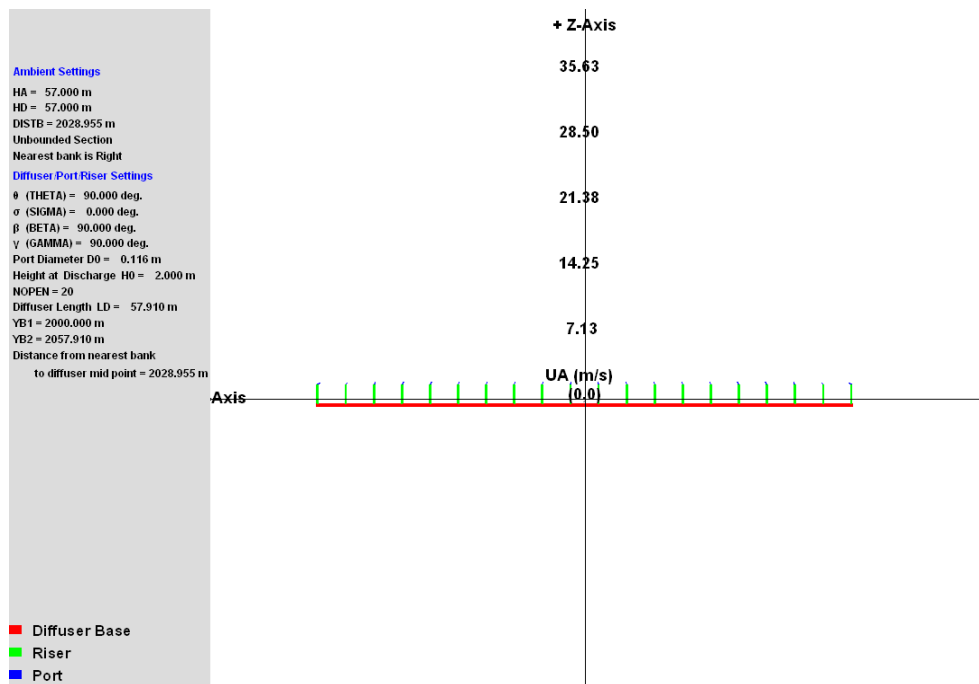
Πίνακας 12. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής Alaska Port Valdez

2. Σύμφωνα με τα διαγράμματα ροής (σχήμα) που προκύπτουν ,το προφίλ της ροής κατατάσσεται στη κατηγορία MS3 και στις δύο περιπτώσεις και ανταποκρίνεται σε ένα στρώμα που υποστηρίζει στρώμα γραμμικά στρωματοποιημένης πυκνότητας στο πεδίο απόρριψης.

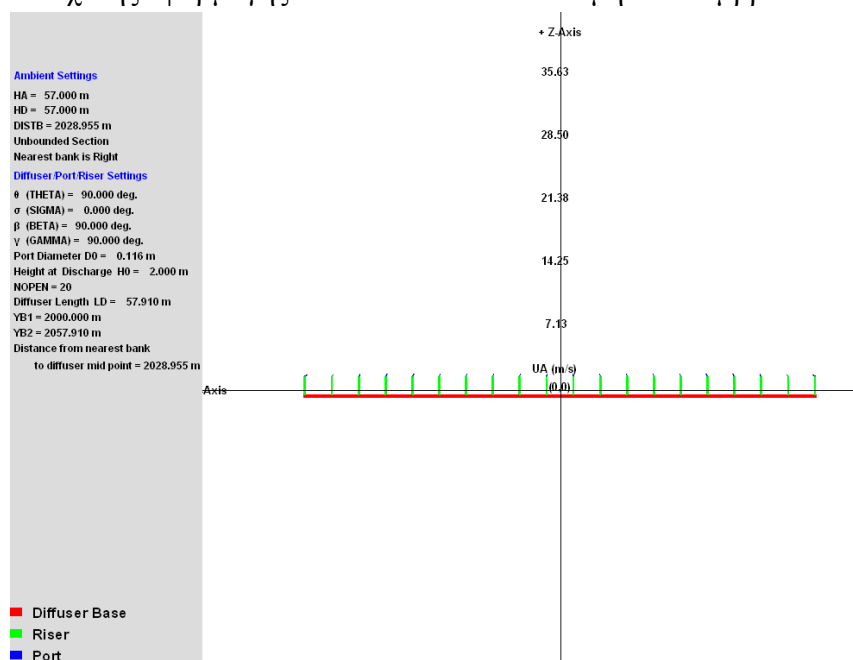


Σχήμα20. Διάγραμμα ροής εφαρμογής Alaska Port Valdez

3. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε το ίδιο σχήμα διαχυτή -ακροφυσίου.



Σχήμα 21. Διαχυτής εφαρμογής Alaska Port Valdez το μήνα Νοέμβριο



Σχήμα 22. Διαχυτής εφαρμογής Alaska Port Valdez το μήνα Απρίλιο

4. Εκτίμηση άνωσης: Και στις δύο περιπτώσεις η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος. Έτσι, η εκροή θα έχει θετική άνωση και τείνει να ανυψώνεται προς την επιφάνεια.

Επαφή του πλουμίου με την όχθη: Για το μήνα Νοέμβριο το πλούμιο έχει επαφή με τη κοντινότερη όχθη στα 3625.94 κατάντη ενώ για το μήνα Απρίλιο στα 3677.10m.

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο: Η NFR είναι η ζώνη δυνατής εσωτερικής ανάμιξης. Δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Ωστόσο η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για το

σχεδιαστή της απόρριψης επειδή η ανάμιξη στη NFR είναι συνήθως ευαίσθητη στις συνθήκες σχεδιασμού της απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις του ρύπου, οι ρυθμοί αραίωσης, το πάχος και το πλάτος του πλουμίου καθώς και ο χρόνος ταξιδιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

Περιοχή έντονης ανάμειξης (NFR)	
Νοέμβριος	Απρίλιος
$x=328.65\text{ m}, y=0\text{ m}, z=7.79\text{ m}$	$x=324.51\text{ m}, y=0\text{ m}, z=9.41\text{ m}$
$C=0.8463\%$	$C=0.7137\%$
$S=118.2$	$S=140.1$
$b_h=537.27\text{ m}$	$b_h=496.66\text{ m}$
$b_v=3.33\text{ m}$	$b_v=4.27\text{ m}$
$t=8040.5317\text{ sec}$	$t=7593.8179\text{ sec}$

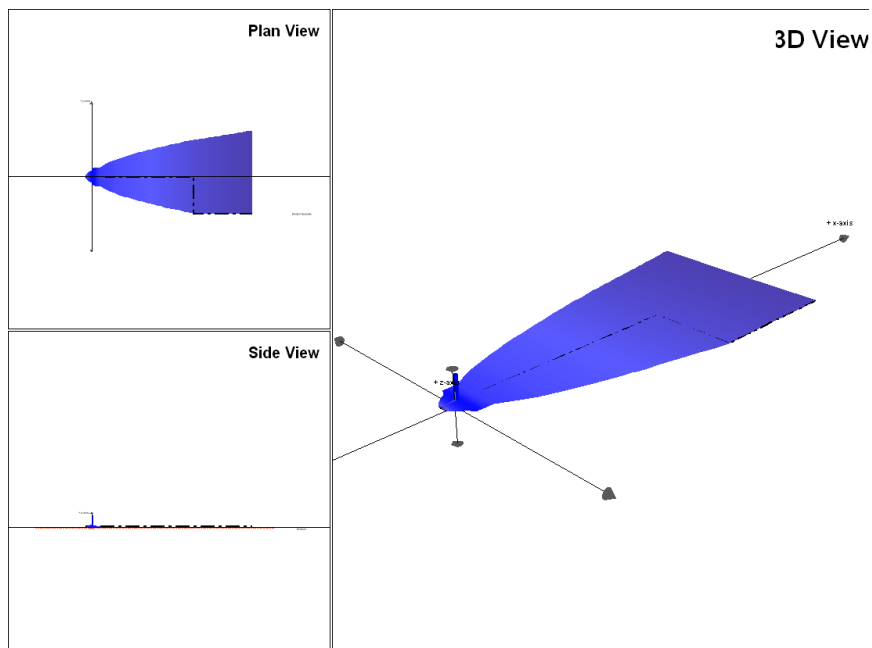
Πίνακας 13. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR)

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το Νοέμβρη έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης (c) του ρύπου και μείωση της αραίωσης στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR). Επίσης παρατηρείται μείωση του πάχους, αύξηση του πλάτους και του χρόνου ταξιδιού του πλουμίου.

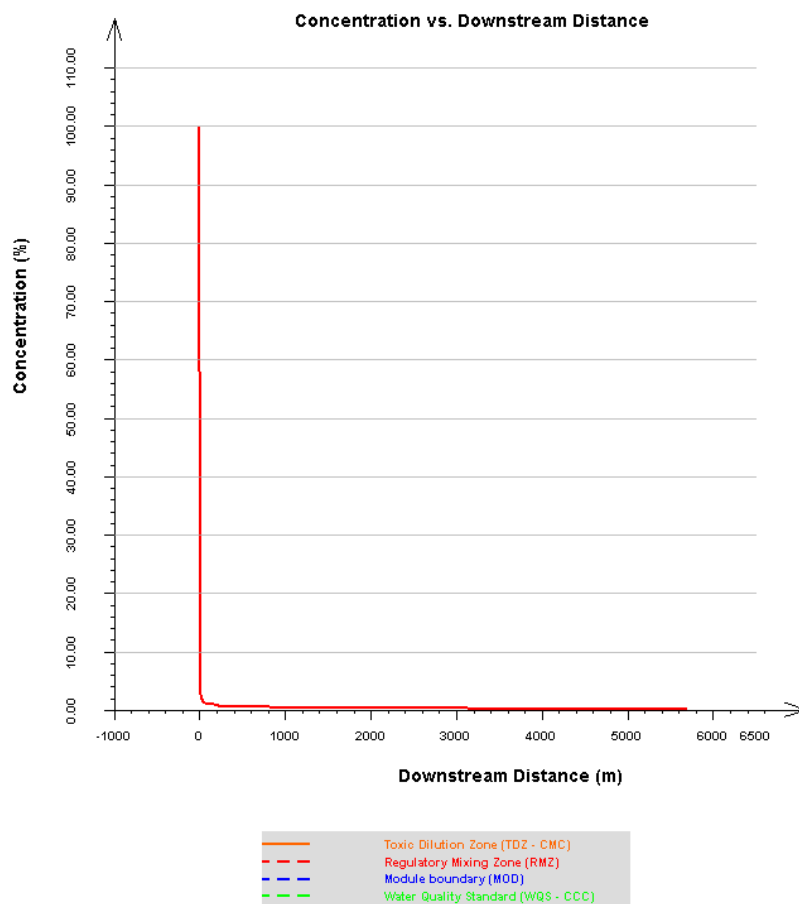
Εκτίμηση Στρωματοποίησης: Η προσδιοριζόμενη στρωματοποίηση πυκνότητας περιβάλλοντος είναι δυναμικά σημαντική. Η ροή απόρριψης εγγύς στο πεδίο παγιδεύεται μέσα στο γραμμικά στρωματοποιημένο πυκνότητας περιβάλλοντος στρώμα.

Για τη συγκεκριμένη προσομοίωση δεν προσδιορίστηκε ούτε TDZ ούτε RMZ.

5. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε παρόμοιο προφίλ ροής του πλουμίου του ρύπου με τις διαφοροποιήσεις στις συγκεντρώσεις να είναι αμελητέες.



Σχήμα 23. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής Alaska Port Valdez



Σχήμα 24. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντης απόσταση.

3.5.1 PPP Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η συγκεκριμένη εφαρμογή αντιπροσωπεύει ένα θερμικό απόβλητο απόρριψης σε μια μεγάλη λίμνη από ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ρηχά νερά με ποικίλα ρεύματα υπό αδύναμη στρωματοποίηση περιβάλλοντος. Δεν υπάρχει τοξικό απόβλητο στην απόρριψη.

3.5.2 Η κατάσταση του προβλήματος

Η λίμνη έχει πλάτος 8000m και ο αποδέκτης τοποθετείται σε μια απόσταση 1000m απ την αριστερή πλευρά της λίμνης σε τοπικό βάθος νερού των 10 m. Διαθέσιμα δεδομένα του πεδίου υποδεικνύουν ένα ομοιόμορφο προφίλ πυκνότητας περιβάλλοντος με μέσο όρο θερμοκρασίας τους 15°C.

Χρησιμοποιείται ένας σταδιακός διαχυτήρας μήκους 300 m με 31 θύρες με διάστημα 10m .Οι θύρες απέχουν 0.5m πάνω απ τον πυθμένα. Οι θύρες είναι στρογγυλές με διάμετρο 0.9m. Ο διαχυτήρας απορρίπτει οριζόντια ($\theta=0^\circ$) και κάθετα στη κατεύθυνση του υπερισχύων ρεύματος περιβάλλοντος($\sigma=90^\circ$ και $\gamma=90^\circ$). Η συνολική παροχή απόρριψης είναι 30m³/s με θερμοκρασία αποβλήτου 35°C. Το πεδίο απόρριψης χαρακτηρίζεται από ρεύματα που ποικίλουν από 0.015m/s και 0.03 m/s. Ο διαχυτήρας υπόκεινται στις απαιτήσεις της νόμιμης ζώνης ανάμιξης (LMZ) με πλάτος πλουμίου τα 400m.

PPP Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας										
Q (m ³ /s)	Discharge concentration (°C)	Temper ature Density (°C)	Depth (m)	Widt h (m)	f	Region of interest (m)	D ₀ (m)	Ht (m)	L (m)	N
30	20	35	10	2500	0.02 5	25000	0.9	0.5	300	31

Πίνακας 14. Αρχικές τιμές εφαρμογής PPP Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

3.5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

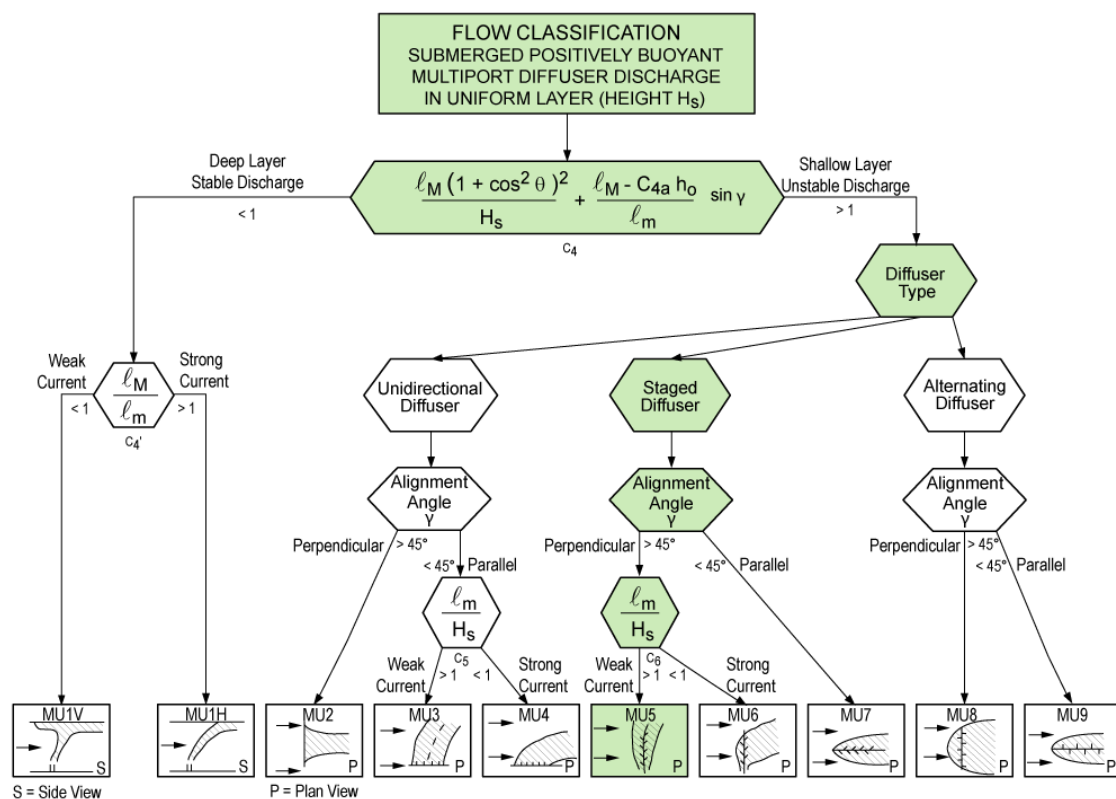
Μεταβάλλαμε τις ταχύτητες του ρεύματος 0.03 m/s και 0.015 m/s αντίστοιχα.

1. Τα βασικά μήκη που υπολογίζονται απ την προσομοίωση του CORMIX2 και που είναι απαραίτητα για τον χαρακτηρισμό της κατάταξης της ροής παρουσιάζονται στον πίνακα 15.

	$L_m(m)$	$L_Q(m)$	$L_M(m)$	$H_s(m)$	$J_0(m^3/s^3)$	$M_0(m^3/s^2)$
$U=0.03m/s$	169.02	0.07	5.21	10	0.004978	0.471570
$U=0.015m/s$	676.09	0.07	5.21	10	0.004978	0.471570

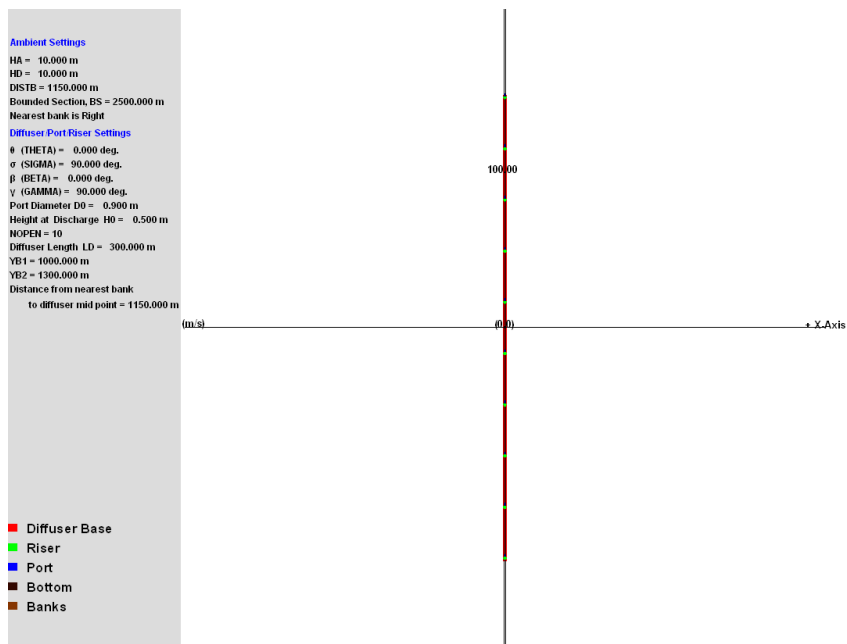
Πίνακας 15. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής PPP

2. Σύμφωνα με τα διαγράμματα ροής (σχήμα) που προκύπτουν ,το προφίλ της ροής είναι ίδιο και κατατάσσεται στη κατηγορία MU5 που ανταποκρίνεται σ ένα στρώμα που υποστηρίζει στο γεμάτο νερό βάθους πεδίο απόρριψης .

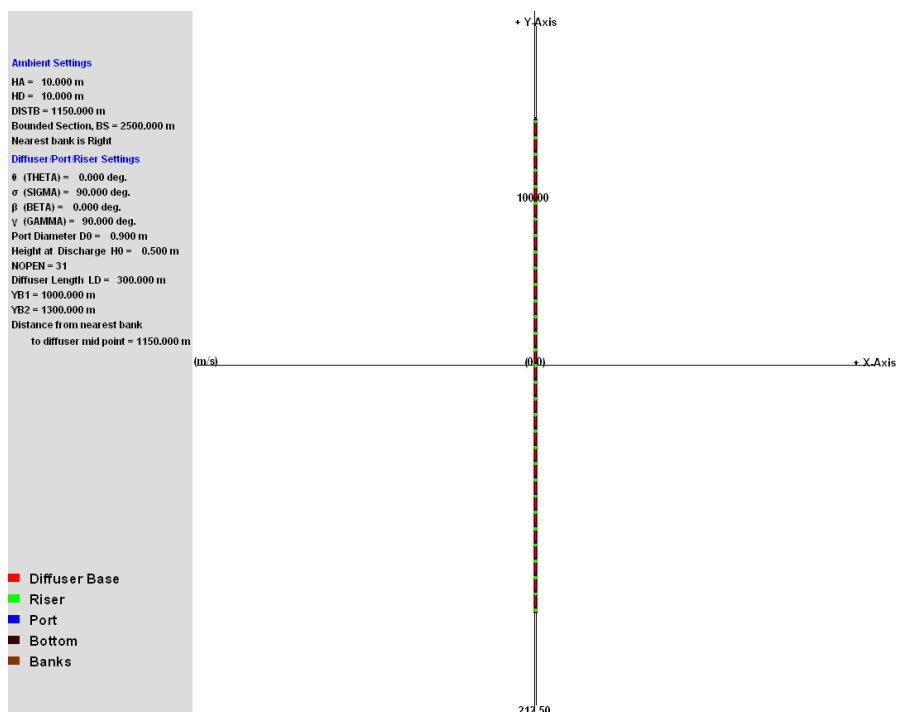


Σχήμα25. Διάγραμμα ροής εφαρμογής PPP για $u=0.03m/s$ και $u=0.015m/s$

3. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε το ίδιο σχήμα διαχυτή -ακροφυσίου.



Σχήμα26. Διαχυτής εφαρμογής PPP για $u=0.015\text{m/s}$



Σχήμα27. Διαχυτής εφαρμογής PPP για $u=0.03\text{m/s}$

4. Εκτίμηση άνωσης: Και στις δύο περιπτώσεις η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος. Έτσι, η εκροή θα έχει θετική άνωση και τείνει να ανυψώνεται προς την επιφάνεια.

Επαφή του πλουμίου με την όχθη: Το πλούμιο έχει επαφή με τη κοντινότερη όχθη στα 556.56m κατάντη και από δεύτερη όχθη στα 822.28 κατάντη για $u=0.03\text{m/s}$ ενώ για $u=0.015\text{m/s}$ έχει επαφή με τη κοντινότερη όχθη στα 278.28m κατάντη και από δεύτερη όχθη στα 318.55m κατάντη.

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο: Η NFR είναι η ζώνη δυνατής εσωτερικής ανάμιξης. Δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Ωστόσο η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για το σχεδιαστή της απόρριψης επειδή η ανάμιξη στη NFR είναι συνήθως ευαίσθητη στις συνθήκες σχεδιασμού της απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις του ρύπου, οι ρυθμοί αραίωσης, το πάχος και το πλάτος του πλουμίου καθώς και ο χρόνος ταξιδιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 16.

Περιοχή έντονης ανάμειξης (NFR)	
$u=0.03\text{m/s}$	$u=0.015\text{m/s}$
$x=556.56\text{ m}, y=1080\text{m}, z=10\text{m}$	$x=278.28\text{m}, y=1080\text{m}, z=10\text{m}$
$C=1.722^0\text{C}$	$C=1.722^0\text{C}$
$S=11.6$	$S=11.6$
$b_h=646.10\text{m}$	$b_h=657.44\text{m}$
$b_v=1.8\text{m}$	$b_v=1.94\text{m}$
$t=23721.6875\text{sec}$	$t=23721.6875\text{sec}$

Πίνακας 16. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR)

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι παρόλο που ελαττώσαμε τη ταχύτητα του ρεύματος έχουμε ίδια συγκέντρωση (c) του ρύπου και ίδιο ρυθμό αραίωσης στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR). Επίσης παρατηρείται αύξηση του πάχους και του πλάτους με το χρόνο ταξιδιού του πλουμίου να παραμένει ίδιο.

Μακριά απ το πεδίο απόρριψης: το πλούμιο αναμιγνύεται ολικά κατακόρυφα μέσα στην εγγύς ζώνη στα 0m κατάντη αλλά επαναστρωματοποιεί αργότερα και δεν αναμιγνύεται μακριά απ το πεδίο και στις δύο περιπτώσεις.

Για τη συγκεκριμένη προσομοίωση δεν προσδιορίστηκε TDZ.

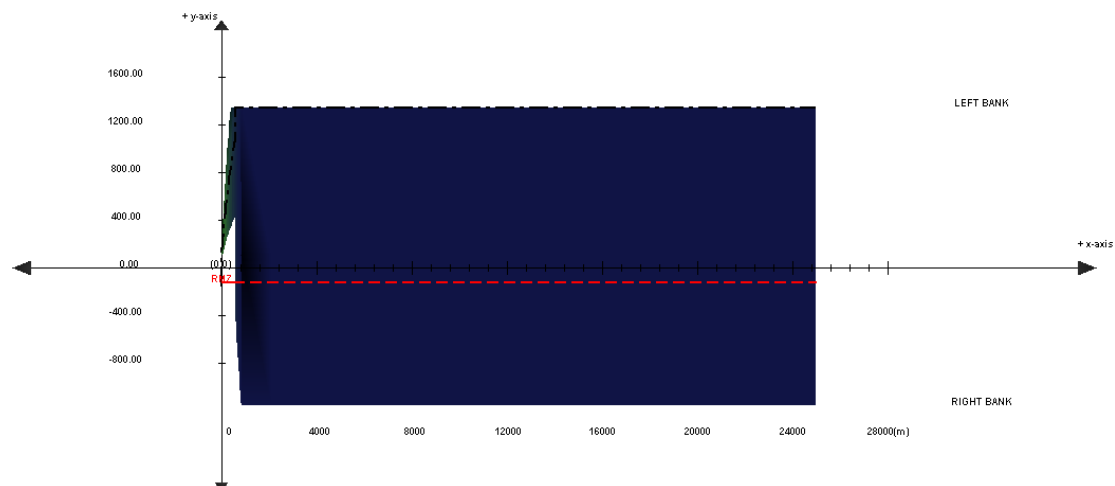
Όσον αφορά τη ζώνη ανάμειξης RMZ η οποία είναι μέσα στη NFR, τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 17 που ακολουθεί

Περιοχή ζώνης ανάμειξης (RMZ)	
για $u=0.03\text{m/s}$	για $u=0.015\text{m/s}$
$x=0\text{m}, y=-105\text{m}, z=1.18\text{m}$	$x=0\text{ m}, y=-105\text{m}, z=1.18\text{m}$
$C=4.643524^{\circ}\text{C}$	$C=4.643524^{\circ}\text{C}$
$S=4.3$	$S=4.3$
$b_h=6.25\text{m}$	$b_h=6.25\text{m}$
$b_v=8.33\text{m}$	$b_v=8.33\text{m}$

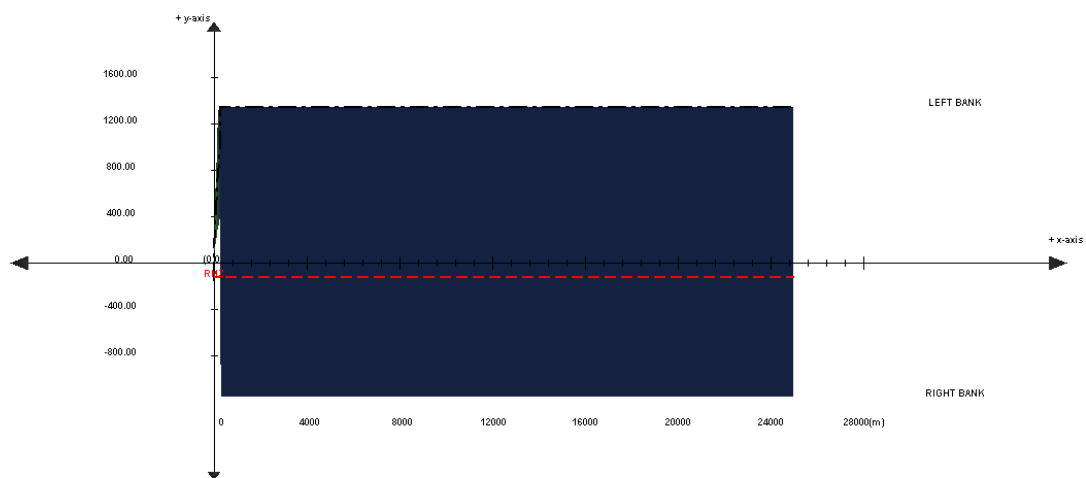
Πίνακας 17. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ

Παρατηρούμε ότι δεν έχουμε διαφορά ούτε στις συγκεντρώσεις ούτε στο ρυθμό διάλυσης.

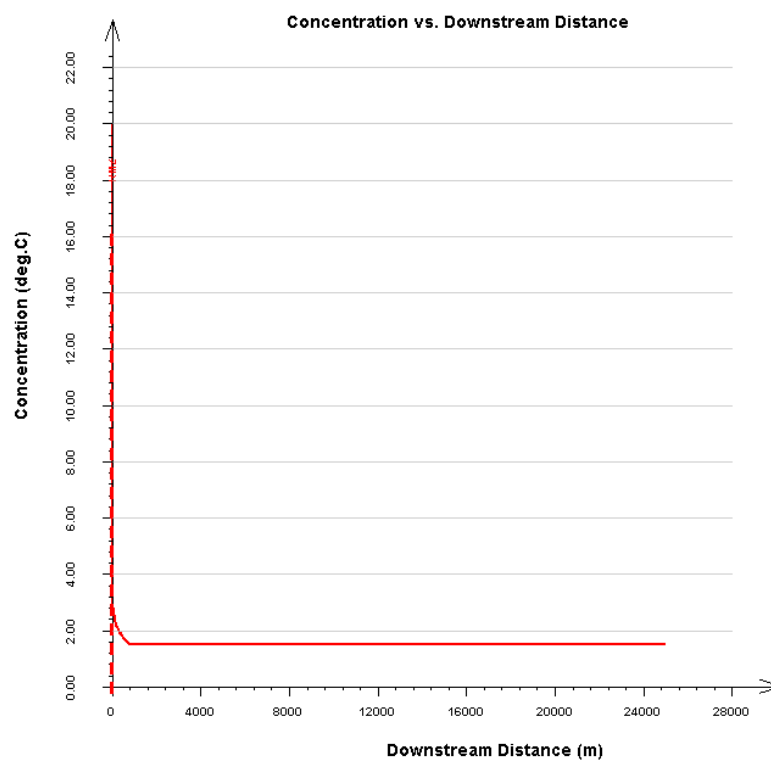
5.Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε ίδιο προφίλ ροής του πλουμίου του ρύπου καθώς και συγκεντρώσεις.



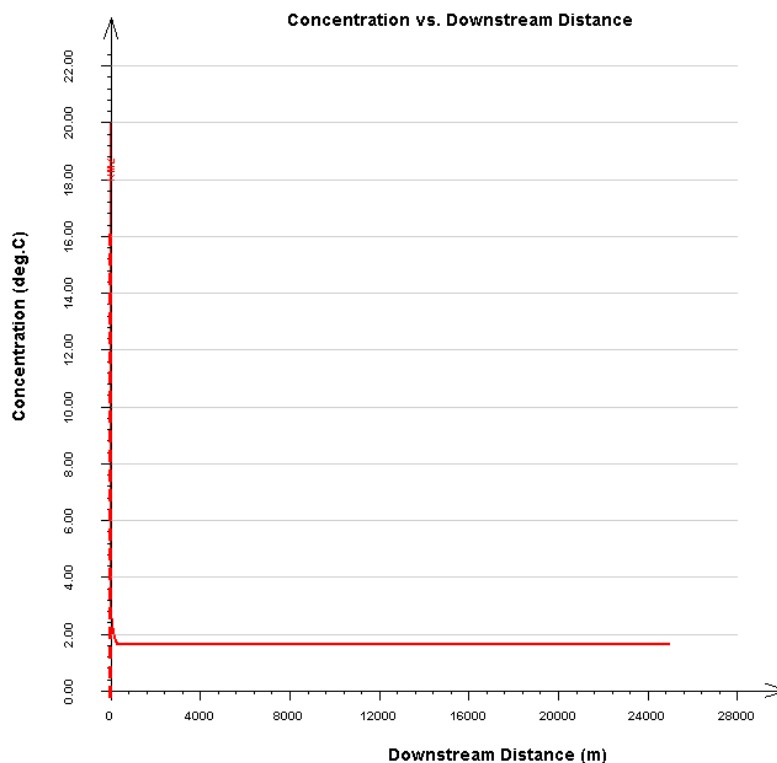
Σχήμα 28. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PPP για $u=0.03\text{m/s}$



Σχήμα 29. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής PPP για $u=0.015\text{m/s}$



Σχήμα30. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής PPPγια $u=0.03\text{m/s}$



Σχήμα 31. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής PPP για $u=0.015\text{m/s}$.

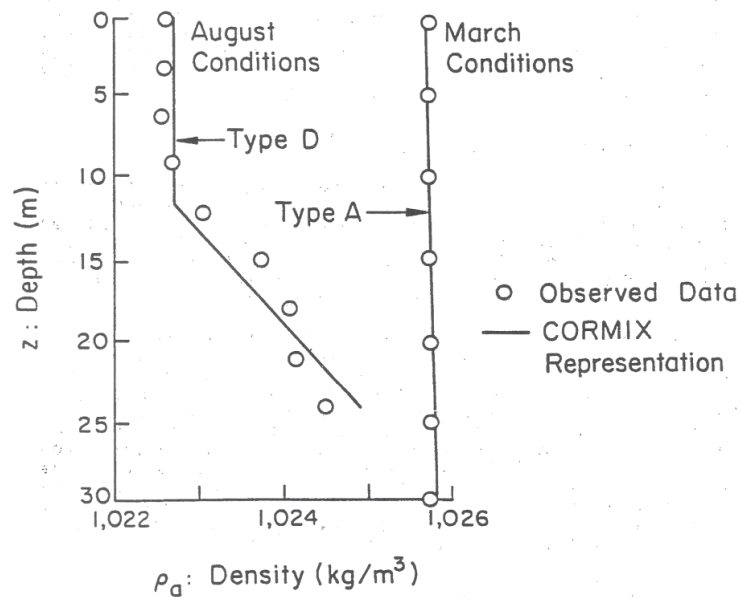
3.6.1 AAA Βιολογικός Καθαρισμός

Αυτό το παράδειγμα επεξηγεί την επίδραση της στρωματοποίησης της πυκνότητας του περιβάλλοντος σ' ένα παράκτιο περιβάλλον στην ανάμειξη μιας επιπλέουσας ροής αποβλήτου συμπεριλαμβανομένων τοξικών ουσιών. Η απόρριψη υπόκειται σε τρία (3) κριτήρια ανάμειξης : τη ζώνη τοξικής διάλυσης, το πλάτος πλουμίου κριτήριο σε μια νόμιμη ζώνη ανάμειξης και τη κατάντη περιοχή ενδιαφέροντος.

Ο αναλυτής αναζητά συγκεντρώσεις του ρυπαντή σ' αυτές τις τοποθεσίες. Χρησιμοποιούμε το Cormix 2 για να μελετήσουμε την επίδραση των προφίλ της πυκνότητας περιβάλλοντος (θερινού και χειμερινού) στη συμπεριφορά ανάμειξης της απόρριψης.

3.6.2 Η κατάσταση του προβλήματος

Η απόρριψη από τον AAA βιολογικό καθαρισμό σε παράκτια νερά περιλαμβάνει κάποιες τοξικές ουσίες των οποίων τα χαρακτηριστικά ανάμειξης για τοπικά χειμερινά και θερινά προφίλ φαίνονται στην Εικόνα 19. Η απόρριψη πρόκειται να γίνει 3000m απ' την ακτή αυτή σε τοπικό βάθος νερού 24.2m. Η βαθυμετρία κλίνεται γραμμικά απ' την ακτογραμμή.



Εικόνα 19. Αποδέκτης AAA Βιολογικός Καθαρισμός :Τυπικά προφίλ πυκνότητας (EPA,1991)

Χρησιμοποιείται ένας διαχυτήρας μη κατευθυνόμενος 100m μήκους με 41 θύρες ανοίγματα. Οι θύρες είναι στρογγυλές με διάμετρο 0,3m και επεκτείνονται στα 0,3m πάνω απ τον περιβάλλον πυθμένα με κατακόρυφη γωνία $\theta=30^\circ$. Ο διαχυτήρας απορρίπτει σε κατεύθυνση του επικρατούντος ρεύματος περιβάλλοντος (co-flow) ($\sigma=0^\circ$ και $\gamma=90^\circ$) το οποίο έχει ταχύτητα 0,09m/s.

Η συνολική παροχή απόρριψης είναι 3,0m³/s και περιλαμβάνει 100mg/l μιας τοξικής ουσίας με CMC 5mg/l. Η πυκνότητα απόρριψης είναι 994.0 kg/m³. Μια δημόσια παραλία βρίσκεται 3000m κατάντη της απόρριψης με νόμιμη ζώνη ανάμειξης (LMZ) πλάτους στα 400m.

Το πρώτο βήμα της ανάλυσης είναι να επιλεγεί ένας απ' τους 4 τύπους στρωματοποίησης περιβάλλοντος για να αντιπροσωπεύσει το πραγματικό προφίλ πυκνότητας όπως φαίνεται στην εικόνα 13. Επιλέγεται το προφίλ τύπου B για να αντιπροσωπεύσει τα δεδομένα Αυγούστου με επιφανειακή πυκνότητα $\rho_s=1022,7$ kg/m³, πυκνότητα πυθμένα $\rho_b=1024,9$ kg/m³ και ύψος πυκνοκλίνης $h_{int}=12,50$ m. Η αντιπροσωπευτική περίπτωση διατομής τοποθετεί την απόρριψη 3000m απ' την ακτή σε 24,2m νερού μια αδύναμη γραμμή πυκνότητας περιβάλλοντος στρωματοποίηση (τύπου A) επιλέγεται για να αντιπροσωπεύσει τα δεδομένα Μαρτίου με επιφανειακή πυκνότητα $\rho_s=1025,59$ kg/m³ και πυκνότητα πυθμένα $\rho_b=1025,82$ kg/m³.

AAA Βιολογικός Καθαρισμός										
Q (m ³ /s)	Discharge concentration (mg/l)	Density (Kg/m ³)	Depth (m)	u (m/s)	F	Region of interest (m)	D ₀ (m)	CMC (mg/l)	L (m)	N
3.0	100	994.0	24.2	0.009	0.025	3000m	0.3	5	100	41

Πίνακας 18. Αρχικές τιμές εφαρμογής AAA Βιολογικός Καθαρισμός

3.6.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

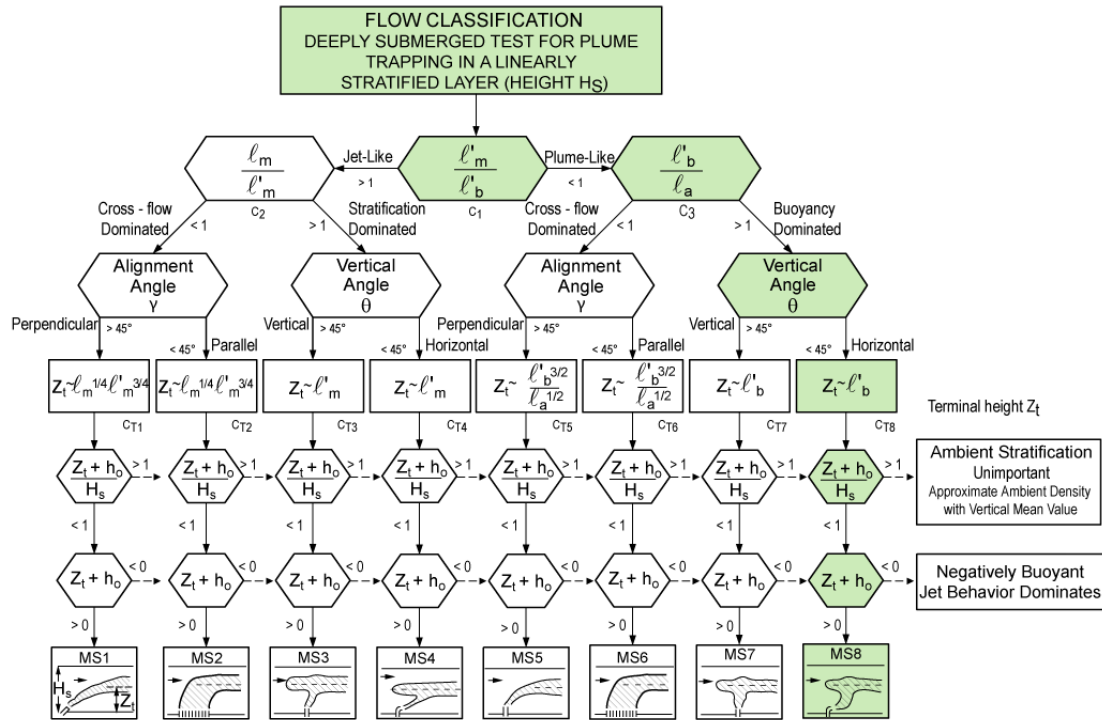
Πήραμε υπόψη μας δύο είδη συνθηκών ,χειμερινές και θερινές. Για τις χειμερινές πήραμε δεδομένα του Μαρτίου και για τις θερινές δεδομένα του Αυγούστου. Αυτό που μεταβάλλαμε ήταν το είδος της στρωματοποίησης και οι τιμές της επιφανειακής και πυθμένα πυκνότητας .

1.Τα βασικά μήκη που υπολογίζονται απ την προσομοίωση του CORMIX2 και που είναι απαραίτητα για τον χαρακτηρισμό της κατάταξης της ροής παρουσιάζονται στον πίνακα19.

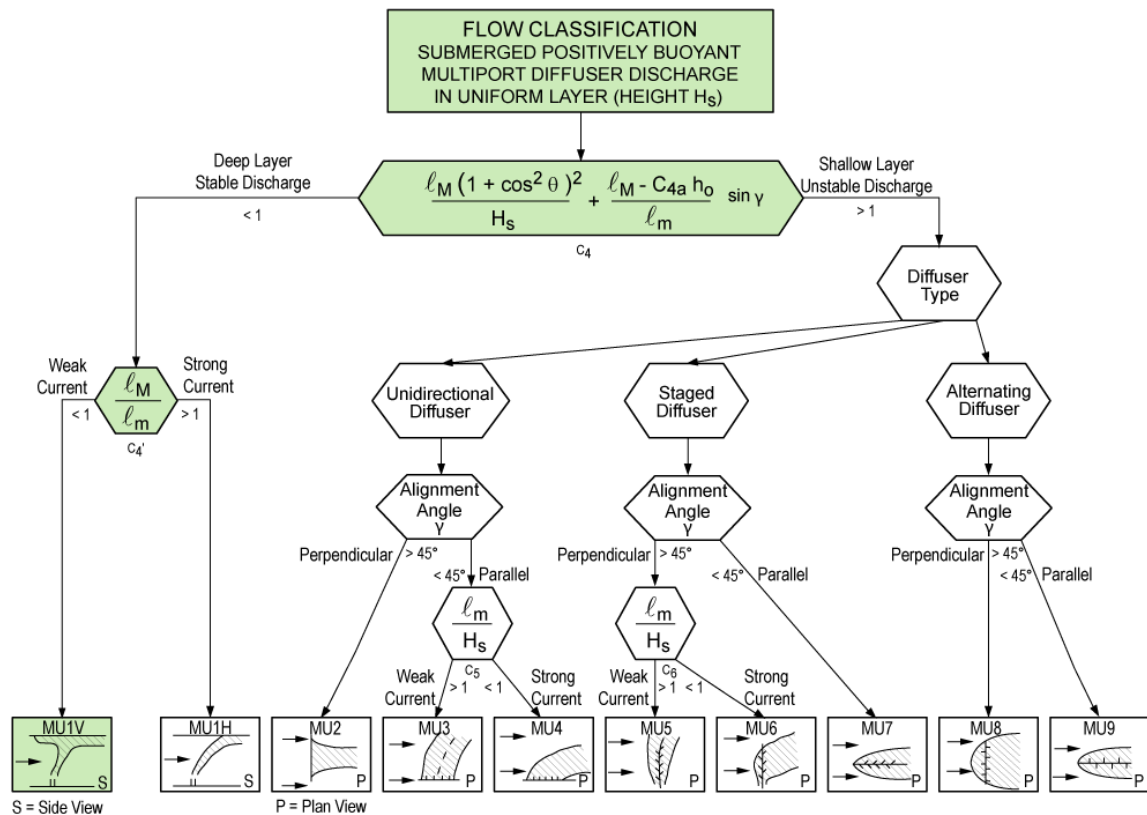
	L _m (m)	L _m '(m)	L _Q (m)	L _M (m)	H _S (m)	J ₀ (m ³ /s ³)	M ₀ (m ³ /s ²)
Χειμερινές (Μάρτιος)	383.39	4.15	0.03	0.69	24.2	0.009477	0.031055
Θερινές (Αύγουστος)	383.39	99999	0.03	0.72	12.5	0.008870	0.031055

Πίνακας 19. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής AAA

2. Σύμφωνα με τα διαγράμματα ροής (σχήμα) που προκύπτουν ,το προφίλ της ροής κατατάσσεται στη κατηγορία MS8 για χειμερινές συνθήκες που ανταποκρίνεται σ ένα στρώμα που υποστηρίζει τη γραμμικά στρωματοποιημένη πυκνότητα περιβάλλοντος στο πεδίο απόρριψης ενώ για τις θερινές στη MU1V που ανταποκρίνεται σ ένα στρώμα που υποστηρίζει ένα χαμηλότερης πυκνότητας στρωματοποιημένο στρώμα στο πεδίο απόρριψης . Το άλμα πυκνότητας στην πυκνοκλίνη περιορίζει τη ροή στο χαμηλότερο στρώμα.

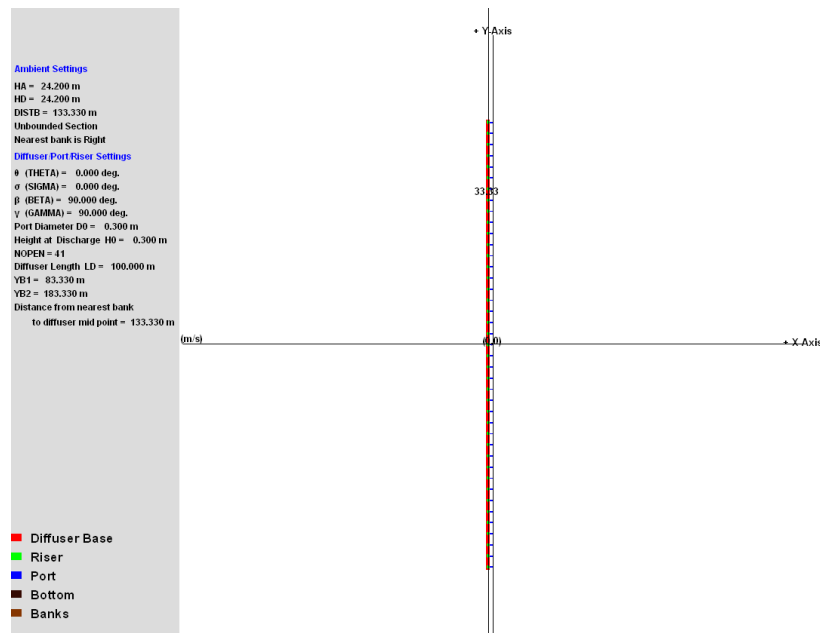


Σχήμα32. Διάγραμμα ροής εφαρμογής AAA Municipal Treatment Plant για χειμερινές συνθήκες

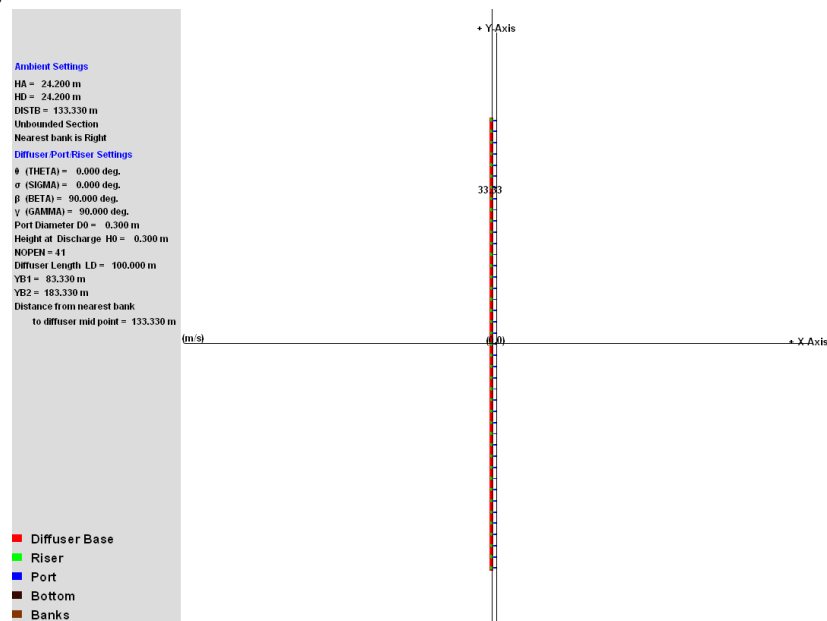


Σχήμα33. Διάγραμμα ροής εφαρμογής AAA Municipal Treatment Plant για θερινές συνθήκες

3. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε το ίδιο σχήμα διαχυτή -ακροφυσίου.



Σχήμα34. Διαχυτής εφαρμογής AAA Municipal Treatment Plant για χειμερινές συνθήκες



Σχήμα 35. Διαχυτής εφαρμογής AAA Municipal Treatment Plant για θερινές συνθήκες

4. Εκτίμηση άνωσης: Και στις δύο περιπτώσεις η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος. Έτσι, η εκροή θα έχει θετική άνωση και τείνει να ανυψώνεται προς την επιφάνεια.

Επαφή του πλούμιου με την όχθη: Το πλούμιο έχει επαφή με τη κοντινότερη όχθη στα 0m κατάντη .

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο: Η NFR είναι η ζώνη δυνατής εσωτερικής ανάμιξης. Δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Ωστόσο η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για το σχεδιαστή της απόρριψης επειδή η ανάμιξη στη NFR είναι συνήθως ευαίσθητη στις συνθήκες σχεδιασμού της απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις του ρύπου, οι ρυθμοί αραίωσης, το πάχος και το πλάτος του πλουμίου καθώς και ο χρόνος ταξιδιού παρουσιάζονται στον Πίνακα 20.

Περιοχή έντονης ανάμειξης (NFR)	
Χειμερινές συνθήκες	Θερινές συνθήκες
x=5204.35 m ,y=0m ,z=18.30m	x=5377.79m, y=0m, z=10.18m
C=1.4342mg/l	C=2.5503mg/l
S=69.7	S=39.2
b _h =19374.29m	b _h =27249.41m
b _v =1.23m	b _v =0.49m
t=101.6131sec	t=33.1155sec

Πίνακας 20. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR)

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το καλοκαίρι έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης (c) του ρύπου και μείωση της αραίωσης στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR).Επίσης παρατηρείται μείωση του πάχους ,αύξηση του πλάτους και μείωση του χρόνου ταξιδιού του πλουμίου.

Εκτίμηση Στρωματοποίησης: Η προσδιοριζόμενη στρωματοποίηση πυκνότητας είναι δυναμικά σημαντική .Η ροή απόρριψης εγγύς στο πεδίο παγιδεύεται μέσα στο γραμμικά στρωματοποιημένο πυκνότητας περιβάλλοντος στρώμα για τις χειμερινές συνθήκες ενώ για τις θερινές η προσδιοριζόμενη δύο στρωμάτων πυκνότητας περιβάλλοντος στρωματοποίησης είναι δυναμικά σημαντική .Η ροή απόρριψης εγγύς στο πεδίο θα περιοριστεί στο χαμηλότερο στρώμα μέσω στρωματοποίησης της πυκνότητας περιβάλλοντος περαιτέρω παγιδεύεται στην πυκνοκλίνη μέσω άλματος πυκνότητας περιβάλλοντος.

Κριτήρια τοξικής ζώνης διάλυσης:

Για θερινές συνθήκες

Το κριτήριο CMC των 5mg/l συναντάται στις συντεταγμένες: x = 8.14 m, y = 0 m, z = 6.23 m και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 20. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 1.27 m και πλάτος 4.16 m. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως και την τοποθεσία του CMC είναι 10.07 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1^ο

Η τοποθεσία είναι έως και 50 φορές την κλίμακα μήκους $L_Q = 0.27m$

- Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2^ο
Η τοποθεσία είναι λιγότερο από 5 φορές το βάθος του νερού $H_D = 24.2 \text{ m}$
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3^ο
Η τοποθεσία είναι μέσα στο 1/10 της απόστασης της υπάρχουσας RMZ στα 2623.30m

Η εκροή ικανοποιεί και τα τρία κριτήρια CMC για την τοξική ζώνη διάλυσης.

Για χειμερινές συνθήκες

Το κριτήριο CMC των 5mg/l συναντάται στις συντεταγμένες: $x = 7.93 \text{ m}$, $y = 0 \text{ m}$, $z = 6.17 \text{ m}$ και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 20. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.16 m και πλάτος 0.16 m. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως και την τοποθεσία του CMC είναι 9.87 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1^ο
Η τοποθεσία είναι έως και 50 φορές την κλίμακα μήκους $L_Q = 0.27 \text{ m}$
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2^ο
Η τοποθεσία είναι λιγότερο από 5 φορές το βάθος του νερού $H_D = 24.2 \text{ m}$
Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3^ο
Η τοποθεσία είναι μέσα στο 1/10 της απόστασης της υπάρχουσας RMZ στα 3681.90m

Η εκροή ικανοποιεί και εδώ και τα τρία κριτήρια CMC για την τοξική ζώνη διάλυσης.

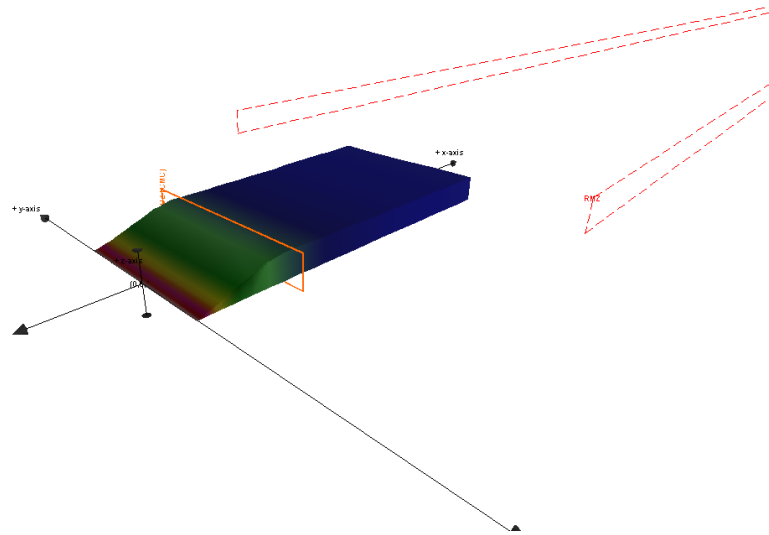
Οι συνθήκες του πλουμίου στα όρια της προσδιοριζόμενης RMZ φαίνονται στον Πίνακα 21.

RMZ Ζώνη Ανάμιξης	
Θερινό προφίλ	Χειμερινό προφίλ
$x=-2623.28\text{m}$, $y=0\text{m}$, $z=10.18\text{m}$	$x=-3681.85 \text{ m}$, $y=0\text{m}$, $z=18.3\text{m}$
$C=2.562747\text{mg/l}$	$C=1.436802\text{mg/l}$
$S=39.0$	$S=69.6$
$b_h=200\text{m}$	$b_h=200\text{m}$
$b_v=35.16\text{m}$	$b_v=109.27\text{m}$
$t<33.1155\text{sec}$	$t<101.6131\text{sec}$

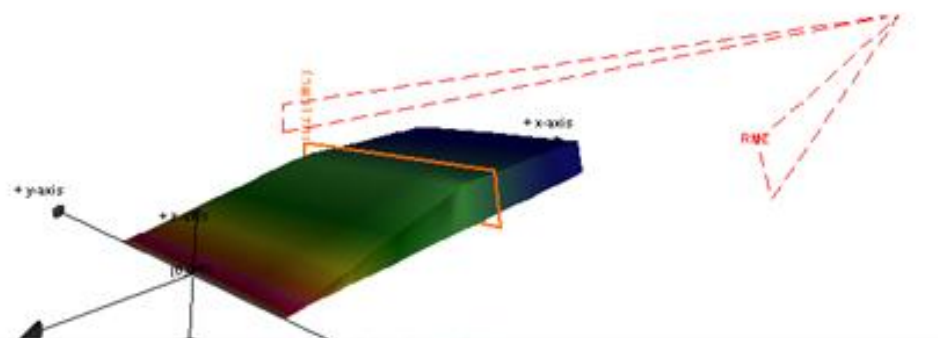
Πίνακας 21. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ

Το καλοκαίρι έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου και μείωση του ρυθμού αραίωσης του σε σχέση με το χειμώνα.

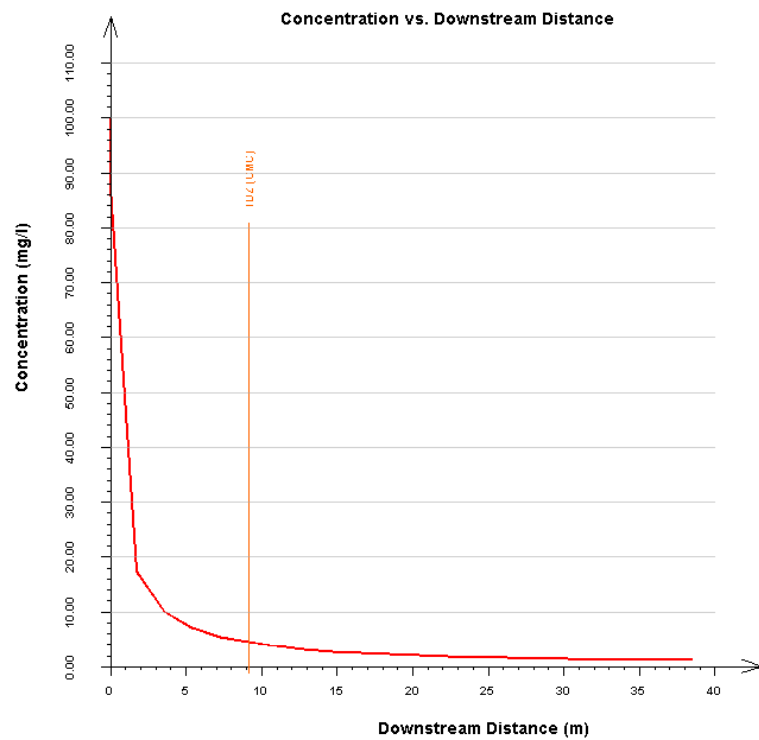
5. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε παρόμοιο προφίλ ροής του πλουμίου του ρύπου με τις διαφοροποιήσεις στις συγκεντρώσεις να είναι αμελητέες.



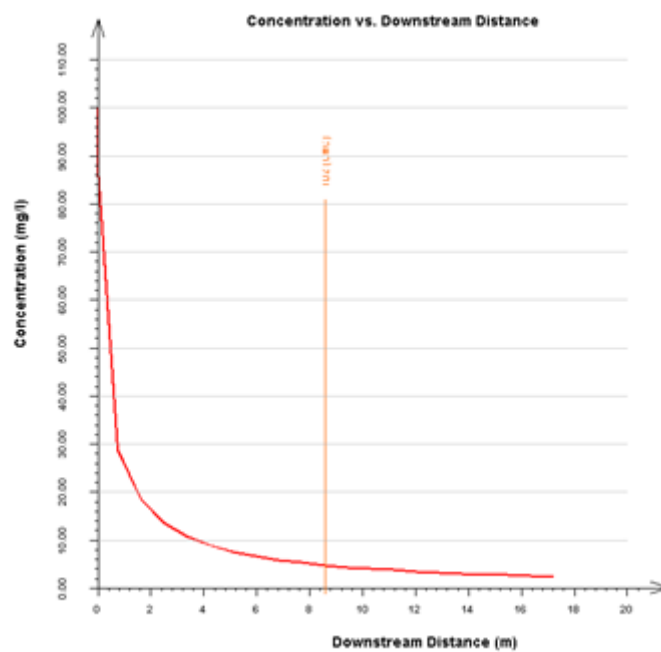
Σχήμα 36. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής για χειμερινές συνθήκες



Σχήμα 37. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής ΑΑΑ για θερινές συνθήκες



Σχήμα 38. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής ΑΑΑ για χειμερινές συνθήκες



Σχήμα 39. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής ΑΑΑ για θερινές συνθήκες.

3.7.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ York stp

Πραγματοποιήθηκε μια μελέτη από τους Zeilinski και τους συνεργάτες του για να εξετάσουν τις επιδράσεις του αποβλήτου απ το εργοστάσιο επεξεργασίας αποβλήτων York κατά τη διάρκεια της επέκτασης της Φάσης II του Duffin Creek WPCP Εργοστάσιο συλλογής (Zeilinski and Associates,1986).

York stp										
Q (m ³ /s)	Discharge concentration	Tempera ture Density (°C)	Dep th (m)	Width (m)	F	Regio n of interes t (m)	D ₀ (m)	Ht (m)	L (m)	N
0.045	100%	13.8	11	47	0.025	1000	0.3 05	3.1	42	15

Πίνακας 22. Αρχικές τιμές εφαρμογής York stp

3.7.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

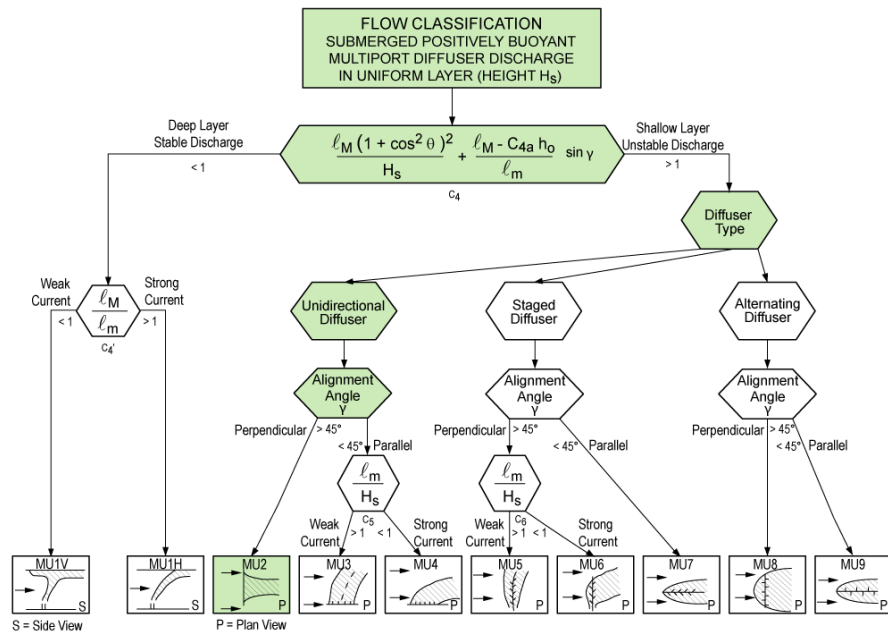
Η θερμοκρασία του νερού για 23 Ιουλίου ήταν $T_a=8.8^0\text{C}$

1.Τα βασικά μήκη που υπολογίζονται απ την προσομοίωση του CORMIX2 και που είναι απαραίτητα για τον χαρακτηρισμό της κατάταξης της ροής παρουσιάζονται στον πίνακα23.

	$L_m(m)$	$L_Q(m)$	$L_M(m)$	$H_S(m)$	$J_0(m^3/s^3)$	$M_0(m^3/s^2)$
$T_a=8.8^0\text{C}$	17.32	0.03	14.29	11	0.000176	0.045050

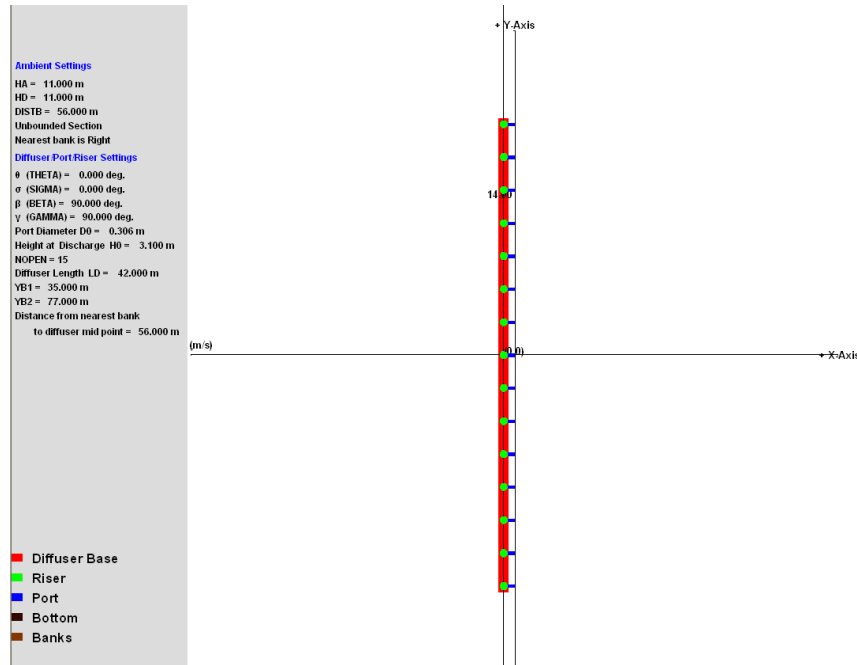
Πίνακας 23. Χαρακτηριστικά μήκη εφαρμογής York stp

2.Σύμφωνα με τα διαγράμματα ροής (σχήμα) που προκύπτουν ,το προφίλ της ροής κατατάσσεται στη κατηγορία MU2 που ανταποκρίνεται σ ένα στρώμα που υποστηρίζει στο γεμάτο νερό βάθους πεδίο απόρριψης και στις δύο περιπτώσεις.



Σχήμα40. Διάγραμμα ροής εφαρμογής York str

3. Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε το παρακάτω σχήμα διαχυτή -ακροφυσίου.



Σχήμα41. Διαχυτής εφαρμογής York str

4. Εκτίμηση άνωσης: Η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος. Έτσι, η εκροή θα έχει θετική άνωση και τείνει να ανυψώνεται προς την επιφάνεια.

Επαφή του πλουμίου με την όχθη: Το πλούμιο έχει επαφή με τη κοντινότερη όχθη στα 63.77m κατάντη για $T_a=8.8^{\circ}\text{C}$.

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο: Η NFR είναι η ζώνη δυνατής εσωτερικής ανάμιξης. Δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Ωστόσο η πληροφορία μπορεί να είναι χρήσιμη για το σχεδιαστή της απόρριψης επειδή η ανάμιξη στη NFR είναι συνήθως ευαίσθητη στις συνθήκες σχεδιασμού της απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις του ρύπου, οι ρυθμοί αραίωσης, το πάχος και το πλάτος του πλουμίου καθώς και ο χρόνος ταξιδιού παρουσιάζονται στον πίνακα 24.

Περιοχή έντονης ανάμειξης (NFR)
$x=21.0\text{m}, y=0\text{m}, z=11\text{m}$
$C=4.0248\%$
$S=24.8$
$b_h=15.67\text{m}$
$b_v=11\text{m}$
$t=202.1483\text{sec}$

Πίνακας 24. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή έντονης αρχικής ανάμειξης (NFR)

Μακριά απ το πεδίο απόρριψης: Το πλούμιο αναμιγνύεται ολικά κατακόρυφα μέσα στην εγγύς ζώνη στα 0m κατάντη αλλά επαναστρωματοποιεί αργότερα και δεν αναμιγνύεται μακριά απ το πεδίο και στις δύο περιπτώσεις.

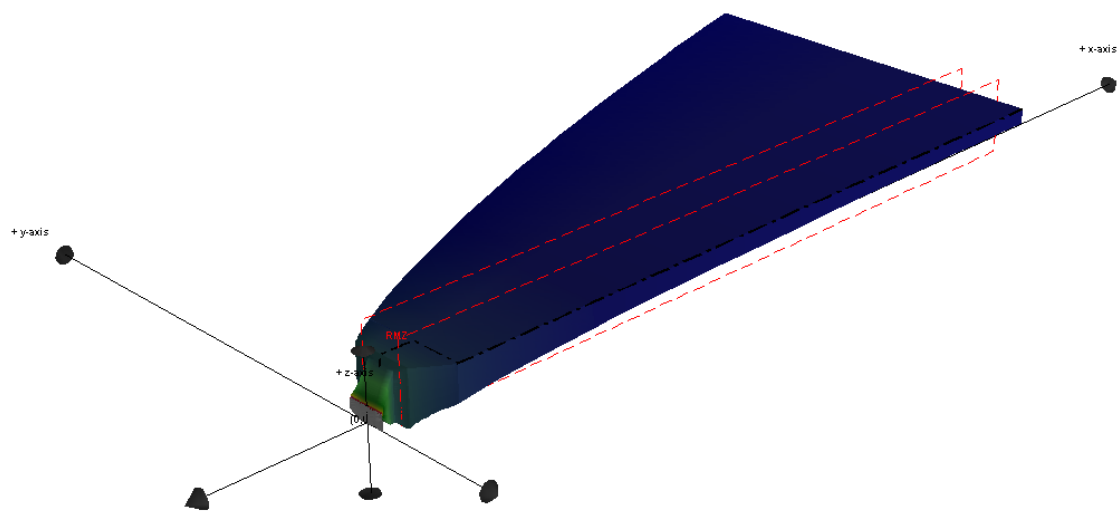
Για τη συγκεκριμένη προσομοίωση δεν προσδιορίστηκε TDZ.

Όσον αφορά τη ζώνη ανάμειξης RMZ η οποία είναι μέσα στη NFR, τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 25 που ακολουθεί.

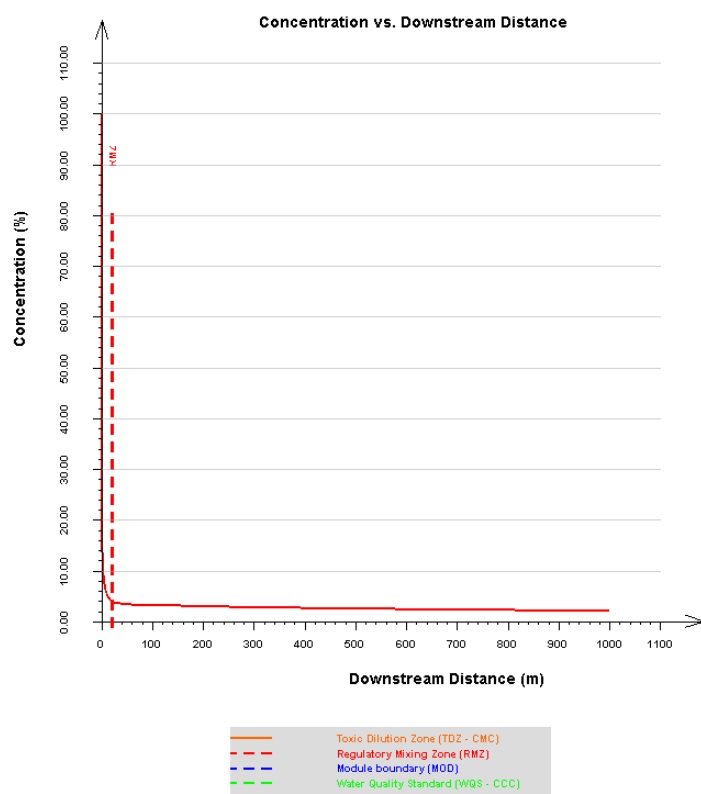
Περιοχή ζώνης ανάμειξης (RMZ)
$x=21\text{m}, y=0\text{m}, z=11\text{m}$
$C=4.024794\%$
$S=24.8$
$b_h=23.5\text{m}$
$b_v=11\text{m}$
$t<202.1483\text{sec}$

Πίνακας 25. Συγκέντρωση (c) και διάχυση (s) στην περιοχή RMZ

5.Σύμφωνα με τα σχήματα που προκύπτουν απ το Corspy έχουμε ίδιο προφίλ ροής του πλουμίου του ρύπου καθώς και συγκεντρώσεις.



Σχήμα 42. Προφίλ πλουμίου ρύπου εφαρμογής York str



Σχήμα 43. Διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου κατάντη απόστασης εφαρμογής York str

Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα

Το εμπειρικό πρόγραμμα CORMIX αναλύει τα μοντέλα για τις ζώνες ανάμιξης και υποδεικνύει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να δημιουργηθούν από συνεχείς απορρίψεις σημειακών πηγών. Δίνει έμφαση στις οριακές αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα, ούτως ώστε να γίνουν προβλέψεις για τη συμπεριφορά και τη γεωμετρία του πλουμίου κάτω από σταθερές συνθήκες.

Το υποσύστημα CORMIX1, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διατριβή προβλέπει τη διάλυση και τη τροχιά μιας θύρας ανωστικής απόρριψης σε ένα ομοιόμορφο ή στρωματοποιημένης πυκνότητας περιβάλλον με ή χωρίς πλάγιο ρεύμα. Το CORMIX1 χρησιμοποιεί κανόνες γνώσης που πηγάζουν από την υδροδυναμική για να ομαδοποιήσει και να προβλέψει διεργασίες ανάμιξης. Συγκεντρώνει τα απαραίτητα δεδομένα, ελέγχει για στοιχεία συνοχής, συναρμολογεί και εκτελεί τα απαραίτητα μοντέλα προσομοίωσης, ερμηνεύει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από την άποψη των νόμιμων απαιτήσεων περιλαμβάνοντας τα κριτήρια τοξικής απόρριψης και προτείνει εναλλακτικές σχεδιασμού για να βελτιώσει τα χαρακτηριστικά αραιώσης. Δίνοντας έμφαση στη ταχεία εσωτερική ανάμιξη, θεωρεί ένα συντηρητικό ρυπαντή απόρριψης παραμελώντας οποιαδήποτε φυσική, χημική ή βιολογική αντίδραση ή διαδικασία αποσύνθεσης. Ωστόσο, τα προβλεπόμενα αποτελέσματα μπορεί εύκολα να μετατραπούν σε προσαρμογή ως προς τις πρώτης τάξης αντίδρασης διεργασίες.

Το υποσύστημα CORMIX2 το οποίο επίσης χρησιμοποιήθηκε προβλέπει τη τροχιά και τα χαρακτηριστικά ανάμιξης ενός διαχυτήρα πολλαπλών θυρών, που απορρίπτει ανωστικά απόβλητα σε ομοιόμορφα ή στρωματοποιημένα περιβάλλοντα με ή χωρίς την παρουσία ρεύματος περιβάλλοντος και αυτό με τη σειρά του συγκεντρώνει τα απαραίτητα δεδομένα, ελέγχει για στοιχεία συνοχής, συναρμολογεί και εκτελεί τα απαραίτητα μοντέλα προσομοίωσης, ερμηνεύει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης από την άποψη των νόμιμων απαιτήσεων περιλαμβάνοντας τα κριτήρια τοξικής απόρριψης και προτείνει εναλλακτικές σχεδιασμού για να βελτιώσει τα χαρακτηριστικά αραιώσης. Δίνοντας έμφαση στη ταχεία εσωτερική ανάμιξη, θεωρεί ένα συντηρητικό ρυπαντή απόρριψης παραμελώντας οποιαδήποτε φυσική, χημική ή βιολογική αντίδραση ή διαδικασία αποσύνθεσης. Ωστόσο, τα προβλεπόμενα

αποτελέσματα μπορεί εύκολα να μετατραπούν σε προσαρμογή ως προς της πρώτης τάξης αντίδρασης διεργασίες.

Θα πρέπει με την ανάκτηση εμπειρίας από τη χρήση του έμπειρου(expert) αυτού συστήματος να αναλυθούν περαιτέρω τα πρωτόκολλα ροής στο σύστημα ομαδοποίησης της ροής με την επαλήθευση των σταθερών που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο. Για ορισμένες τάξεις ροής η υπάρχουσα βάση δεδομένων είναι περιορισμένη για τη διενέργεια επικύρωσης υποδεικνύοντας την ανάγκη για επιπλέον δεδομένα εργαστηριακά και πεδίου.

Επίσης το CORMIX υποθέτει ότι η απόρριψη στο περιβάλλον είναι συνεχής και αυτό είναι ένα πρόβλημα. Κάποια μεταβλητά δεδομένα όπως η ταχύτητα του ανέμου ή του περιβάλλοντος στο πρόγραμμα παρουσιάζονται σαν σταθερές, ενώ στην πραγματικότητα υπάρχει διακύμανση στην τιμή τους σε σχέση με το χρόνο. Είναι, έτσι, απαραίτητο τα σενάρια να εξετάζονται και με κάποιο μοντέλο που δε θεωρεί ότι υπάρχουν σταθερές συνθήκες, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να πλησιάζουν περισσότερο την πραγματικότητα. Μια μικρή αλλαγή σε μία μεταβλητή εισόδου μπορεί να επιδράσει στην αναγνώριση διαφορετικού είδους ροής με εντελώς διαφορετικές προβλέψεις που οδηγούν σε διαφορετικούς ρυθμούς ανάμειξης δημιουργώντας πιθανές ασυνέχειες στα αποτελέσματα πρόβλεψης. Επίσης, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, να επαληθεύονται με ασκήσεις πεδίου πχ η ένταση ρεύματος, η περιεκτικότητα του ρυπαντή κτλ.

Επιπλέον, το μοντέλο CORMIX έχει περιορισμένη ικανότητα για τη προσομοίωση της απόρριψης μεγάλων όγκων ροής σε ρηχές περιοχές. Και τέλος επίσης παρουσιάζει αδυναμία στο ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις με υψηλή ανομοιομορφία, όπως συνθήκες όπου το σύστημα είναι επιρρεπές σε τοπική επανακυκλοφορία.

Σε γενικά πλαίσια, το μοντέλο CORMIX είναι ένα εξειδικευμένο (expert) σύστημα και όχι εμπειρικό και είναι χρήσιμο για την ανάλυση, το σχεδιασμό και την πρόβλεψη των απορρίψεων έτσι ώστε να επιτευχθεί μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καραγεώργου Β.,(2007). Το θεσμικό πλαίσιο της διαχείρισης των υδάτινων πόρων στην Ελλάδα και η συμβολή της ευρωπαϊκής νομοθεσίας: ελλείματα, προκλήσεις και προοπτικές.

Καραγεώργου Β.(2003).Η Οδηγία – Πλαίσιο για το νερό: Ένας σημαντικός σταθμός για το Ευρωπαϊκό Δίκαιο Περιβάλλοντος

Μυλόπουλος. Ν.(2001)Σημειώσεις για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων» Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τσούτσος. Θ. (2002)Σημειώσεις για την Αειφόρο Ανάπτυξη, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Χανιά

Χατζηευαγγέλου. Κ.(2005)Εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου και διαχείριση υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adams ,E.E.(1982).Dilution Analysis for Unidirectional Diffusers, Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol.108, No.HY3, pp 327-342

Akar P., Jirka G. (1991) Expert system for Hydrodynamic mixing zone analysis of conventional and toxic multiport diffuser discharges (cormix2)

Alam,A.M.Z., Harleman,D.R.F and Colonell, J.M. (1982). Evaluation of selected Initial Dilution Models, Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, Vol.108, No.EE1,pp .159-186

Albertson, M.L., Dai, Y.B., Jensen, R.A and Rouse, H.1948. Diffusion of Submerged Jets,Trans. ASCE. Vol.115, pp.639-697

Almquist,C.W and Stolzenbach,K .D (1980). Staged Multiport Diffusers, Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol.106, No.HY2,Proc. Paper 15185, pp.285-302.

Baumgartner,D.J and Trent, D.S. (1970). Ocean Outfall Design: Part I.Literature Review and Theoretical Development, U.S. Department of Interior,Federal Water Quality Administration, NTIS No .PB-203-749,129 pp.

Baumgartner,D.J, Trent,D.S and Byram,K.V.1971. User Guide and Documentation for Outfall Plume Model, National Technical Information Service.

Baumgartner,D.J., Frick, W.E and Roberts, P.J.W .(1993) .Dilution Models for Effluent Discharges ,EPA/600-R-93/139, U.S Environmental Protection Agency.

Bogle, G.V., Valioulis, I.A. and Meiorin, L.(1993). Estimation of Far-Field Dilution in Ocean Waste Discharges , Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering ,Vol.119,No 1, January/February,pp. 15-29.

Botts, L. et al., (1987). The Great Lakes: An Environmental Atlas and Resource Book, EPA-905/9-87-002, U.S. Environmental Protection Agency, Illinois.

Brooks,N.H.and Koh,R.C.Y (1965). Discharge of Sewage Effluent from a Line Source into Stratified Ocean, Eleventh International Congress, Soviet Union.

Chu,V.H and Jirka,G. H (1986). Surface Buoyant Jets and Plumes, Encyclopedia of Fluid Mechanics, Chapter 25.

Davis,L.R (1975). Analysis of Multiple Cell Mechanical Draft Coolings Towers, EPA-660/3-75-039. U.S.Environmental Protection Agency.

Ditmars,J.D. (1969). Computer Program for Round Buoyant Jets into Stratified Ambient Environments, W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources ,Technical Memo. No.69-1.

Doneker,R.L and Jirka ,G.H. (1990). Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Submerged Single Port Discharges (cormix1), Report No.EPA/600/3-90/012, Athens ,Georgia.

Fan,L.N (1967). Turbulent Buoyant Jets into Stratified or Flowing Ambient Fluids, W.M.Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources , Report KH-R-15, California Institute of Technology, 196 pp.

Fan,L.N and Brooks ,N.H (1969). Numerical Solutions of Turbulent Buoyant Jet Problems,Pasadena , California,94 pp.

Fischer,H. B., List, E.J., Imberger,J and Brooks ,N.H. (1979). Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press, NY.

Fox,D. (1970). Forced Plume in a Stratified Fluid, Journal of Geophysical Research, Vol.75,No33, pp.6818-6835.

Frick,W.E. (1984) Non-Empirical Closure of the Plume Equations, Atmospheric Environment, Vol.18, No4, pp. 653-662.

Hamdy,Y.(1981). Dispersion of Effluent Plumes from Diffusers on Near-Shore Regions of the Great Lakes, Vol.1. Initial Mixing Processes, Ontario Ministry of the Environment, Toronto,Ont.,47pp.

Hirst,E.A.(1971a). Analysis of Buoyant Jets Within the Zone of Flow Establishment, Rep. ORNL-TM-3470. U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge National Lab., Oak Ridge,Tn.41pp.

Hirst, E.A.(1971b). Analysis of Round, Turbulent, Buoyant Jets Discharged in Flowing Stratified Ambients, Rep. ORNL-TM-4685 U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge National Lab., Oak Ridge,Tn.37pp.

Jirka G., Doneker R., and Hinton S.(1996). User's manual for Cormix: a hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters.

Jirka,G.H and Harleman ,D.R.F. (1979). Stability and Mixing of a Vertical Plane Buoyant Jet in Confined Depth, Journal of Fluid Mechanics, Vol.94, part2, pp.275-304.

Jirka,G.H and Akar,P.J (1991b). Hydrodynamic Classification of Submerged Multiport-Diffuser Discharges, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE,Vol.117, No.9, pp.1095-1112.

Jones,G. R. (1990). Cormix3: An Expert System for the Analysis and Prediction of Buoyant Surface Discharges, M.sc, Cornell University, Ithaca, NY.

Jordinson, R. (1958). Flow in a Jet Directed Normal to the Wind, Technical Report R&M, No.3074, Aeronautical Res. Council.

Kannberg,L.D., and Davis,L.R. (1976). An Experimental/Analytical Investigation of Deep Submerged Multiple Buoyant Jets, EPA-600/3-76-101,226pp.

Koh,R.C.Y and Fan ,L.N.(1970). Mathematical Models for the Prediction of Temperature Distribution Resulting from the Discharge of Heated Water into Large Bodies of Water, Report No. 16130 DWO.

Koh, R.C and Brooks , N.H.(1975). Fluid Mechanics of Waste Water Disposal in the Ocean , Annual Review of Fluid Mechanics, Vol.7 ,pp.187-211.

Kohli,B. (1981). Dispersion of Effluents Plumes from Diffusers on Near-Shore Regions of the Great Lakes. Vol.2 Surface Dilution, 21pp.

Lee,J.H.,Jirka,G.H and Harleman,D.R.F.(1977). Modelling of Unidirectional Thermal Diffusers in Shallow Water ,Report No.228.

Lee,J.H.1980. Near Field Mixing of Staged Diffusers, Journal of the Hydraulic Division, ASCE,Vol.106, No. HY8, Proc. Paper 15654,pp 1309-1324.

Lee,J.H. and Jirka, G.H.(1981). Vertical Round Jet in Shallow Water, Journal of the Hydraulic Division ,ASCE, Vol.107, No.HY12, pp.1651-1674.

Lee,J.H and Cheung, V. (1990).Discussion on Marine Outfall Design- Computer Models for Initial Dilution in a Current and Reply by the Authors, Proc. INSTN. Civ. Engrs., Part 1, No.88, pp.481-486.

Liseth,P.(1976). Wastewater Disposal by Submerged Manifolds, Journal of Hydraulics Division, ASCE,Vol.102, No. HY1,pp. 1-14.

List, E.J and Imberger,J.(1973). Turbulent Entrainment in Buoyant Jets and Plumes, Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the ASCE,Vol.99, No. HY9,pp.1461-1475.

List,E.J and Koh,R.C.Y.(1974). Interpretations of Results from Hydraulic Modelling of Thermal Outfall Diffusers for the San Onofre Nuclear Power Plant, W.M.Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources, Report No. KH-R-31.

List,E.J.(1982).Turbulent Jets and Plumes ,Annual Reviews of Fluid Mechanics,Vol.14,pp.189-212.

McCorquodale, J.A.1983. Report on Three Dimensional Dispersion of Discharges into Unsteady Lake Currents. (IRI 15-62), Windsor, Ont.

Morton,B.R.,Taylor,G.I. and Turner,J.S.(1956). Turbulent Gravitational Convection from Maintained and Instantaneous Sources, Proc.Roy.Soc. London,A234, pp.1-23.

Muellerhoff,W.P., Soldate,Jr., A.M.,Baumgartner,D.J.,Schuldt,M.D.,Davis L.R. and Frick,W.E.(1985). Initial Mixing Characteristics of Municipal Discharges, Vols.I and II.

Ng,K.Y.(1990). Thermal Plumes from Staged Multiport Diffusers in a Uniform Quiescent Environment, W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources,California.

Roberts,P.J.W., Snyder,W.H and Baumgartner,D.H.1989. Ocean Outfalls I: Submerged Wastefield Formation;II Spatial Evolution of Submerged Wastefields;III Effect of Diffuser Design on Submerged Wastefields, Journal of Hydraulic Division,ASCE, Vol.115, No.1,pp 1-70.

Rouse,H.,Yih, C.S.and Humphreys,H.W.(1952). Gravitational Convection from a Boundary Source,Tellus,4, pp. 201-210.

Scorer,R.S. (1959). The Behaviour of Chimney Plumes, International Journal of Air Pollution Vol.1,pp. 198-220.

Scorer,R.S.(1978). Environmental Hydrodynamics ,Ellis Horwood, Chichester, United Kingdom.

Sobey,R.J., Johnston,A.J and Keane,R.D. (1988). Horizontal Round Buoyant Jet in Shallow Water, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.114, No.8,pp. 910-929.

Teeter,A.M and Baumgartner,D.J.(1979). Predictions of Initial Dilutions for Municipal Ocean Discharges, CERL Pub.043, Oregon.

Tsanis,I.K.,Valeo,C and Diao,Y.(1994). Comparison of Near-field Mixing Zone Models for Multiport Diffusers in the Great Lakes, Vol.21,No.1,pp.141-155.

Winiarski,L.D and Frick,W.E.(1976). Cooling Tower Plume Model,EPA-600/3-76-100,Oregon.

Wright,S.J., Wong,D.R., Wallace,R.B and Zimmerman,K.E. (1982). Outfall Diffuser Behavior in Stratified Ambient Fluid, ASCE, Vol.108,No.HY4,pp.483-501.

Wright,S.J. ,Mangarella,P.A and Colonell,J.M.1985. Outfall Plume Dilution in Stratified Fluids, Model-Prototype Correlation of Hydraulic Structures, Proceedings of the International Symposium, Burgi,P.H.ed.,pp.148-157.

Zeilinski and Associates.(1986). Near field and Far field Tracking of the Effluent Plume for York Durham STP, Report prepared for the Great Lakes Section, Toronto.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
(Καρτέλες εισαγωγής δεδομένων)

Καρτέλα “project”

Project Pages Pre-Processing Tools Run Output Data Reports Post-Processing/Advanced Help

Load
 Clear
 Save
 Save As
 Print

SI Units
 CorSpy
 Variable & Run
 FC Tree
 CorVue
 CorJet
 PFL
 CorSens

User Manual
 CorHelp

Project
 Effluent
 Ambient
 Discharge
 Mixing Zone
 Output
 Processing
 Project Legend

Project Legend Identification

Project File Name: C:\Documents and Settings\eleni\My Documents\AB.cmx Load...

Design Case: **Customer Scenario** Site Name: AB

Prepared By: ELENI Date: 07/13/05 Today

Project Notes:

This example appears in the CORIMEX User Manual Appendix B.

- Το όνομα του αρχείου (project file name)
- Υπόθεση σχεδιασμού (design case)
- Το όνομα της περιοχής μελέτης (site name)
- Την ομάδα εργασίας
- Την ημερομηνία
- Άλλες σημειώσεις οι οποίες μπορούν να χρησιμεύσουν (project notes)

Καρτέλα “effluent”

Χρησιμοποιείται για να καθορίσει τις ιδιότητες των αποβλήτων-λυμάτων στο CORMIX. Το είδος του ρυπαντή μπορεί να είναι μια απ τις εξής πέντε κατηγορίες:

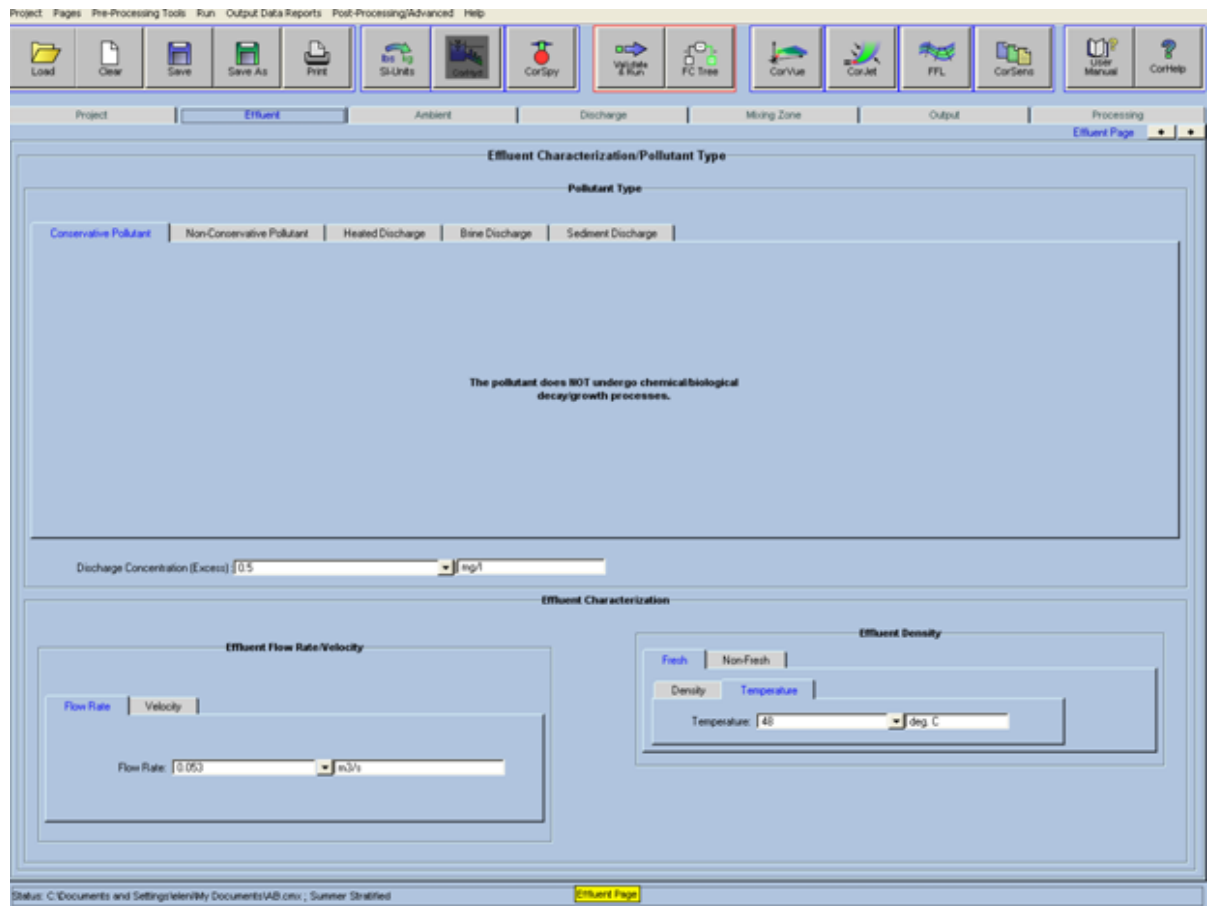
1. Conservative pollutant (συντηρητικός ρυπαντής): Ο ρύπος αυτός δεν υφίσταται καμία φθορά /διεργασίες ανάπτυξης. Συνήθως οι περισσότεροι ρυπαντές θα πρέπει να προσδιορίζονται ως συντηρητικοί.

2. Non conservative pollutant(μη συντηρητικός ρυπαντής): Ο ρύπος υφίσταται πρώτης τάξεως διαδικασία αποσύνθεσης ή ανάπτυξης. Πρέπει να διευκρινιστεί ο συντελεστής απόσβεσης (θετικός αριθμός) ή ανάπτυξης (αρνητικός αριθμός) .

3. Heated discharge: Η απορροή θα αντιμετωπίσει την απώλεια θερμότητας στην ατμόσφαιρα, σε περιπτώσεις όπου το πλούμιο έρχεται σ επαφή με την επιφάνεια του νερού. Αυτό το είδος είναι σημαντικό κυρίως για θερμικές πηγές όσον αφορά την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του πλουμίου. Είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί η κατάσταση εκροής σε περίσσεια θερμοκρασίας (ΔT) πάνω απ αυτή του περιβάλλοντος σε $^{\circ}C$, καθώς και ο συντελεστής ανταλλαγής θερμότητας σε $W/m^2, ^{\circ}C$.

4. Brine discharge(Απορροή άλμης) :Αυτός ο τύπος κατά κανόνα είναι αποτελέσματα αφαλάτωσης .Στο CORMIX ,η άλμη θεωρείται πάντοτε ότι έχει μεγαλύτερη πυκνότητα απ το περιβάλλον στο οποίο απορρίπτεται.

5. Sediment discharge(Απορροή ιζημάτων):Απορροές σχετικές με αιωρούμενα στερεά είναι συνήθως αποτέλεσμα διεργασιών στις όχθες των ποταμών .Στο CORMIX ,όλα τα λύματα στερεοπαροχής θεωρείται ότι έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη απ αυτή του περιβάλλοντος.



Για όλα τα απόβλητα ,η προέλευση και η ροή των τύπων είναι αναγκαία. Ως εκ τούτου , για τα δεδομένα του προβλήματος μας απαιτούνται τα εξής δεδομένα εισόδου:

- 1.Ο ρυθμός ροής (discharge flow rate, Q_0)
- 2.Η περίσσεια συγκέντρωση (discharge concentration)
- 3.Η θερμοκρασία (T)

Σε όλες τις περιπτώσεις ,η συγκέντρωση του ιχνηθέτη εκροής (C_0) του υλικού ενδιαφέροντος (ρύπου, ιχνηθέτη) ορίζεται ως η περίσσεια συγκέντρωση πάνω από οποιαδήποτε συγκέντρωση περιβάλλοντος του ίδιου υλικού.

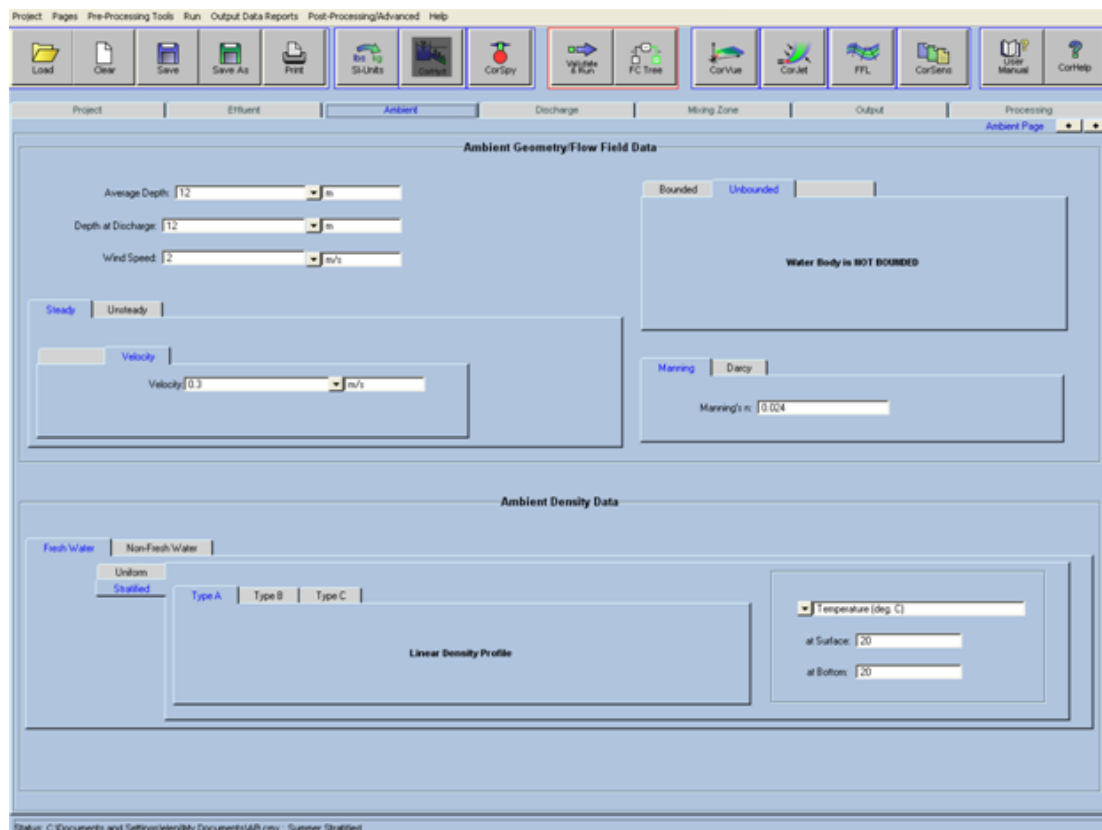
Καρτέλα “ambient”

Οι συνθήκες περιβάλλοντος καθορίζονται απ τις γεωμετρικές και υδρογραφικές συνθήκες της περιοχής απόρριψης ενός ρύπου. Στο σχήμα παρουσιάζεται η καρτέλα “ambient”.

Οι αναλύσεις στο CORMIX διεξάγονται συνήθως με την παραδοχή της συνθήκης σταθερής κατάστασης (steady state) του περιβάλλοντος. Παρά το γεγονός ότι το πραγματικό περιβάλλον δεν είναι ποτέ πραγματικά σε σταθερή κατάσταση , η υπόθεση αυτή είναι συνήθως επαρκής δεδομένου ότι οι διαδικασίες ανάμιξης είναι αρκετά γρήγορες σε σχέση με τη χρονική κλίμακα των υδρογραφικών διακυμάνσεων.

Στη καρτέλα αυτή για τα δεδομένα της εφαρμογής απαιτούνται τα εξής δεδομένα εισόδου:

- 1.Εάν ο υδάτινος αποδέκτης είναι περιορισμένος ή όχι;
- 2.Ορίζεται ο συντελεστής manning
- 3.Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως το βάθος στο σημείο εκροής (depth at discharge), η ταχύτητα του ανέμου(wind speed)
- 4.Οι συνθήκες ροής, δηλαδή εάν έχουμε steady state ή unsteady. Καθορίζεται επίσης η ταχύτητα εκροής (velocity)
- 5.Καθορίζεται η στρωματοποίηση πχ stratified type A και η θερμοκρασία T του υδάτινου αποδέκτη (at bottom= 20^0C ,at surface= 20^0C)



Καρτέλα “discharge”

Στην καρτέλα αυτή και για τα δεδομένα του προβλήματος μας απαιτούνται τα εξής δεδομένα εισόδου:

1. Το είδος του υποπρογράμματος CORMIX που θα χρησιμοποιηθεί το οποίο εξαρτάται απ το είδος του διαχυτή → πχ **CORMIX1-Single Port**

2. Τα χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου διαχυτή ή της θέσης του όπως :

- Η τοποθεσία της κοντινότερης όχθης (nearest bank)
- Η απόσταση του διαχυτή απ τη κοντινότερη όχθη
- Η διάμετρος (port diameter) του διαχυτή
- Η κατακόρυφη γωνία του ακροφυσίου (THETA)
- Η οριζόντια γωνία του ακροφυσίου (SIGMA)
- Η απόσταση του ακροφυσίου απ τον πυθμένα (Port Ht above channel btm)

Project Pages Pre-Processing Tools Run Output Data Reports Post-Processing/Advanced Help

Load Clear Save Save As Print Run to SI Units CorSpay Visualize & Run FC Tree CarVue CorJet PFL CorSense User Manual CorHelp

Project Effluent Ambient Discharge Mixing Zone Output Processing Discharge Page

Discharge Geometry Data

CORMEC1 Single Port CORMEC2 Multiport CORMEC3 Surface

Single Port Discharge

Nearest bank is on the: Vertical Angle THETA: degrees

Distance to nearest bank: m Horizontal Angle SIGMA: degrees

Port Specification

Port Diameter Port Area

Port Diameter: m

Select Offshore Discharge Configuration

Submerged Above Surface

Submerged Offshore Discharge Configuration

Port Ht. Above Channel (Btm): m

Status: C:\Documents and Settings\nterlilly\My Documents\IAB.cmis; Summer Stratified

Καρτέλα “Mixing zone”

Στην καρτέλα “Mixing zone” εισάγουμε δεδομένα που αφορούν τη ζώνη ανάμειξης. Στο σχήμα παρουσιάζεται η καρτέλα “Mixing zone”

Project Pages Pre-Processing Tools Run Output Data Reports Post-Processing/Advanced Help

Load Clear Save Save As Print Run to SI Units CorSpay Visualize & Run FC Tree CarVue CorJet PFL CorSense User Manual CorHelp

Project Effluent Ambient Discharge Mixing Zone Output Processing Mixing Zone Page

Mixing Zone Specification

Note: Concentration units are set in the Discharge Concentration field on the Effluent page.

Non Toxic Effluent Toxic Effluent

CMC - Criterion Maximum Concentration (Excess): mg/l

CCC - Criterion Continuous Concentration (Excess): mg/l

CCC will also be used for the Concentration for the WQ Standard.

Mixing Zone Specified No Mixing Zone Specified

Distance Width Area Trajectory

Mixing Zone Specified as a plume width

Width: m

Region of Interest: m

Output Steps per Module:

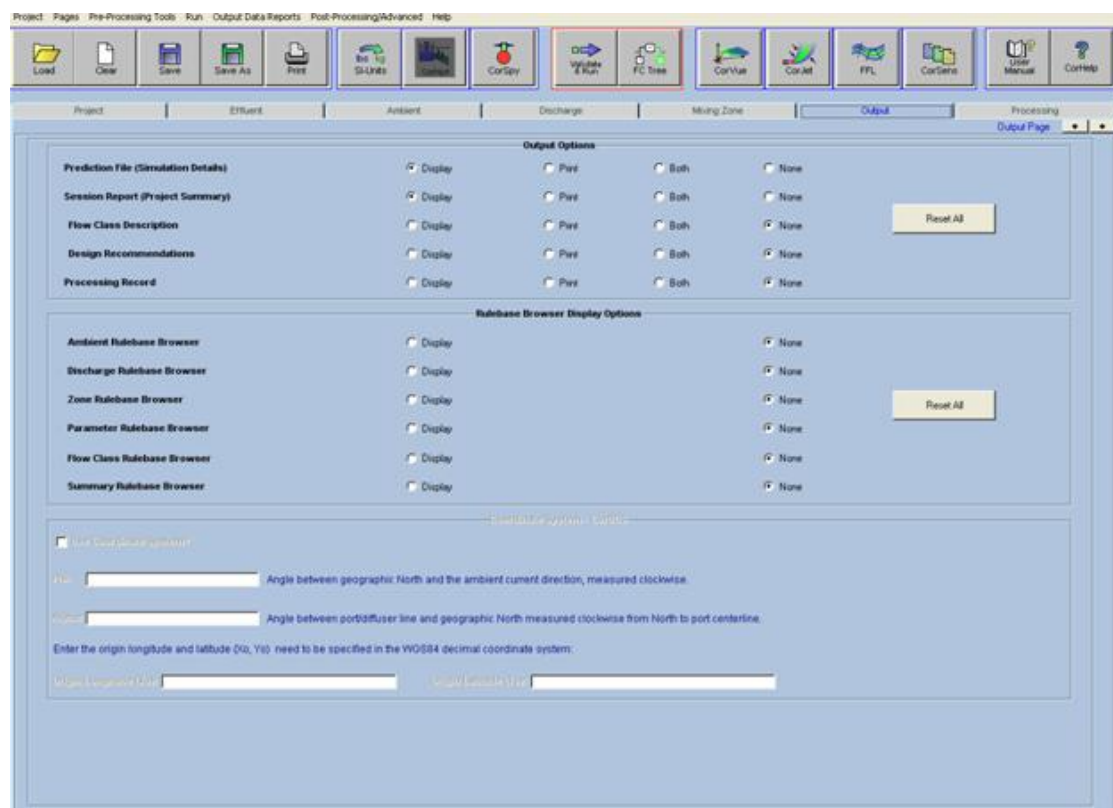
Status: C:\Documents and Settings\nterlilly\My Documents\IAB.cmis; Summer Stratified

Στην καρτέλα αυτή και για τα δεδομένα του προβλήματος μας ορίζουμε τα εξής:

- Το κριτήριο μέγιστης συγκέντρωσης (CMC)
- Το κριτήριο συνεχούς συγκέντρωσης (CCC)
- Καθορίζουμε τη ζώνη ανάμιξης το πλάτος, την περιοχή ενδιαφέροντος στην οποία επιθυμούμε να μελετήσουμε τις συνθήκες ανάμειξης και τη συμπεριφορά του πλουμίου

Καρτέλα “output control”

Στη καρτέλα output control ορίζουμε τα αρχεία των αποτελεσμάτων που θέλουμε να παρουσιαστούν. Στο σχήμα παρουσιάζεται η καρτέλα “output control”

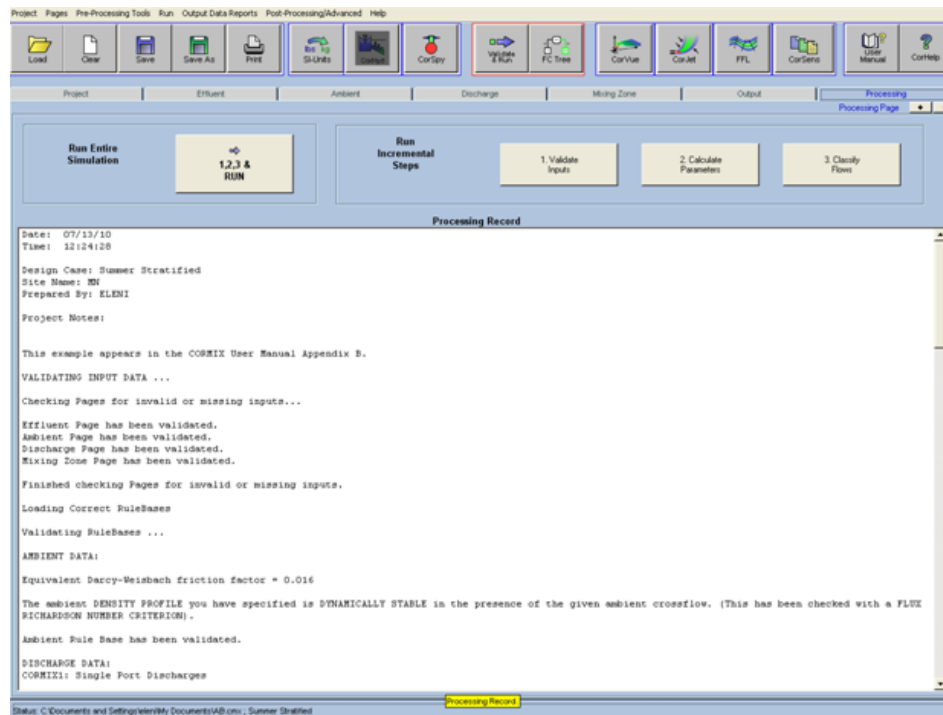


Ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει ή να εκτυπώσει τα εξής αρχεία τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα III:

1. Prediction files(fn.prd)→ αρχεία πρόβλεψης
2. Session report(fn.ses)→ αναφορά έκθεσης
3. Flow class description(fn.flw)→ περιγραφή κατάταξης ροής
4. Design recommendations(fn.rec)→ προτάσεις σχεδιασμού
5. Processing record(fn.jrn)→ επεξεργασία εγγράφων

Καρτέλα “processing”

Στην καρτέλα αυτή δίνεται η δυνατότητα έναρξης της προσομοίωσης μέσω του προγράμματος CORMIX 1. Στο σχήμα παρουσιάζεται η καρτέλα “processing”.



CORMIX 2

Καρτέλα “effluent”

Project: Pages: Pre-Processing Tools: Run: Output Data Reports: Post-Processing/Advanced: Help

Load Clear Save Save As Print

ISI-1g SI-Units CorSpy Validate & Run FC Tree CorVue CorJet PFL CorSense User Manual CorHelp

Project: Effluent Ambient Discharge Mixing Zone Output Processing

Effluent Page

Effluent Characterization/Pollutant Type

Pollutant Type

Conservative Pollutant Non-Conservative Pollutant Heated Discharge Bine Discharge Sediment Discharge

The pollutant does NOT undergo chemical/biological decay/growth processes.

Discharge Concentration (Excess): 0.5 mg/l

Effluent Characterization

Effluent Flow Rate/Velocity

Flow Rate Velocity

Flow Rate: 0.053 m³/s

Effluent Density

Fresh Non-Fresh

Density Temperature

Temperature: 48 deg. C

Status: C:\Documents and Settings\eleni\My Documents\IAB.cmx; Summer Stratified

Effluent Page

Για όλα τα απόβλητα ,η προέλευση και η ροή των τύπων είναι αναγκαία. Ως εκ τούτου , για τα δεδομένα του προβλήματος μας απαιτούνται τα εξής δεδομένα εισόδου:

- 1.Ο ρυθμός ροής (discharge flow rate, Q_0)
- 2.Η πυκνότητα (discharge density) ή η θερμοκρασία εκροής (discharge Temperature)
- 3.Η συγκέντρωση (discharge density) του υλικού ενδιαφέροντος

Σε όλες τις περιπτώσεις ,η συγκέντρωση του ιχνηθέτη εκροής (C_0) του υλικού ενδιαφέροντος (ρύπου, ιχνηθέτη) ορίζεται ως η περίσσεια συγκέντρωση πάνω από οποιαδήποτε ατμοσφαιρική συγκέντρωση περιβάλλοντος του ίδιου υλικού. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει την ποσότητα αυτή σε μονάδες συγκέντρωσης (πχ mg/l, ppm,%,C). Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, είναι σκόπιμο να υποτεθεί ότι $C_0=100\%$

Καρτέλα “ambient”

Οι συνθήκες περιβάλλοντος καθορίζονται απ τις γεωμετρικές και υδρογραφικές συνθήκες της περιοχής απόρριψης ενός ρύπου. Στο σχήμα παρουσιάζεται η καρτέλα “ambient”.

Οι αναλύσεις στο CORMIX διεξάγονται συνήθως με την παραδοχή της συνθήκης σταθερής κατάστασης (steady state) του περιβάλλοντος. Παρά το γεγονός ότι το πραγματικό περιβάλλον δεν είναι ποτέ πραγματικά σε σταθερή κατάσταση , η υπόθεση αυτή είναι συνήθως επαρκής δεδομένου ότι οι διαδικασίες ανάμιξης είναι αρκετά γρήγορες σε σχέση με τη χρονική κλίμακα των υδρογραφικών διακυμάνσεων.

Το CORMIX προϋποθέτει ότι η πραγματική διατομή του υδάτινου περιβάλλοντος περιγράφεται από ένα ορθογώνιο κανάλι που μπορεί να περιορίζεται πλευρικά (bounded) ή όχι (unbounded). Επιπλέον , το κανάλι υποτίθεται ότι είναι ομοιόμορφο ως προς τη κατάντη κατεύθυνση , ακολουθώντας τη μέση ροή του πραγματικού υδατικού συστήματος που μπορεί να είναι ανομοιόμορφη ή μαιανδρική.

Το πρώτο βήμα προσδιορισμού των συνθηκών του περιβάλλοντος είναι να καθοριστεί αν ο υδάτινος αποδέκτης θα πρέπει να θεωρηθεί περιορισμένος (bounded) ή μη περιορισμένος (unbounded).

Για να γίνει αυτό καθώς και για να απαντηθούν άλλες ερωτήσεις σχετικά με τη γεωμετρία του περιβάλλοντος ,είναι αναγκαίο να υπάρχει πρόσβαση σε διαγράμματα εγκάρσιων διατομών της υδάτινης μάζας. Αυτά τα διαγράμματα πρέπει να δείχνουν την περιοχή στη κατεύθυνση της ροής , στο σημείο εκροής και σε περαιτέρω τοποθεσίες κατάντη. Εάν ο υδάτινος αποδέκτης περιορίζεται στις δύο πλευρές από όχθες , όπως σε ποτάμια , ρέματα ,εκβολές ποταμών και άλλα στενά υδάτινα ρεύματα, τότε θα πρέπει να θεωρείται «περιορισμένος».

Στη καρτέλα αυτή για τα δεδομένα της εφαρμογής απαιτούνται τα εξής δεδομένα εισόδου:

- 1.Εάν ο υδάτινος αποδέκτης είναι περιορισμένος ή όχι; Εάν είναι ορίζεται το πλάτος περιορισμού και η μορφή του υδάτινου αποδέκτη
- 2.Ορίζεται ο συντελεστής Manning
- 3.Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως το βάθος στο σημείο εκροής (depth at discharge), η ταχύτητα του ανέμου(wind speed)
- 4.Οι συνθήκες ροής, δηλαδή εάν έχουμε steady state ή unsteady. Καθορίζεται επίσης η ταχύτητα εκροής (velocity)
- 5.Τα δεδομένα πυκνότητας εάν ο υδάτινος αποδέκτης είναι καθαρός (fresh water) ή όχι (non fresh water). Καθορίζεται είτε η θερμοκρασία (temperature) του υδάτινου αποδέκτη είτε η πυκνότητά (density) του.

The screenshot shows the CORMIX software interface. The top menu bar includes: Project, Pages, Pre-Processing Tools, Run, Output Data Reports, Post-Processing/Advanced, and Help. Below the menu is a toolbar with icons for Load, Clear, Save, Save As, Print, and various analysis tools like 3D To 2D, 2D To 3D, CorSpy, Validate & Run, PC Tree, CorVue, CorJet, FFL, CorSens, and User Manual. The main window has tabs for Project, Effluent, Ambient (selected), Discharge, Mixing Zone, Output, and Processing. The 'Ambient' tab is active, showing the 'Ambient Geometry/Flow Field Data' section. This section includes input fields for Average Depth (5 m), Depth at Discharge (5 m), and Wind Speed (2 m/s). There are tabs for Bounded and Unbounded (selected), with a message 'Water Body is NOT BOUNDED'. Below these are tabs for Steady and Unsteady, and a Velocity input field (0.2 m/s). The 'Ambient Density Data' section has tabs for Fresh Water and Non-Fresh Water, with sub-tabs for Uniform and Stratified (selected). It includes a Linear Density Profile plot area and a Temperature (deg. C) input field with values at Surface (18) and at Bottom (15).

Καρτέλα “discharge”

Ένα διαχυτήρας πολλαπλών εξόδων είναι μια γραμμική διάταξη που αποτελείται από πολλές εξόδους ή ακροφύσια με μεγάλη ταχύτητα έναν ρύπο στον περιβάλλον υδάτινο αποδέκτη. Αυτά τα λιμάνια ή ακροφύσια μπορεί να είναι συνδεδεμένα κάθετα με ένα υπόγειο σωλήνα, τούνελ, ή μπορεί απλά να είναι ανοίγματα σε ένα σωλήνα που βρίσκεται από κάτω.

Στην καρτέλα αυτή και για τα δεδομένα του προβλήματος μας απαιτούνται τα εξής δεδομένα εισόδου:

1. Το είδος του υποπρογράμματος CORMIX που θα χρησιμοποιηθεί το οποίο εξαρτάται από το είδος του διαχυτή

2. Τα χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου διαχυτή ή της θέσης του όπως :

- Η τοποθεσία της κοντινότερης όχθης (nearest bank)
- Το μήκος του διαχυτήρας (diffuser length) δηλαδή η απόσταση μεταξύ της πρώτης εξόδου –ακροφυσίου με τη τελευταία
- Η απόσταση μέχρι το πρώτο άκρο (dist. to 1st endpoint) και η απόσταση μέχρι το δεύτερο άκρο (dist to 2nd endpoint)
- Το ύψος (Port height) και η διάμετρος (Port diameter) της εξόδου – ακροφυσίου
- Ο λόγος συστολής (contraction ratio) της εξόδου-ακροφυσίου
- Ο αριθμός των ακροφυσίων-ανοιγμάτων (total of openings)

- Η μέση γωνία ευθυγράμμισης (Alignment Ang. Gamma), δηλαδή η γωνία του διαχυτήρα σε σχέση με τη κατεύθυνση της ροής του υδάτινου αποδέκτη
- Ο σχετικός προσανατολισμός (Relative orientation –BETA), δηλαδή η γωνία των εξόδων του διαχυτήρα σε σχέση με τον άξονά του
- Η κατεύθυνση του ακροφυσίου (nozzle direction)

Καρτέλα “Mixing zone”

Στην καρτέλα “Mixing zone” εισάγουμε δεδομένα που αφορούν τη ζώνη ανάμειξης.

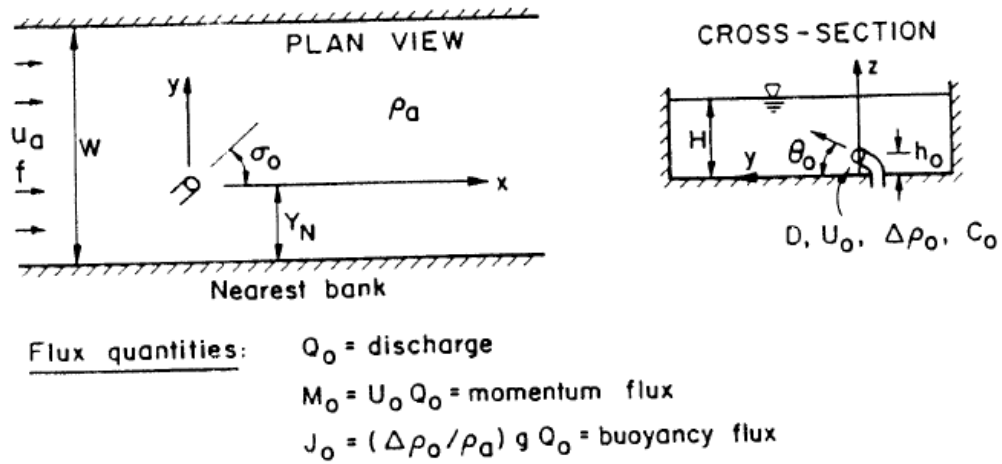
Στην καρτέλα αυτή και για τα δεδομένα του προβλήματος μας ορίζουμε τα εξής:

- Τη ζώνη ανάμειξης εκφρασμένη ως πλούμιο με κάποιο πλάτος.
- Την περιοχή ενδιαφέροντος (region of interest) στην οποία επιθυμούμε να μελετήσουμε τις συνθήκες ανάμειξης και τη συμπεριφορά του πλουμίου.

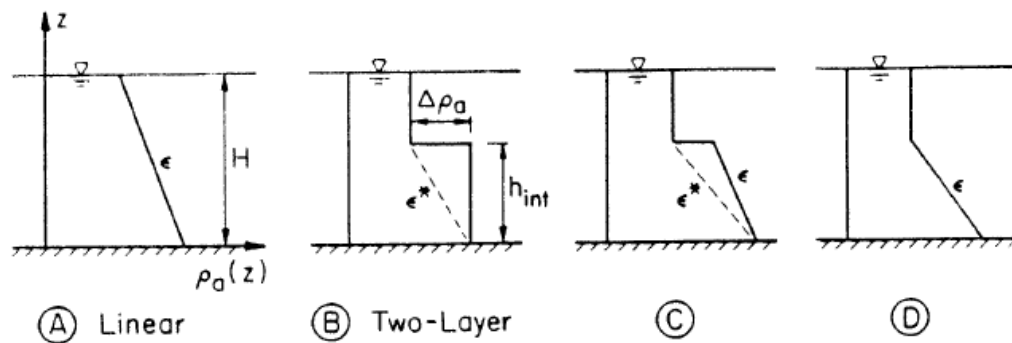
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II
(ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ)

- ΓΙΑ CORMIX1

A) Διάγραμμα προσδιορισμού γεωμετρίας για απόρριψη μιας θύρας (EPA,1990).

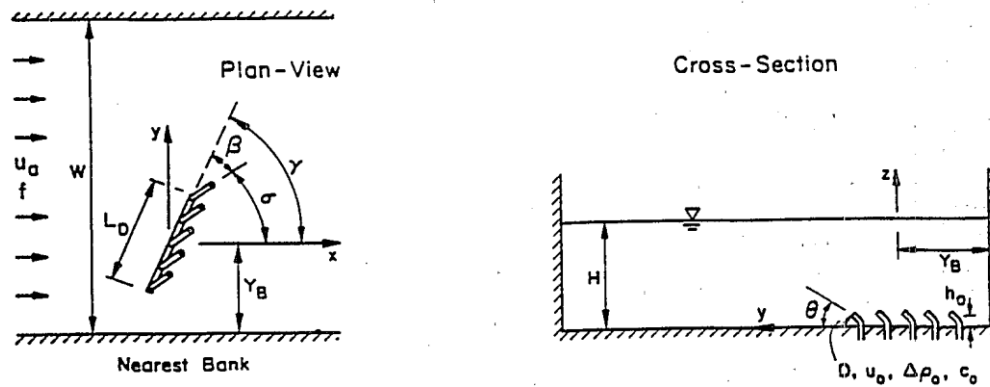


B) Προφίλ πυκνότητας (τέσσερα είδη στρωματοποίησης) (EPA,1990).

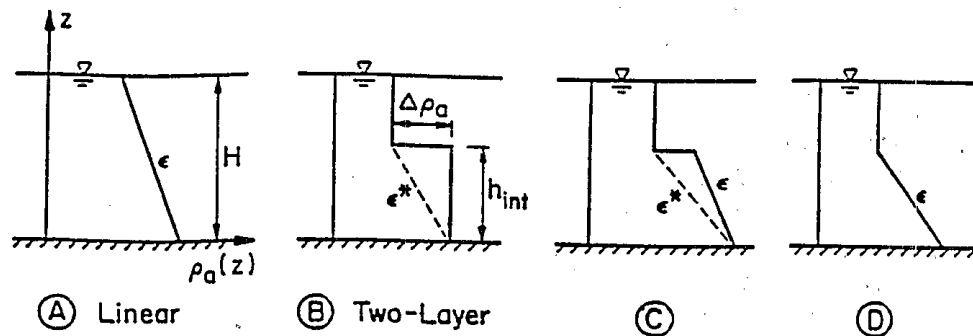


- ΓΙΑ CORMIX2

A) Διάγραμμα προσδιορισμού γεωμετρίας για διαχυτήρα πολλαπλών θυρών απόρριψης (EPA,1991).



B) Προφίλ πυκνότητας(τέσσερα είδη στρωματοποίησης) (EPA,1991).



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ
(Αρχεία προσομοίωσης CORMIX1,2)

Cormix1

-Εφαρμογή AB chemical company

CORMIX SESSION REPORT:

XX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO1:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL: AB

DESIGN CASE: 1

FILE NAME: C:\Documents and Settings\eleni\My Documents\AB.prd

Using subsystem CORMIX1: Single Port Discharges

Start of session: 10/01/2010--19:28:47

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 12 m

Depth at discharge HD = 12 m

Ambient velocity UA = 0.3 m/s

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0198

Calculated from Manning's n = 0.024

Wind velocity UW = 2 m/s

Stratification Type STRCND = U

Surface temperature = 20 degC

Bottom temperature = 20 degC

Calculated FRESH-WATER DENSITY values:

Surface density RHOAS = 998.2051 kg/m³

Bottom density RHOAB = 998.2051 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Single Port Discharge

Nearest bank = left

Distance to bank DISTB = 37.5 m

Port diameter D0 = 0.15 m

Port cross-sectional area A0 = 0.0177 m²

Discharge velocity U0 = 3.00 m/s

Discharge flowrate Q0 = 0.053 m³/s

Discharge port height H0 = 0.4 m

Vertical discharge angle THETA = 0 deg

Horizontal discharge angle SIGMA = 90 deg

Discharge temperature (freshwater) = 48 degC

Corresponding density RHO0 = 988.9288 kg/m³

Density difference DRHO = 9.2763 kg/m³

Buoyant acceleration GP0 = 0.0911 m/s²

Discharge concentration C0 = 0.5 mg/l

Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s

Coefficient of decay KD = 0 /s

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.13 m Lm = 1.33 m Lb = 0.18 m

LM = 3.62 m Lm' = 99999 m Lb' = 99999 m

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number FR0 = 25.65

Velocity ratio R = 10.00

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = yes

CMC concentration CMC = 0.025 mg/l

CCC concentration CCC = 0.025 mg/l

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = width

Regulatory mixing zone value = 230 m (m² if area)

Region of interest = 3000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = H1A3 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 12 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

37.5 m from the left bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 0.001 \text{ mg/l}$

Dilution at edge of NFR $s = 480.8$

NFR Location: $x = 79.09 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 6.62 \text{ m}$

$z = 12 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 6.52 m

thickness (bv) = 6.52 m

Cumulative travel time: 235.1008 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Benthic attachment:

For the present combination of discharge and ambient conditions, the discharge plume becomes attached to the channel bottom within the NFR immediately following the efflux. High benthic concentrations may occur.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed at 1475.96 m downstream.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 568.62 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

Recall: The TDZ corresponds to the three (3) criteria issued in the USEPA

Technical Support Document (TSD) for Water Quality-based Toxics Control,

1991 (EPA/505/2-90-001).

Criterion maximum concentration (CMC) = 0.025 mg/l

Corresponding dilution = 20

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location: x = 8.30 m

(centerline coordinates) y = 5.25 m

z = 0.41 m

Plume dimension: half-width (bh) = 0.17 m

thickness (bv) = 0.17 m

Computed distance from port opening to CMC location = 9.81 m.

CRITERION 1: This location is beyond 50 times the discharge length scale of

$L_q = 0.13$ m.

+++++ The discharge length scale TEST for the TDZ has FAILED. ++++++

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 9.81 m.

CRITERION 2: This location is within 5 times the ambient water depth of

HD = 12 m.

+++++ The ambient depth TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

CRITERION 3: An RMZ was specified but its boundary was not encountered

within the predicted plume region. Therefore, the Regulatory Mixing

zone test for the TDZ cannot be applied.

The diffuser discharge velocity is equal to 3.00 m/s.

This is below the value of 3.0 m/s recommended in the TSD.

*** This discharge DOES NOT SATISFY all three CMC criteria for the TDZ. ***

**** This MAY be caused by the low discharge velocity for this design. ****

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX1: Single Port Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO1 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label: AB

Design case: 1

FILE NAME: C:\Documents and Settings\eleni\My Documents\AB.prd

Time stamp: Fri Oct 1 19:28:47 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 12.00 HD = 12.00

UA = 0.300 F = 0.020 USTAR=0.1491E-01

UW = 2.000 UWSTAR=0.2198E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 998.2051

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = LEFT DISTB = 37.50

D0 = 0.150 A0 = 0.018 H0 = 0.40 SUB0 = 11.60

THETA = 0.00 SIGMA = 90.00

U0 = 2.999 Q0 = 0.053 =0.5300E-01

RHO0 = 988.9288 DRHO0 =0.9276E+01 GP0 =0.9113E-01

C0 =0.5000E+00 CUNITS= mg/l

IPOLL = 1 KS =0.0000E+00 KD =0.0000E+00

FLUX VARIABLES (metric units)

Q0 =0.5300E-01 M0 =0.1590E+00 J0 =0.4830E-02 SIGNJ0= 1.0

Associated length scales (meters)

$$\text{LQ} = 0.13 \quad \text{LM} = 3.62 \quad \text{Lm} = 1.33 \quad \text{Lb} = 0.18$$

Lmp = 99999.00 Lbp = 99999.00

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

$$\text{FR0} = 25.65 \text{ R} = 10.00$$

FLOW CLASSIFICATION

111

1 Flow class (CORMIX1) = H1A3 1

1 Applicable layer depth HS = 12.00 1

111

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

C0 =0.5000E+00 CUNITS= mg/l

NTOX = 1 CMC = 0.2500E-01 CCC = CSTD

NSTD = 1 CSTD =0.2500E-01

REGMZ = 1

REGSPC= 2 XREG = 0.00 WREG = 230.00 AREG = 0.00

XINT = 3000.00 XMAX = 3000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and below the center of the port:

37.50 m from the LEFT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE

COANDA ATTACHMENT immediately following the discharge.

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.500E+00	0.11	2.999	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet/plume transition motion in strong crossflow.

Bottom-attached jet motion.

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

Half wall jet, attached to bottom.

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.500E+00	0.08	2.999	.34212E-02
0.00	0.18	0.00	1.0	0.500E+00	0.10	2.999	.38653E-01
0.02	0.40	0.00	1.0	0.500E+00	0.12	2.999	.92785E-01
0.04	0.60	0.00	1.2	0.434E+00	0.15	2.999	.15296E+00

0.06	0.77	0.00	1.3	0.375E+00	0.17	2.603	.21649E+00
0.10	0.97	0.00	1.5	0.323E+00	0.19	2.224	.29808E+00
0.15	1.18	0.00	1.8	0.277E+00	0.22	1.887	.40217E+00
0.21	1.37	0.00	2.1	0.243E+00	0.25	1.632	.51087E+00
0.29	1.56	0.00	2.3	0.214E+00	0.28	1.414	.63414E+00
0.37	1.74	0.00	2.6	0.189E+00	0.31	1.226	.77317E+00
0.46	1.91	0.00	3.0	0.167E+00	0.35	1.063	.92920E+00
0.57	2.08	0.00	3.4	0.149E+00	0.38	0.922	.11034E+01
0.69	2.25	0.00	3.8	0.133E+00	0.41	0.801	.12968E+01
0.81	2.40	0.00	4.2	0.119E+00	0.45	0.697	.15100E+01
0.95	2.54	0.00	4.7	0.107E+00	0.49	0.610	.17434E+01
1.09	2.68	0.00	5.1	0.971E-01	0.52	0.535	.19970E+01
1.24	2.81	0.00	5.6	0.885E-01	0.56	0.473	.22703E+01
1.40	2.93	0.00	6.2	0.812E-01	0.59	0.421	.25627E+01
1.57	3.05	0.00	6.7	0.749E-01	0.62	0.376	.28731E+01
1.73	3.16	0.00	7.2	0.695E-01	0.65	0.339	.32006E+01
1.90	3.26	0.00	7.7	0.652E-01	0.68	0.311	.35089E+01

Cumulative travel time = 3.5089 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD152: LIFT OFF/FALL DOWN

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Inflow (attached) and outflow (free) conditions:

X	Y	Z	S	C	B	TT
1.90	3.26	0.00	7.7	0.652E-01	0.68	.35089E+01
3.09	3.93	0.00	7.7	0.652E-01	0.48	.63898E+01

Cumulative travel time = 6.3898 sec

END OF MOD152: LIFT OFF/FALL DOWN

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet/plume transition motion in strong crossflow.

Plume-like motion after lift off/fall down.

The WIDTH PREDICTION B in the first entry below may exhibit some mismatch

(up to a factor of 1.5) relative to the last entry of the previous module.

This is unavoidable due to differences in the width definitions.

The actual physical transition will be smoothed out.

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
3.09	3.93	0.00	7.7	0.652E-01	0.38	0.433	.65618E+01

6.39 4.95 0.20 15.1 0.331E-01 0.71 0.136 .13555E+02

**** CMC HAS BEEN FOUND ****

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.250E-01
in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

****WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND****

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard
or CCC value of 0.250E-01 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality
standard or CCC value.

9.81	5.42	0.61	23.9	0.209E-01	0.92	0.090	.22195E+02
13.25	5.71	1.09	33.3	0.150E-01	1.10	0.070	.31488E+02
16.80	5.92	1.61	44.0	0.114E-01	1.27	0.058	.41506E+02
20.24	6.05	2.12	55.1	0.908E-02	1.43	0.049	.51459E+02
23.69	6.16	2.62	66.9	0.747E-02	1.58	0.044	.61606E+02
27.13	6.24	3.12	79.4	0.630E-02	1.72	0.039	.71903E+02
30.69	6.30	3.62	92.9	0.538E-02	1.87	0.035	.82680E+02
34.14	6.35	4.09	106.5	0.470E-02	2.00	0.032	.93195E+02
37.59	6.40	4.55	120.5	0.415E-02	2.14	0.030	.10379E+03
41.04	6.43	5.00	135.0	0.370E-02	2.26	0.028	.11445E+03
44.61	6.46	5.45	150.5	0.332E-02	2.39	0.026	.12554E+03
48.07	6.49	5.88	165.8	0.302E-02	2.51	0.025	.13632E+03
51.52	6.51	6.30	181.4	0.276E-02	2.63	0.023	.14713E+03
54.98	6.53	6.71	197.5	0.253E-02	2.74	0.022	.15799E+03
58.55	6.55	7.13	214.4	0.233E-02	2.86	0.021	.16925E+03
62.01	6.57	7.53	231.0	0.216E-02	2.97	0.020	.18017E+03
65.47	6.58	7.93	248.0	0.202E-02	3.08	0.019	.19112E+03
68.92	6.59	8.31	265.2	0.189E-02	3.19	0.019	.20209E+03
72.50	6.60	8.70	282.9	0.177E-02	3.29	0.018	.21315E+03

Cumulative travel time = 213.1476 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B	TT
72.50	6.60	8.70	282.9	0.177E-02	3.29	.21315E+03

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
69.21	6.60	12.00	282.9	0.177E-02	0.00	0.00	12.00	12.00	.21315E+03
70.20	6.60	12.00	282.9	0.177E-02	4.10	2.06	12.00	7.90	.21315E+03
71.19	6.60	12.00	282.9	0.177E-02	4.86	2.91	12.00	7.14	.21315E+03
72.17	6.60	12.00	282.9	0.177E-02	5.35	3.57	12.00	6.65	.21315E+03
73.16	6.61	12.00	290.6	0.172E-02	5.71	4.12	12.00	6.29	.21534E+03
74.15	6.61	12.00	326.6	0.153E-02	5.98	4.61	12.00	6.02	.21864E+03
75.14	6.61	12.00	376.4	0.133E-02	6.18	5.05	12.00	5.82	.22193E+03
76.12	6.61	12.00	421.8	0.119E-02	6.33	5.45	12.00	5.67	.22522E+03

77.11	6.61	12.00	453.0	0.110E-02	6.44	5.83	12.00	5.56	.22851E+03
78.10	6.61	12.00	469.8	0.106E-02	6.50	6.18	12.00	5.50	.23181E+03
79.09	6.62	12.00	480.8	0.104E-02	6.52	6.52	12.00	5.48	.23510E+03

Cumulative travel time = 235.1008 sec

END OF MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

BEGIN MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
79.09	6.62	12.00	480.8	0.104E-02	6.52	6.52	12.00	5.48	.23510E+03
103.57	6.62	12.00	517.6	0.966E-03	5.44	8.41	12.00	6.56	.31669E+03
128.04	6.62	12.00	549.7	0.910E-03	4.80	10.11	12.00	7.20	.39828E+03
152.52	6.62	12.00	580.6	0.861E-03	4.39	11.68	12.00	7.61	.47987E+03
176.99	6.62	12.00	611.8	0.817E-03	4.11	13.15	12.00	7.89	.56145E+03
201.47	6.62	12.00	644.4	0.776E-03	3.92	14.54	12.00	8.08	.64304E+03
225.95	6.62	12.00	679.2	0.736E-03	3.78	15.86	12.00	8.22	.72463E+03

250.42	6.62	12.00	716.6	0.698E-03	3.69	17.14	12.00	8.31	.80622E+03
274.90	6.62	12.00	757.0	0.661E-03	3.64	18.36	12.00	8.36	.88781E+03
299.38	6.62	12.00	800.8	0.624E-03	3.62	19.55	12.00	8.38	.96939E+03
323.85	6.62	12.00	848.2	0.590E-03	3.62	20.70	12.00	8.38	.10510E+04
348.33	6.62	12.00	899.4	0.556E-03	3.64	21.82	12.00	8.36	.11326E+04
372.81	6.62	12.00	954.7	0.524E-03	3.68	22.91	12.00	8.32	.12142E+04
397.28	6.62	12.00	1014.2	0.493E-03	3.74	23.98	12.00	8.26	.12957E+04
421.76	6.62	12.00	1078.1	0.464E-03	3.81	25.02	12.00	8.19	.13773E+04
446.24	6.62	12.00	1146.5	0.436E-03	3.89	26.05	12.00	8.11	.14589E+04
470.71	6.62	12.00	1219.6	0.410E-03	3.98	27.05	12.00	8.02	.15405E+04
495.19	6.62	12.00	1297.5	0.385E-03	4.09	28.03	12.00	7.91	.16221E+04
519.66	6.62	12.00	1380.3	0.362E-03	4.20	29.00	12.00	7.80	.17037E+04
544.14	6.62	12.00	1468.1	0.341E-03	4.33	29.95	12.00	7.67	.17853E+04
568.62	6.62	12.00	1561.0	0.320E-03	4.46	30.89	12.00	7.54	.18669E+04

Cumulative travel time = 1866.8638 sec

Plume is ATTACHED to LEFT bank/shore.

Plume width is now determined from LEFT bank/shore.

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
568.62	37.50	12.00	1561.0	0.320E-03	4.46	61.77	12.00	7.54	.18669E+04
588.58	37.50	12.00	1635.1	0.306E-03	4.62	62.53	12.00	7.38	.19334E+04
608.55	37.50	12.00	1710.9	0.292E-03	4.78	63.28	12.00	7.22	.20000E+04
628.52	37.50	12.00	1788.6	0.280E-03	4.94	64.02	12.00	7.06	.20665E+04
648.48	37.50	12.00	1868.2	0.268E-03	5.10	64.76	12.00	6.90	.21331E+04
668.45	37.50	12.00	1949.6	0.256E-03	5.26	65.50	12.00	6.74	.21996E+04
688.42	37.50	12.00	2032.8	0.246E-03	5.42	66.23	12.00	6.58	.22662E+04

708.38	37.50	12.00	2118.0	0.236E-03	5.59	66.96	12.00	6.41	.23327E+04
728.35	37.50	12.00	2205.0	0.227E-03	5.76	67.69	12.00	6.24	.23993E+04
748.32	37.50	12.00	2293.9	0.218E-03	5.92	68.41	12.00	6.08	.24659E+04
768.28	37.50	12.00	2384.7	0.210E-03	6.09	69.13	12.00	5.91	.25324E+04
788.25	37.50	12.00	2477.4	0.202E-03	6.27	69.84	12.00	5.73	.25990E+04
808.21	37.50	12.00	2572.1	0.194E-03	6.44	70.55	12.00	5.56	.26655E+04
828.18	37.50	12.00	2668.7	0.187E-03	6.62	71.26	12.00	5.38	.27321E+04
848.15	37.50	12.00	2767.2	0.181E-03	6.79	71.96	12.00	5.21	.27986E+04
868.11	37.50	12.00	2867.7	0.174E-03	6.97	72.66	12.00	5.03	.28652E+04
888.08	37.50	12.00	2970.1	0.168E-03	7.15	73.36	12.00	4.85	.29317E+04
908.05	37.50	12.00	3074.5	0.163E-03	7.34	74.05	12.00	4.66	.29983E+04
928.01	37.50	12.00	3180.9	0.157E-03	7.52	74.74	12.00	4.48	.30648E+04
947.98	37.50	12.00	3289.3	0.152E-03	7.70	75.43	12.00	4.30	.31314E+04
967.95	37.50	12.00	3399.7	0.147E-03	7.89	76.11	12.00	4.11	.31980E+04

Cumulative travel time = 3197.9604 sec

END OF MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

BEGIN MOD161: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

Vertical diffusivity (initial value) = 0.358E-01 m²/s

Horizontal diffusivity (initial value) = 0.484E+00 m²/s

Profile definitions:

BV = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) thickness, measured vertically

= or equal to layer depth, if fully mixed

BH = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) half-width,

measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
967.95	37.50	12.00	3399.7	0.147E-03	7.89	76.11	12.00	4.11	.31980E+04
1069.55	37.50	12.00	3901.8	0.128E-03	8.67	79.52	12.00	3.33	.35366E+04
1171.15	37.50	12.00	4453.6	0.112E-03	9.48	82.97	12.00	2.52	.38753E+04
1272.75	37.50	12.00	5052.7	0.990E-04	10.32	86.48	12.00	1.68	.42140E+04
1374.36	37.50	12.00	5696.3	0.878E-04	11.18	90.03	12.00	0.82	.45527E+04

Plume interacts with BOTTOM.

The passive diffusion plume becomes VERTICALLY FULLY MIXED within this prediction interval.

1475.96	37.50	12.00	6359.8	0.786E-04	12.00	93.63	12.00	0.00	.48913E+04
1577.56	37.50	12.00	6607.5	0.757E-04	12.00	97.28	12.00	0.00	.52300E+04
1679.16	37.50	12.00	6858.4	0.729E-04	12.00	100.97	12.00	0.00	.55687E+04
1780.77	37.50	12.00	7112.3	0.703E-04	12.00	104.71	12.00	0.00	.59074E+04
1882.37	37.50	12.00	7369.3	0.678E-04	12.00	108.49	12.00	0.00	.62460E+04
1983.97	37.50	12.00	7629.3	0.655E-04	12.00	112.32	12.00	0.00	.65847E+04
2085.58	37.50	12.00	7892.3	0.634E-04	12.00	116.19	12.00	0.00	.69234E+04
2187.18	37.50	12.00	8158.3	0.613E-04	12.00	120.11	12.00	0.00	.72621E+04
2288.78	37.50	12.00	8427.2	0.593E-04	12.00	124.07	12.00	0.00	.76007E+04
2390.38	37.50	12.00	8699.0	0.575E-04	12.00	128.07	12.00	0.00	.79394E+04
2491.99	37.50	12.00	8973.6	0.557E-04	12.00	132.11	12.00	0.00	.82781E+04
2593.59	37.50	12.00	9251.1	0.540E-04	12.00	136.20	12.00	0.00	.86168E+04
2695.19	37.50	12.00	9531.3	0.525E-04	12.00	140.32	12.00	0.00	.89554E+04

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded
Average depth HA = 12 m
Depth at discharge HD = 12 m
Ambient velocity UA = 0.3 m/s
Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0198
Calculated from Manning's n = 0.024
Wind velocity UW = 2 m/s
Stratification Type STRCND = U
Surface temperature = 20 degC
Bottom temperature = 20 degC

Calculated FRESH-WATER DENSITY values:

Surface density RHOAS = 998.2051 kg/m³
Bottom density RHOAB = 998.2051 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Single Port Discharge

Nearest bank = left
Distance to bank DISTB = 37.5 m
Port diameter D0 = 0.15 m
Port cross-sectional area A0 = 0.0177 m²
Discharge velocity U0 = 3.00 m/s
Discharge flowrate Q0 = 0.053 m³/s
Discharge port height H0 = 0.4 m
Vertical discharge angle THETA = 30 deg
Horizontal discharge angle SIGMA = 270 deg
Discharge temperature (freshwater) = 48 degC

Corresponding density $\text{RHO0} = 988.9288 \text{ kg/m}^3$

Density difference $\text{DRHO} = 9.2763 \text{ kg/m}^3$

Buoyant acceleration $\text{GP0} = 0.0911 \text{ m/s}^2$

Discharge concentration $\text{C0} = 0.5 \text{ mg/l}$

Surface heat exchange coeff. $\text{KS} = 0 \text{ m/s}$

Coefficient of decay $\text{KD} = 0 \text{ /s}$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$\text{LQ} = 0.13 \text{ m}$ $\text{Lm} = 1.33 \text{ m}$ $\text{Lb} = 0.18 \text{ m}$

$\text{LM} = 3.62 \text{ m}$ $\text{Lm}' = 99999 \text{ m}$ $\text{Lb}' = 99999 \text{ m}$

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number $\text{FR0} = 25.65$

Velocity ratio $\text{R} = 10.00$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = yes

CMC concentration $\text{CMC} = 0.025 \text{ mg/l}$

CCC concentration $\text{CCC} = 0.025 \text{ mg/l}$

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = width

Regulatory mixing zone value = 230 m (m^2 if area)

Region of interest = 3000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = H1 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 12 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

37.5 m from the left bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 0.0014$ mg/l

Dilution at edge of NFR $s = 349.1$

NFR Location: $x = 56.72$ m

(centerline coordinates) $y = -4.48$ m

$z = 12$ m

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 5.55 m

thickness (bv) = 5.55 m

Cumulative travel time: 169.9277 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed at 1638.95 m downstream.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 906.08 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

Recall: The TDZ corresponds to the three (3) criteria issued in the USEPA

Technical Support Document (TSD) for Water Quality-based Toxics Control, 1991 (EPA/505/2-90-001).

Criterion maximum concentration (CMC) = 0.025 mg/l

Corresponding dilution = 20

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location: x = 4.42 m

(centerline coordinates) y = -3.07 m

z = 2.57 m

Plume dimension: half-width (bh) = 0.04 m

thickness (bv) = 0.04 m

Computed distance from port opening to CMC location = 5.80 m.

CRITERION 1: This location is within 50 times the discharge length scale of

$L_q = 0.13$ m.

+++++ The discharge length scale TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 5.38 m.

CRITERION 2: This location is within 5 times the ambient water depth of

HD = 12 m.

+++++++ The ambient depth TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

CRITERION 3: An RMZ was specified but its boundary was not encountered within the predicted plume region. Therefore, the Regulatory Mixing zone test for the TDZ cannot be applied.

The diffuser discharge velocity is equal to 3.00 m/s.

This is below the value of 3.0 m/s recommended in the TSD.

*** All three CMC criteria for the TDZ are SATISFIED for this discharge. ***

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

An RMZ was specified but its boundary was not encountered within the predicted plume region.

In a subsequent analysis, use an ROI that extends further downstream.

But:

The CCC was encountered at the following plume position:

The CCC for the toxic pollutant was encountered at the following plume position:

CCC = 0.025 mg/l

Corresponding dilution = 20

Plume location: x = 4.42 m

(centerline coordinates) y = -3.07 m

z = 2.57 m

Plume dimension: half-width (bh) = 0.84 m

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

[illegible]

HYDRO1 Version 6.0.0.0 October 2009

Time stamp: Fri Oct 1 19:36:37 2010

STRCND= U RHOAM = 998.2051

143

XINT = 3000.00 XMAX = 3000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and below the center of the port:

37.50 m from the LEFT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.40	1.0	0.500E+00	0.08	2.999	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet/plume transition motion in strong crossflow.

Zone of flow establishment: THETA E= 29.97 SIGMA E= 272.74

LE = 0.51 XE = 0.01 YE = -0.44 ZE = 0.65

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.40	1.0	0.500E+00	0.08	2.999	.00000E+00
0.01	-0.44	0.65	1.0	0.500E+00	0.09	2.999	.33599E-01
1.33	-2.25	1.80	8.3	0.599E-01	0.50	0.305	.27069E+01
3.78	-2.96	2.44	17.8	0.281E-01	0.78	0.123	.84707E+01

**** CMC HAS BEEN FOUND ****

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.250E-01
in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

****WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND****

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard
or CCC value of 0.250E-01 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality
standard or CCC value.

6.35	-3.33	2.94	26.4	0.190E-01	0.97	0.084	.15215E+02
8.94	-3.56	3.39	34.8	0.144E-01	1.12	0.067	.22375E+02
11.53	-3.73	3.82	43.3	0.115E-01	1.26	0.057	.29781E+02
14.26	-3.87	4.25	52.5	0.952E-02	1.39	0.049	.37701E+02
16.86	-3.97	4.66	61.7	0.811E-02	1.52	0.044	.45402E+02
19.47	-4.05	5.05	71.1	0.703E-02	1.63	0.040	.53200E+02
22.09	-4.12	5.43	80.8	0.619E-02	1.74	0.037	.61075E+02
24.70	-4.17	5.80	90.8	0.550E-02	1.85	0.034	.69015E+02
27.43	-4.22	6.18	101.6	0.492E-02	1.96	0.032	.77374E+02
30.05	-4.26	6.54	112.2	0.446E-02	2.06	0.030	.85417E+02
32.66	-4.30	6.89	123.0	0.407E-02	2.16	0.028	.93501E+02
35.28	-4.33	7.23	134.0	0.373E-02	2.26	0.027	.10162E+03
37.90	-4.36	7.57	145.3	0.344E-02	2.35	0.026	.10977E+03

40.64	-4.38	7.91	157.3	0.318E-02	2.45	0.025	.11832E+03
43.26	-4.41	8.24	169.0	0.296E-02	2.54	0.024	.12653E+03
45.88	-4.43	8.56	181.0	0.276E-02	2.63	0.023	.13476E+03
48.50	-4.44	8.87	193.1	0.259E-02	2.72	0.022	.14301E+03
51.12	-4.46	9.19	205.3	0.244E-02	2.80	0.021	.15125E+03

Cumulative travel time = 151.2522 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B	TT
51.12	-4.46	9.19	205.3	0.244E-02	2.80	.15125E+03

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
48.32	-4.45	12.00	205.3	0.244E-02	0.00	0.00	12.00	12.00	.15125E+03
49.16	-4.45	12.00	205.3	0.244E-02	3.49	1.76	12.00	8.51	.15125E+03
50.00	-4.46	12.00	205.3	0.244E-02	4.14	2.48	12.00	7.86	.15125E+03

50.84	-4.46	12.00	205.3	0.244E-02	4.56	3.04	12.00	7.44	.15125E+03
51.68	-4.46	12.00	211.0	0.237E-02	4.86	3.51	12.00	7.14	.15312E+03
52.52	-4.46	12.00	237.1	0.211E-02	5.09	3.93	12.00	6.91	.15592E+03
53.36	-4.47	12.00	273.3	0.183E-02	5.27	4.30	12.00	6.73	.15872E+03
54.20	-4.47	12.00	306.2	0.163E-02	5.39	4.65	12.00	6.61	.16152E+03
55.04	-4.47	12.00	328.8	0.152E-02	5.48	4.97	12.00	6.52	.16433E+03
55.88	-4.47	12.00	341.1	0.147E-02	5.54	5.27	12.00	6.46	.16713E+03
56.72	-4.48	12.00	349.1	0.143E-02	5.55	5.55	12.00	6.45	.16993E+03

Cumulative travel time = 169.9277 sec

END OF MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

 ** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

BEGIN MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
56.72	-4.48	12.00	349.1	0.143E-02	5.55	5.55	12.00	6.45	.16993E+03
91.23	-4.48	12.00	392.6	0.127E-02	4.17	8.33	12.00	7.83	.28495E+03

125.73	-4.48	12.00	429.6	0.116E-02	3.55	10.69	12.00	8.45	.39997E+03
160.24	-4.48	12.00	467.1	0.107E-02	3.22	12.82	12.00	8.78	.51499E+03
194.75	-4.48	12.00	508.1	0.984E-03	3.04	14.78	12.00	8.96	.63001E+03
229.25	-4.48	12.00	554.3	0.902E-03	2.95	16.62	12.00	9.05	.74503E+03
263.76	-4.48	12.00	606.6	0.824E-03	2.92	18.36	12.00	9.08	.86005E+03
298.26	-4.48	12.00	666.1	0.751E-03	2.94	20.02	12.00	9.06	.97507E+03
332.77	-4.48	12.00	733.2	0.682E-03	3.00	21.62	12.00	9.00	.10901E+04
367.28	-4.48	12.00	808.6	0.618E-03	3.08	23.16	12.00	8.92	.12051E+04
401.78	-4.48	12.00	892.6	0.560E-03	3.20	24.65	12.00	8.80	.13201E+04
436.29	-4.48	12.00	985.7	0.507E-03	3.34	26.09	12.00	8.66	.14351E+04
470.79	-4.48	12.00	1088.2	0.459E-03	3.50	27.50	12.00	8.50	.15502E+04
505.30	-4.48	12.00	1200.5	0.416E-03	3.67	28.87	12.00	8.33	.16652E+04
539.81	-4.48	12.00	1322.9	0.378E-03	3.87	30.21	12.00	8.13	.17802E+04
574.31	-4.48	12.00	1455.6	0.343E-03	4.08	31.52	12.00	7.92	.18952E+04
608.82	-4.48	12.00	1599.0	0.313E-03	4.31	32.80	12.00	7.69	.20102E+04
643.32	-4.48	12.00	1753.2	0.285E-03	4.55	34.06	12.00	7.45	.21253E+04
677.83	-4.48	12.00	1918.4	0.261E-03	4.80	35.30	12.00	7.20	.22403E+04
712.34	-4.48	12.00	2095.1	0.239E-03	5.07	36.51	12.00	6.93	.23553E+04
746.84	-4.48	12.00	2283.2	0.219E-03	5.35	37.71	12.00	6.65	.24703E+04

Cumulative travel time = 2470.3252 sec

END OF MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

BEGIN MOD161: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

Vertical diffusivity (initial value) = 0.358E-01 m^2/s

Horizontal diffusivity (initial value) = 0.190E+00 m^2/s

Profile definitions:

BV = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) thickness, measured vertically

= or equal to layer depth, if fully mixed

BH = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) half-width,

measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
746.84	-4.48	12.00	2283.2	0.219E-03	5.35	37.71	12.00	6.65	.24703E+04
754.80	-4.48	12.00	2313.8	0.216E-03	5.39	37.92	12.00	6.61	.24969E+04
762.77	-4.48	12.00	2344.8	0.213E-03	5.43	38.13	12.00	6.57	.25234E+04
770.73	-4.48	12.00	2376.1	0.210E-03	5.47	38.34	12.00	6.53	.25499E+04
778.69	-4.48	12.00	2407.9	0.208E-03	5.52	38.55	12.00	6.48	.25765E+04
786.65	-4.48	12.00	2440.1	0.205E-03	5.56	38.76	12.00	6.44	.26030E+04
794.61	-4.48	12.00	2472.6	0.202E-03	5.60	38.97	12.00	6.40	.26296E+04
802.57	-4.48	12.00	2505.6	0.200E-03	5.65	39.18	12.00	6.35	.26561E+04
810.54	-4.48	12.00	2539.0	0.197E-03	5.69	39.40	12.00	6.31	.26826E+04
818.50	-4.48	12.00	2572.8	0.194E-03	5.74	39.61	12.00	6.26	.27092E+04
826.46	-4.48	12.00	2607.1	0.192E-03	5.78	39.82	12.00	6.22	.27357E+04
834.42	-4.48	12.00	2641.7	0.189E-03	5.83	40.04	12.00	6.17	.27623E+04
842.38	-4.48	12.00	2676.8	0.187E-03	5.87	40.25	12.00	6.13	.27888E+04
850.34	-4.48	12.00	2712.3	0.184E-03	5.92	40.46	12.00	6.08	.28153E+04
858.31	-4.48	12.00	2748.3	0.182E-03	5.97	40.68	12.00	6.03	.28419E+04
866.27	-4.48	12.00	2784.7	0.180E-03	6.01	40.89	12.00	5.99	.28684E+04

874.23	-4.48	12.00	2821.5	0.177E-03	6.06	41.11	12.00	5.94	.28949E+04
882.19	-4.48	12.00	2858.8	0.175E-03	6.11	41.33	12.00	5.89	.29215E+04
890.15	-4.48	12.00	2896.5	0.173E-03	6.16	41.54	12.00	5.84	.29480E+04
898.11	-4.48	12.00	2934.7	0.170E-03	6.21	41.76	12.00	5.79	.29746E+04
906.08	-4.48	12.00	2973.3	0.168E-03	6.26	41.98	12.00	5.74	.30011E+04

Cumulative travel time = 3001.1016 sec

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
906.08	37.50	12.00	2973.3	0.168E-03	6.26	83.95	12.00	5.74	.30011E+04
1010.77	37.50	12.00	3472.7	0.144E-03	7.01	87.58	12.00	4.99	.33501E+04
1115.47	37.50	12.00	4038.2	0.124E-03	7.82	91.26	12.00	4.18	.36991E+04
1220.16	37.50	12.00	4667.5	0.107E-03	8.68	94.98	12.00	3.32	.40481E+04
1324.86	37.50	12.00	5356.5	0.933E-04	9.58	98.76	12.00	2.42	.43971E+04
1429.56	37.50	12.00	6100.2	0.820E-04	10.51	102.58	12.00	1.49	.47460E+04
1534.25	37.50	12.00	6893.5	0.725E-04	11.44	106.46	12.00	0.56	.50950E+04

Plume interacts with BOTTOM.

The passive diffusion plume becomes VERTICALLY FULLY MIXED within this prediction interval.

1638.95	37.50	12.00	7497.4	0.667E-04	12.00	110.38	12.00	0.00	.54440E+04
1743.65	37.50	12.00	7766.9	0.644E-04	12.00	114.35	12.00	0.00	.57930E+04
1848.34	37.50	12.00	8039.6	0.622E-04	12.00	118.36	12.00	0.00	.61420E+04
1953.04	37.50	12.00	8315.4	0.601E-04	12.00	122.42	12.00	0.00	.64910E+04
2057.73	37.50	12.00	8594.3	0.582E-04	12.00	126.53	12.00	0.00	.68400E+04
2162.43	37.50	12.00	8876.2	0.563E-04	12.00	130.68	12.00	0.00	.71890E+04
2267.13	37.50	12.00	9161.1	0.546E-04	12.00	134.87	12.00	0.00	.75379E+04
2371.82	37.50	12.00	9449.0	0.529E-04	12.00	139.11	12.00	0.00	.78869E+04
2476.52	37.50	12.00	9739.9	0.513E-04	12.00	143.39	12.00	0.00	.82359E+04

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 24.40 m

Depth at discharge HD = 24.40 m

Ambient velocity UA = 0.25 m/s

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0156

Calculated from Manning's n = 0.024

Wind velocity UW = 2 m/s

Stratification Type STRCND = C

Surface density RHOAS = 1022.6 kg/m³

Bottom density RHOAB = 1024.4000 kg/m³

Stratification height HINT = 12.61 m (pycnocline level)

Density below pycnocline RHOAP = 1023.4300 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Single Port Discharge

Nearest bank = left

Distance to bank DISTB = 0.5 m

Port diameter D0 = 0.5 m

Port cross-sectional area A0 = 0.1963 m²

Discharge velocity U0 = 3.06 m/s

Discharge flowrate Q0 = 0.6 m³/s

Discharge port height H0 = 0.4 m

Vertical discharge angle THETA = 30 deg

Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg

Discharge density RHO0 = 1015 kg/m³

Density difference DRHO = 8.9150 kg/m³

Buoyant acceleration GP0 = 0.0854 m/s²

Discharge concentration C0 = 0.1 mg/l

Surface heat exchange coeff. $KS = 0 \text{ m/s}$

Coefficient of decay $KD = 0 /s$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$LQ = 0.44 \text{ m}$ $Lm = 5.42 \text{ m}$ $Lb = 3.28 \text{ m}$

$LM = 6.96 \text{ m}$ $Lm' = 99999 \text{ m}$ $Lb' = 99999 \text{ m}$

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number $FR0 = 14.79$

Velocity ratio $R = 12.22$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = yes

CMC concentration $CMC = 0.01 \text{ mg/l}$

CCC concentration $CCC = 0.01 \text{ mg/l}$

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = width

Regulatory mixing zone value = 200 m (m^2 if area)

Region of interest = 2000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = H2 |

The specified ambient density stratification is important, the near field flow is confined to lower layer by ambient density jump at the pycnocline. The linearly stratified lower layer was represented by a uniform lower layer with density equal to mean lower layer density layer.

Applicable layer depth = lower layer depth = 12.61 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

0.5 m from the left bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 0.0029 \text{ mg/l}$

Dilution at edge of NFR $s = 35.1$

NFR Location: $x = 27.41 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 12.61 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 6.49 m

thickness (bv) = 6.49 m

Cumulative travel time: 51.7015 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified two layer ambient density stratification is dynamically important. The discharge near field flow will be confined to the lower layer by the ambient density stratification.

The linearly stratified lower layer will be represented by a uniform lower layer with density equal to mean lower layer density.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 27.41 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

Recall: The TDZ corresponds to the three (3) criteria issued in the USEPA Technical Support Document (TSD) for Water Quality-based Toxics Control, 1991 (EPA/505/2-90-001).

Criterion maximum concentration (CMC) = 0.01 mg/l

Corresponding dilution = 10

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location: x = 12.60 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 6.52 m

Plume dimension: half-width (bh) = 0.11 m

thickness (bv) = 0.11 m

Computed distance from port opening to CMC location = 14.01 m.

CRITERION 1: This location is within 50 times the discharge length scale of

$L_q = 0.44$ m.

+++++ The discharge length scale TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 12.60 m.

CRITERION 2: This location is within 5 times the ambient water depth of

$$HD = 24.40 \text{ m.}$$

+++++++ The ambient depth TEST for the TDZ has been SATISFIED. +++++++

Computed distance from port opening to CMC location = 14.01 m.

CRITERION 3: This location is within one tenth the distance of the extent

of the Regulatory Mixing Zone of 1523.52 m in any

spatial direction from the port opening.

+++++ The Regulatory Mixing Zone TEST for the TDZ has been SATISFIED. +++++

The diffuser discharge velocity is equal to 3.06 m/s.

This exceeds the value of 3.0 m/s recommended in the TSD.

*** All three CMC criteria for the TDZ are SATISFIED for this discharge. ***

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration $c = 0.000655 \text{ mg/l}$

Corresponding dilution $s = 152.8$

Plume location: $x = 1523.47 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0.5 \text{ m}$

$z = 12.61 \text{ m}$

Plume dimensions: half-width (bh) = 200 m

thickness (bv) = 1.83 m

Cumulative travel time: 6035.9512 sec.

At this position, the plume is CONTACTING the LEFT bank.

Furthermore, the CCC for the toxic pollutant has indeed been met

within the RMZ. In particular:

The CCC was encountered at the following plume position:

The CCC for the toxic pollutant was encountered at the following

FILE NAME: C:\...ts and Settings\eleni\My Documents\MN AUGOUST.prd

Time stamp: Fri Oct 1 19:30:59 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 24.40 HD = 24.40

UA = 0.250 F = 0.016 USTAR = 0.1104E-01

UW = 2.000 UWSTAR = 0.2198E-02

Density stratified environment

STRCND= C RHOAM = 1023.2796

RHOAS = 1022.6000 RHOAB = 1024.4000 RHOAH0= 1023.9150 E = 0.7364E-03

DRHOJ = 0.8300 HINT = 12.61 ES = 0.1366E-02

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = LEFT DISTB = 0.50

D0 = 0.500 A0 = 0.196 H0 = 0.40 SUB0 = 24.00

THETA = 30.00 SIGMA = 0.00

U0 = 3.056 Q0 = 0.600 = 0.6000E+00

RHO0 = 1015.0000 DRHO0 = 0.8915E+01 GP0 = 0.8538E-01

C0 = 0.1000E+00 CUNITS= mg/l

IPOLL = 1 KS = 0.0000E+00 KD = 0.0000E+00

FLUX VARIABLES (metric units)

Q0 = 0.6000E+00 M0 = 0.1833E+01 J0 = 0.5123E-01 SIGNJ0= 1.0

Associated length scales (meters)

LQ = 0.44 LM = 6.96 Lm = 5.42 Lb = 3.28

Lmp = 99999.00 Lbp = 99999.00

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FLOW CLASSIFICATION

1 Flow class (CORMIX1) = H2 1

1 Applicable layer depth HS = 12.61 1

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

C0 =0.1000E+00 CUNITS= mg/l

NTOX = 1 CMC =0.1000E-01 CCC = CSTD

NSTD = 1 CSTD =0.1000E-01

REGMZ = 1

REGSPC= 2 XREG = 0.00 WREG = 200.00 AREG = 0.00

XINT = 2000.00 XMAX = 2000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and below the center of the port:

0.50 m from the LEFT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.40	1.0	0.100E+00	0.25	2.839	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE

 BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet-like motion in weak crossflow.

Zone of flow establishment: THETA E= 29.06 SIGMA E= 0.00

LE = 2.17 XE = 1.89 YE = 0.00 ZE = 1.47

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.40	1.0	0.100E+00	0.25	2.839	.00000E+00
1.89	0.00	1.47	1.0	0.100E+00	0.26	2.839	.27520E-01
2.73	0.00	1.93	1.4	0.732E-01	0.38	2.474	.33669E+00
3.68	0.00	2.43	1.9	0.515E-01	0.52	1.781	.81063E+00
4.64	0.00	2.91	2.6	0.388E-01	0.66	1.374	.14213E+01
5.61	0.00	3.39	3.3	0.305E-01	0.80	1.108	.21666E+01
6.57	0.00	3.85	4.0	0.247E-01	0.94	0.923	.30432E+01
7.64	0.00	4.35	5.0	0.202E-01	1.10	0.775	.41539E+01
8.62	0.00	4.80	5.9	0.171E-01	1.24	0.673	.52919E+01
9.60	0.00	5.24	6.8	0.147E-01	1.38	0.593	.65467E+01
10.58	0.00	5.67	7.8	0.128E-01	1.52	0.529	.79134E+01
11.57	0.00	6.09	8.9	0.113E-01	1.66	0.476	.93865E+01

12.56	0.00	6.50	10.0	0.100E-01	1.80	0.433	.10960E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

** CMC HAS BEEN FOUND **

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.100E-01
in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard
or CCC value of 0.100E-01 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality
standard or CCC value.

13.55	0.00	6.91	11.1	0.903E-02	1.93	0.396	.12628E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

14.55	0.00	7.30	12.2	0.818E-02	2.06	0.364	.14387E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

15.55	0.00	7.69	13.4	0.747E-02	2.19	0.336	.16232E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

16.56	0.00	8.06	14.6	0.685E-02	2.31	0.312	.18159E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

17.57	0.00	8.42	15.8	0.633E-02	2.43	0.290	.20166E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

18.59	0.00	8.77	17.0	0.587E-02	2.55	0.270	.22250E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

19.61	0.00	9.10	18.3	0.547E-02	2.67	0.252	.24408E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

20.63	0.00	9.43	19.5	0.512E-02	2.78	0.236	.26638E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

21.66	0.00	9.74	20.6	0.485E-02	2.87	0.222	.28704E+02
-------	------	------	------	-----------	------	-------	------------

Cumulative travel time = 28.7036 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B	TT
21.66	0.00	9.74	20.6	0.485E-02	2.87	.28704E+02

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
18.78	0.00	12.61	20.6	0.485E-02	0.00	0.00	12.61	12.61	.28704E+02
19.65	0.00	12.61	20.6	0.485E-02	4.08	2.05	13.40	9.32	.28704E+02
20.51	0.00	12.61	20.6	0.485E-02	4.84	2.90	13.55	8.71	.28704E+02
21.37	0.00	12.61	20.6	0.485E-02	5.33	3.55	13.64	8.31	.28704E+02
22.23	0.00	12.61	21.2	0.472E-02	5.68	4.10	13.71	8.03	.31003E+02
23.10	0.00	12.61	23.8	0.420E-02	5.95	4.59	13.76	7.81	.34453E+02
23.96	0.00	12.61	27.5	0.364E-02	6.15	5.02	13.80	7.65	.37903E+02
24.82	0.00	12.61	30.8	0.325E-02	6.30	5.43	13.83	7.53	.41352E+02
25.68	0.00	12.61	33.0	0.303E-02	6.41	5.80	13.85	7.44	.44802E+02
26.55	0.00	12.61	34.3	0.292E-02	6.47	6.15	13.86	7.39	.48252E+02
27.41	0.00	12.61	35.1	0.285E-02	6.49	6.49	13.86	7.38	.51701E+02

Cumulative travel time = 51.7014 sec

END OF MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

In this design case, the discharge is located CLOSE TO BANK/SHORE.

Some boundary interaction occurs at end of near-field.

This may be related to a design case with a very LOW AMBIENT VELOCITY.

The dilution values in one or more of the preceding zones may be too high.

Carefully evaluate results in near-field and check degree of interaction.

Consider locating outfall further away from bank or shore.

In the next prediction module, the plume centerline will be set
to follow the bank/shore.

BEGIN MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Plume is ATTACHED to LEFT bank/shore.

Plume width is now determined from LEFT bank/shore.

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
27.41	0.50	12.61	35.1	0.285E-02	12.05	6.99	14.94	2.89	.51701E+02
126.04	0.50	12.61	52.7	0.190E-02	3.60	35.06	13.31	9.70	.44622E+03
224.67	0.50	12.61	59.2	0.169E-02	2.63	53.93	13.12	10.48	.84074E+03
323.30	0.50	12.61	64.2	0.156E-02	2.20	69.86	13.04	10.83	.12353E+04

421.93	0.50	12.61	68.8	0.145E-02	1.96	84.08	12.99	11.03	.16298E+04
520.56	0.50	12.61	73.4	0.136E-02	1.81	97.14	12.96	11.15	.20243E+04
619.19	0.50	12.61	78.4	0.128E-02	1.72	109.34	12.94	11.22	.24188E+04
717.82	0.50	12.61	83.8	0.119E-02	1.66	120.85	12.93	11.27	.28133E+04
816.44	0.50	12.61	89.7	0.112E-02	1.63	131.81	12.93	11.29	.32078E+04
915.07	0.50	12.61	96.2	0.104E-02	1.62	142.31	12.92	11.30	.36024E+04
1013.70	0.50	12.61	103.4	0.967E-03	1.63	152.41	12.92	11.30	.39969E+04
1112.33	0.50	12.61	111.3	0.899E-03	1.65	162.17	12.93	11.28	.43914E+04
1210.96	0.50	12.61	119.9	0.834E-03	1.68	171.63	12.93	11.26	.47859E+04
1309.59	0.50	12.61	129.4	0.773E-03	1.72	180.83	12.94	11.22	.51804E+04
1408.22	0.50	12.61	139.6	0.716E-03	1.77	189.80	12.95	11.19	.55750E+04
1506.85	0.50	12.61	150.8	0.663E-03	1.82	198.55	12.96	11.14	.59695E+04

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY **

In this prediction interval the TOTAL plume width meets or exceeds
the regulatory value = 200.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

1605.48	0.50	12.61	162.8	0.614E-03	1.89	207.11	12.97	11.09	.63640E+04
1704.11	0.50	12.61	175.7	0.569E-03	1.96	215.50	12.99	11.03	.67585E+04
1802.74	0.50	12.61	189.5	0.528E-03	2.03	223.72	13.00	10.97	.71530E+04
1901.37	0.50	12.61	204.3	0.490E-03	2.12	231.80	13.02	10.90	.75476E+04
2000.00	0.50	12.61	220.0	0.454E-03	2.20	239.74	13.04	10.83	.79421E+04

Cumulative travel time = 7942.0713 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 2000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

[illegible][illegible]

CORMIX Version 6.0GTS

SITE NAME/LABEL: MN

FILE NAME: C:\Documents and Settings\eleni\My Documents\MN march.prd

Start of session: 10/01/2010--19:32:55

AMBIENT PARAMETERS:

Average depth HA = 24.40 m

Depth at discharge HD = 24.40 m

Ambient velocity UA = 0.25 m/s

Darcy-Weisbach friction factor $F = 0.0156$

Calculated from Manning's n = 0.024

Wind velocity UW = 2 m/s

Stratification Type STRCND = A

Surface density $\text{RHOAS} = 1025.6000 \text{ kg/m}^3$

Bottom density $\text{RHOAB} = 1025.7 \text{ kg/m}^3$

DISCHARGE PARAMETERS: Single Port Discharge

Nearest bank = left

Distance to bank DISTB = 0.5 m

Port diameter D0 = 0.5 m

Port cross-sectional area A0 = 0.1963 m²

Discharge velocity U0 = 3.06 m/s

Discharge flowrate Q0 = 0.6 m³/s

Discharge port height H0 = 0.4 m

Vertical discharge angle THETA = 30 deg

Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg

Discharge density RHO0 = 1015 kg/m³

Density difference DRHO = 10.6500 kg/m³

Buoyant acceleration GP0 = 0.1018 m/s²

Discharge concentration C0 = 0.1 mg/l

Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s

Coefficient of decay KD = 0 /s

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.44 m Lm = 5.42 m Lb = 3.91 m

LM = 6.37 m Lm' = 99999 m Lb' = 99999 m

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number FR0 = 13.54

Velocity ratio R = 12.22

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = yes

CMC concentration CMC = 0.01 mg/l

CCC concentration CCC = 0.01 mg/l

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = width

Regulatory mixing zone value = 200 m (m² if area)

Region of interest = 2000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = H1 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site. The ambient density stratification at the discharge site is relatively weak and unimportant so the discharge flow penetrates to the surface and/or breaks down the existing stratification through vigorous mixing.

Applicable layer depth = water depth = 24.40 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

0.5 m from the left bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the

discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 0.0009 \text{ mg/l}$

Dilution at edge of NFR $s = 107.5$

NFR Location: $x = 53.14 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 24.40 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 11.36 m

thickness (bv) = 11.36 m

Cumulative travel time: 124.4032 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is weak relative to the discharge conditions and is dynamically unimportant. The discharge will behave as if the ambient were unstratified.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 53.14 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

Recall: The TDZ corresponds to the three (3) criteria issued in the USEPA

Technical Support Document (TSD) for Water Quality-based Toxics Control, 1991 (EPA/505/2-90-001).

Criterion maximum concentration (CMC) = 0.01 mg/l

Corresponding dilution = 10

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location: $x = 12.09$ m

(centerline coordinates) $y = 0$ m

$z = 6.60$ m

Plume dimension: half-width (bh) = 0.16 m

thickness (bv) = 0.16 m

Computed distance from port opening to CMC location = 13.59 m.

CRITERION 1: This location is within 50 times the discharge length scale of

$L_q = 0.44$ m.

+++++ The discharge length scale TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 12.09 m.

CRITERION 2: This location is within 5 times the ambient water depth of

$HD = 24.40$ m.

+++++++ The ambient depth TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++++

Computed distance from port opening to CMC location = 13.59 m.

CRITERION 3: This location is within one tenth the distance of the extent

of the Regulatory Mixing Zone of 1396.52 m in any

spatial direction from the port opening.

+++++ The Regulatory Mixing Zone TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

The diffuser discharge velocity is equal to 3.06 m/s.

This exceeds the value of 3.0 m/s recommended in the TSD.

*** All three CMC criteria for the TDZ are SATISFIED for this discharge. ***

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration $c = 0.000367 \text{ mg/l}$

Corresponding dilution $s = 272.2$

Plume location: $x = 1396.31 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0.5 \text{ m}$

$z = 24.40 \text{ m}$

Plume dimensions: half-width (bh) = 200 m

thickness (bv) = 3.27 m

Cumulative travel time: 5497.0874 sec.

At this position, the plume is CONTACTING the LEFT bank.

Furthermore, the CCC for the toxic pollutant has indeed been met within the RMZ. In particular:

The CCC was encountered at the following plume position:

The CCC for the toxic pollutant was encountered at the following plume position:

CCC = 0.01 mg/l

Corresponding dilution = 10

Plume location: $x = 12.09 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 6.60 \text{ m}$

Plume dimension: half-width (bh) = 1.79 m

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about $\pm 50\%$ (standard deviation).

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

[illegible]

Subsystem CORMIX1: Single Port Discharges

HYDRO1 Version 6.0.0.0 October 2009

Site name/label: MN

Time stamp: Fri Oct 1 19:32:55 2010

Unbounded section

UW = 2.000 UWSTAR=0.2198E-02

RHOAS = 1025.6000 RHOAB = 1025.7000 RHOAH0= 1025.6500 E =0.3918E-04

U0 = 3.056 Q0 = 0.600 =0.6000E+00

0.50 m from the LEFT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.40	1.0	0.100E+00	0.25	2.839	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet/plume transition motion in strong crossflow.

Zone of flow establishment: THETA E= 29.06 SIGMA E= 0.00
LE = 2.16 XE = 1.88 YE = 0.00 ZE = 1.47

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.40	1.0	0.100E+00	0.25	2.839	.00000E+00

1.88	0.00	1.47	1.0	0.100E+00	0.28	2.839	.59730E-01
3.64	0.00	2.41	2.0	0.504E-01	0.53	1.755	.85868E+00
5.61	0.00	3.42	3.4	0.294E-01	0.82	1.090	.22924E+01
7.59	0.00	4.41	5.1	0.195E-01	1.12	0.775	.42732E+01
9.58	0.00	5.38	7.1	0.140E-01	1.42	0.597	.67569E+01
11.57	0.00	6.35	9.4	0.107E-01	1.71	0.489	.96794E+01

**** CMC HAS BEEN FOUND ****

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.100E-01
in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

****WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND****

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard
or CCC value of 0.100E-01 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality
standard or CCC value.

13.57	0.00	7.30	11.8	0.846E-02	1.99	0.415	.12977E+02
15.57	0.00	8.24	14.5	0.691E-02	2.26	0.363	.16599E+02
17.59	0.00	9.16	17.3	0.577E-02	2.53	0.322	.20506E+02
19.60	0.00	10.07	20.4	0.491E-02	2.79	0.291	.24665E+02
21.83	0.00	11.05	23.9	0.418E-02	3.07	0.263	.29500E+02
23.87	0.00	11.93	27.3	0.366E-02	3.32	0.242	.34108E+02
25.91	0.00	12.79	30.9	0.324E-02	3.56	0.224	.38898E+02
27.95	0.00	13.63	34.6	0.289E-02	3.80	0.209	.43855E+02
30.01	0.00	14.46	38.4	0.260E-02	4.04	0.195	.48965E+02
32.07	0.00	15.26	42.4	0.236E-02	4.27	0.184	.54216E+02
34.14	0.00	16.06	46.4	0.215E-02	4.49	0.173	.59599E+02
36.21	0.00	16.83	50.6	0.198E-02	4.72	0.164	.65104E+02
38.29	0.00	17.59	54.9	0.182E-02	4.94	0.155	.70724E+02
40.38	0.00	18.33	59.2	0.169E-02	5.15	0.148	.76451E+02

42.47 0.00 19.06 63.2 0.158E-02 5.34 0.141 .81693E+02

Cumulative travel time = 81.6931 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B	TT
42.47	0.00	19.06	63.2	0.158E-02	5.34	.81693E+02

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
37.13	0.00	24.40	63.2	0.158E-02	0.00	0.00	24.40	24.40	.81693E+02
38.73	0.00	24.40	63.2	0.158E-02	7.14	3.59	24.40	17.26	.81693E+02
40.33	0.00	24.40	63.2	0.158E-02	8.47	5.08	24.40	15.93	.81693E+02
41.93	0.00	24.40	63.2	0.158E-02	9.32	6.22	24.40	15.08	.81693E+02
43.53	0.00	24.40	65.0	0.154E-02	9.95	7.18	24.40	14.45	.85964E+02
45.14	0.00	24.40	73.0	0.137E-02	10.42	8.03	24.40	13.98	.92371E+02
46.74	0.00	24.40	84.2	0.119E-02	10.77	8.80	24.40	13.63	.98777E+02

48.34	0.00	24.40	94.3	0.106E-02	11.04	9.50	24.40	13.36	.10518E+03
49.94	0.00	24.40	101.3	0.987E-03	11.22	10.16	24.40	13.18	.11159E+03
51.54	0.00	24.40	105.0	0.952E-03	11.32	10.78	24.40	13.08	.11800E+03
53.14	0.00	24.40	107.5	0.930E-03	11.36	11.36	24.40	13.04	.12440E+03

Cumulative travel time = 124.4032 sec

END OF MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

In this design case, the discharge is located CLOSE TO BANK/Shore.

Some boundary interaction occurs at end of near-field.

This may be related to a design case with a very LOW AMBIENT VELOCITY.

The dilution values in one or more of the preceding zones may be too high.

Carefully evaluate results in near-field and check degree of interaction.

Consider locating outfall further away from bank or shore.

In the next prediction module, the plume centerline will be set
to follow the bank/shore.

BEGIN MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Plume is ATTACHED to LEFT bank/shore.

Plume width is now determined from LEFT bank/shore.

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
53.14	0.50	24.40	107.5	0.930E-03	21.76	11.86	11.86	24.40	2.64 .12440E+03
150.49	0.50	24.40	145.1	0.689E-03	8.90	39.14	39.14	24.40	15.50 .51377E+03
247.83	0.50	24.40	161.1	0.621E-03	6.60	58.60	58.60	24.40	17.80 .90315E+03
345.17	0.50	24.40	172.4	0.580E-03	5.50	75.19	75.19	24.40	18.90 .12925E+04
442.51	0.50	24.40	181.9	0.550E-03	4.84	90.09	90.09	24.40	19.56 .16819E+04
539.86	0.50	24.40	190.4	0.525E-03	4.40	103.82	103.82	24.40	20.00 .20713E+04
637.20	0.50	24.40	198.7	0.503E-03	4.09	116.67	116.67	24.40	20.31 .24606E+04
734.54	0.50	24.40	206.9	0.483E-03	3.85	128.83	128.83	24.40	20.55 .28500E+04
831.89	0.50	24.40	215.2	0.465E-03	3.68	140.43	140.43	24.40	20.72 .32394E+04
929.23	0.50	24.40	223.9	0.447E-03	3.55	151.54	151.54	24.40	20.85 .36287E+04
1026.57	0.50	24.40	232.9	0.429E-03	3.45	162.25	162.25	24.40	20.95 .40181E+04
1123.91	0.50	24.40	242.4	0.412E-03	3.37	172.60	172.60	24.40	21.03 .44075E+04
1221.26	0.50	24.40	252.5	0.396E-03	3.32	182.64	182.64	24.40	21.08 .47969E+04
1318.60	0.50	24.40	263.2	0.380E-03	3.28	192.39	192.39	24.40	21.12 .51862E+04

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY **

In this prediction interval the TOTAL plume width meets or exceeds

the regulatory value = 200.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

1415.94	0.50	24.40	274.5	0.364E-03	3.26	201.90	201.90	24.40	21.14 .55756E+04
1513.29	0.50	24.40	286.6	0.349E-03	3.26	211.18	211.18	24.40	21.14 .59650E+04
1610.63	0.50	24.40	299.4	0.334E-03	3.26	220.25	220.25	24.40	21.14 .63543E+04
1707.97	0.50	24.40	312.9	0.320E-03	3.28	229.13	229.13	24.40	21.12 .67437E+04

Cumulative travel time = 7911.8286 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 2000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

CORMIX1: Single Port Discharges End of Prediction File[illegible]

ΕΦΑΡΜΟΓΗ PQ Power Company

CORMIX SESSION REPORT:

[illegible]

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO1:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL: PQ

DESIGN CASE: LOW current

FILE NAME: C:\Documents and Settings\eleni\My Documents\pq.prd

Using subsystem CORMIX1: Single Port Discharges

Start of session: 10/01/2010--15:59:49

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 5 m

Depth at discharge HD = 5 m

Ambient velocity UA = 0.2 m/s

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.0264

Calculated from Manning's n = 0.024

Wind velocity UW = 2 m/s

Stratification Type STRCND = A

Surface temperature = 18 degC

Bottom temperature = 15 degC

Calculated FRESH-WATER DENSITY values:

Surface density RHOAS = 998.5967 kg/m³

Bottom density RHOAB = 999.1011 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Single Port Discharge

Nearest bank = right

Distance to bank DISTB = 300 m

Port diameter D0 = 1 m

Port cross-sectional area A0 = 0.7854 m²

Discharge velocity U0 = 3.82 m/s

Discharge flowrate Q0 = 3 m³/s

Discharge port height H0 = 0.5 m

Vertical discharge angle THETA = 0 deg

Horizontal discharge angle SIGMA = 90 deg

Discharge temperature (freshwater) = 16 degC

Corresponding density RHO0 = 998.9443 kg/m³

Density difference DRHO = -0.0955 kg/m³

Buoyant acceleration GP0 = -0.0009 m/s²

Discharge concentration C0 = 30 deg.C

Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s

Coefficient of decay KD = 0 /s

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.89 m Lm = 16.93 m Lb = 0.35 m

LM = 117.45 m Lm' = 99999 m Lb' = 99999 m

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number FR0 = 124.76

Velocity ratio R = 19.10

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = no

Water quality standard specified = no

Regulatory mixing zone = no

Region of interest = 1000 m downstream

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = NH5 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site. The ambient density stratification at the

discharge site is relatively weak and unimportant so the discharge flow penetrates to the surface and/or breaks down the existing stratification through vigorous mixing.

Applicable layer depth = water depth = 5 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

300 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 3.154 \text{ deg.C}$

Dilution at edge of NFR $s = 9.5$

NFR Location: $x = 12.32 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 34.58 \text{ m}$

$z = 0 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 3.51 m

thickness (bv) = 5 m

Cumulative travel time: 41.9800 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water

density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is weak relative to the discharge conditions and is dynamically unimportant. The discharge will behave as if the ambient were unstratified.

Near-field instability behavior:

The discharge flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 0 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section does not contact bank in this simulation.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

No TDZ was specified for this simulation.

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

No RMZ and no ambient water quality standard have been specified.

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

[illegible]

HYDRO1 Version 6.0.0.0 October 2009

Time stamp: Fri Oct 1 15:59:49 2010

RHOAS = 998.5967 RHOAB = 999.1011 RHOAH0= 998.8489 E =0.9901E-03

```

BANK = RIGHT   DISTB =   300.00

D0  =    1.000 A0  =    0.785 H0  =    0.50 SUB0 =    4.50

THETA =    0.00 SIGMA =    90.00

U0  =    3.820 Q0  =    3.000    =0.3000E+01

RHO0 = 998.9443 DRHO0=-.9546E-01 GP0  =-.9372E-03

C0  =0.3000E+02 CUNITS= deg.C

IPOLL = 1      KS  =0.0000E+00 KD  =0.0000E+00

```

$$\begin{aligned} \text{LQ} &= 0.89 \text{ LM} = 117.45 \text{ Lm} = 16.93 \text{ Lb} = 0.35 \\ \text{Lmp} &= 99999.00 \text{ Lbp} = 99999.00 \end{aligned}$$
$$\text{FR0} = 124.76 \text{ R} = 19.10$$

111

REGMZ = 0

XINT = 1000.00 XMAX = 1000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and below the center of the port:

300.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE

COANDA ATTACHMENT immediately following the discharge.

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.300E+02	0.71	3.820	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Bottom-attached jet motion.

UNSTABLE NEAR-FIELD: Jet/plume will mix over full layer depth.

Following MOD133 will include recirculation into jet region.

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

Half wall jet, attached to bottom.

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.300E+02	0.51	3.820	.66171E-02
0.02	1.60	0.00	1.0	0.300E+02	0.68	3.820	.25653E+00
0.07	3.25	0.00	1.0	0.293E+02	0.87	3.820	.59223E+00
0.16	4.85	0.00	1.2	0.243E+02	1.04	3.632	.99426E+00
0.30	6.49	0.00	1.5	0.205E+02	1.23	3.067	.14890E+01
0.47	8.13	0.00	1.7	0.177E+02	1.42	2.643	.20668E+01
0.69	9.72	0.00	1.9	0.156E+02	1.61	2.320	.27083E+01
0.95	11.34	0.00	2.2	0.138E+02	1.81	2.050	.34562E+01
1.27	12.96	0.00	2.4	0.124E+02	2.02	1.826	.42945E+01
1.63	14.52	0.00	2.7	0.112E+02	2.22	1.643	.51972E+01
2.04	16.12	0.00	3.0	0.101E+02	2.44	1.479	.62243E+01
2.52	17.70	0.00	3.3	0.922E+01	2.66	1.337	.73537E+01
3.03	19.22	0.00	3.6	0.843E+01	2.89	1.215	.85509E+01
3.62	20.76	0.00	3.9	0.772E+01	3.13	1.103	.98960E+01
4.26	22.28	0.00	4.2	0.708E+01	3.38	1.003	.11359E+02
4.94	23.73	0.00	4.6	0.652E+01	3.63	0.915	.12895E+02
5.70	25.19	0.00	5.0	0.601E+01	3.89	0.833	.14607E+02
6.52	26.62	0.00	5.4	0.554E+01	4.16	0.759	.16454E+02
7.37	27.98	0.00	5.8	0.513E+01	4.44	0.694	.18380E+02
8.30	29.34	0.00	6.3	0.475E+01	4.72	0.633	.20509E+02
9.25	30.62	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	0.580	.22713E+02

Cumulative travel time = 22.7130 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

 BEGIN MOD133: LAYER BOUNDARY IMPINGEMENT/FULL VERTICAL MIXING

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B	TT
9.25	30.62	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	.22713E+02

Profile definitions:

BV = layer depth (vertically mixed)

BH = top-hat half-width, in horizontal plane normal to trajectory

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
4.25	34.58	0.00	6.8	0.442E+01	0.00	0.00	0.00	0.00	.22713E+02
5.06	34.58	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	1.11	5.00	0.00	.22713E+02
5.87	34.58	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	1.57	5.00	0.00	.22713E+02
6.67	34.58	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	1.92	5.00	0.00	.22713E+02
7.48	34.58	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	2.22	5.00	0.00	.22713E+02
8.29	34.58	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	2.48	5.00	0.00	.22713E+02
9.09	34.58	0.00	6.8	0.442E+01	5.00	2.72	5.00	0.00	.22713E+02
9.90	34.58	0.00	7.2	0.415E+01	5.00	2.94	5.00	0.00	.26763E+02
10.70	34.58	0.00	8.4	0.357E+01	5.00	3.14	5.00	0.00	.31835E+02
11.51	34.58	0.00	9.2	0.326E+01	5.00	3.33	5.00	0.00	.36908E+02
12.32	34.58	0.00	9.5	0.315E+01	5.00	3.51	5.00	0.00	.41980E+02

Cumulative travel time = 41.9800 sec

END OF MOD133: LAYER BOUNDARY IMPINGEMENT/FULL VERTICAL MIXING

BEGIN MOD154: VERTICALLY MIXED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

Phase 1: Vertically mixed, Phase 2: Re-stratified

Phase 1: The plume is VERTICALLY FULLY MIXED over the entire layer depth.

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

Phase 2: The flow has RESTRATIFIED at the beginning of this zone.

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

END OF MOD154: VERTICALLY MIXED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

The initial plume WIDTH values in the next far-field module will be

CORRECTED by a factor 4.07 to conserve the mass flux in the far-field!

The correction factor is quite large because of the small ambient velocity

relative to the strong mixing characteristics of the discharge!

This indicates localized RECIRCULATION REGIONS and internal hydraulic JUMPS.

Width predictions show discontinuities, dilution values should be acceptable.

Flow appears highly UNSTEADY and prediction results are UNRELIABLE!

SIMULATION STOPS!

[illegible][illegible]

HYDRO1:Version-6.0.0.0 October,2009

Cross-section		= unbounded
Average depth	HA	= 5 m
Depth at discharge	HD	= 5 m
Ambient velocity	UA	= 0.8 m/s
Darcy-Weisbach friction factor	F	= 0.0264
Calculated from Manning's n		= 0.024
Wind velocity	UW	= 2 m/s
Stratification Type	STRCND	= A
Surface temperature		= 18 degC
Bottom temperature		= 15 degC

Calculated FRESH-WATER DENSITY values:

Surface density $\text{RHOAS} = 998.5967 \text{ kg/m}^3$

Bottom density $\text{RHOAB} = 999.1011 \text{ kg/m}^3$

DISCHARGE PARAMETERS: Single Port Discharge

Nearest bank = right

Distance to bank $\text{DISTB} = 300 \text{ m}$

Port diameter $\text{D0} = 1 \text{ m}$

Port cross-sectional area $\text{A0} = 0.7854 \text{ m}^2$

Discharge velocity $\text{U0} = 3.82 \text{ m/s}$

Discharge flowrate $\text{Q0} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$

Discharge port height $\text{H0} = 0.5 \text{ m}$

Vertical discharge angle $\text{THETA} = 0 \text{ deg}$

Horizontal discharge angle $\text{SIGMA} = 90 \text{ deg}$

Discharge temperature (freshwater) = 16 degC

Corresponding density $\text{RHO0} = 998.9443 \text{ kg/m}^3$

Density difference $\text{DRHO} = -0.0955 \text{ kg/m}^3$

Buoyant acceleration $\text{GP0} = -0.0009 \text{ m/s}^2$

Discharge concentration $\text{C0} = 30 \text{ deg.C}$

Surface heat exchange coeff. $\text{KS} = 0 \text{ m/s}$

Coefficient of decay $\text{KD} = 0 / \text{s}$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$\text{LQ} = 0.89 \text{ m}$ $\text{Lm} = 4.23 \text{ m}$ $\text{Lb} = 0.01 \text{ m}$

$\text{LM} = 117.45 \text{ m}$ $\text{Lm}' = 99999 \text{ m}$ $\text{Lb}' = 99999 \text{ m}$

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Port densimetric Froude number $\text{FR0} = 124.76$

Velocity ratio $\text{R} = 4.77$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = no
Water quality standard specified = no
Regulatory mixing zone = no
Region of interest = 1000 m downstream

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = NH5 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site. The ambient density stratification at the discharge site is relatively weak and unimportant so the discharge flow penetrates to the surface and/or breaks down the existing stratification through vigorous mixing.

Applicable layer depth = water depth = 5 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

300 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge

designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 1.3572 \text{ deg.C}$

Dilution at edge of NFR $s = 22.1$

NFR Location: $x = 57.14 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 18.41 \text{ m}$

$z = 0 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 2.67 m

thickness (bv) = 5 m

Cumulative travel time: 61.5335 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is weak relative to the discharge conditions and is dynamically unimportant. The discharge will behave as if the ambient were unstratified.

Near-field instability behavior:

The discharge flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 57.14 m

Plume in unbounded section does not contact bank in this simulation.

No TDZ was specified for this simulation.

No RMZ and no ambient water quality standard have been specified.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about $\pm 50\%$ (standard deviation).

CORMIX1 PREDICTION FILE:

HYDRO1 Version 6.0.0.0 October 2009

194

Design case: HIGH current

FILE NAME: C:\Documents and Settings\eleni\My Documents\pq.prd

Time stamp: Fri Oct 1 16:11:09 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 5.00 HD = 5.00

UA = 0.800 F = 0.026 USTAR = 0.4599E-01

UW = 2.000 UWSTAR = 0.2198E-02

Density stratified environment

STRCND= A RHOAM = 998.8489

RHOAS = 998.5967 RHOAB = 999.1011 RHOAH0= 998.8489 E = 0.9901E-03

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = RIGHT DISTB = 300.00

D0 = 1.000 A0 = 0.785 H0 = 0.50 SUB0 = 4.50

THETA = 0.00 SIGMA = 90.00

U0 = 3.820 Q0 = 3.000 = 0.3000E+01

RHO0 = 998.9443 DRHO0 = -.9546E-01 GP0 = -.9372E-03

C0 = 0.3000E+02 CUNITS= deg.C

IPOLL = 1 KS = 0.0000E+00 KD = 0.0000E+00

FLUX VARIABLES (metric units)

Q0 = 0.3000E+01 M0 = 0.1146E+02 J0 = -.2812E-02 SIGNJ0= -1.0

Associated length scales (meters)

LQ = 0.89 LM = 117.45 Lm = 4.23 Lb = 0.01

Lmp = 99999.00 Lbp = 99999.00

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Bottom-attached jet motion.

UNSTABLE NEAR-FIELD: Jet/plume will mix over full layer depth.

Following MOD133 will include recirculation into jet region.

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory

Half wall jet, attached to bottom.

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	B	Uc	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.300E+02	0.51	3.820	.66196E-02
0.35	2.92	0.00	1.1	0.283E+02	0.87	3.820	.54404E+00
1.52	5.61	0.00	1.8	0.167E+02	1.35	2.102	.14618E+01
3.49	7.79	0.00	2.9	0.105E+02	1.89	1.093	.29098E+01
5.95	9.42	0.00	4.1	0.740E+01	2.35	0.650	.48787E+01
8.63	10.66	0.00	5.2	0.578E+01	2.72	0.447	.72199E+01
11.41	11.64	0.00	6.2	0.482E+01	3.02	0.341	.98034E+01
14.24	12.46	0.00	7.2	0.418E+01	3.28	0.277	.12549E+02
17.11	13.15	0.00	8.1	0.372E+01	3.49	0.235	.15408E+02
19.99	13.77	0.00	8.9	0.338E+01	3.68	0.206	.18351E+02
22.89	14.31	0.00	9.7	0.311E+01	3.85	0.184	.21359E+02

25.80	14.81	0.00	10.4	0.289E+01	4.01	0.167	.24419E+02
28.72	15.26	0.00	11.1	0.271E+01	4.15	0.154	.27522E+02
31.64	15.67	0.00	11.7	0.255E+01	4.28	0.143	.30659E+02
34.56	16.06	0.00	12.4	0.242E+01	4.40	0.134	.33827E+02
37.49	16.42	0.00	13.0	0.231E+01	4.51	0.126	.37020E+02
40.42	16.76	0.00	13.6	0.221E+01	4.62	0.119	.40236E+02
43.35	17.08	0.00	14.2	0.212E+01	4.72	0.114	.43472E+02
46.29	17.39	0.00	14.7	0.204E+01	4.82	0.108	.46726E+02
49.22	17.68	0.00	15.3	0.197E+01	4.91	0.104	.49995E+02
52.16	17.95	0.00	15.8	0.190E+01	5.00	0.100	.53243E+02

Terminal level in stratified ambient has been reached.

Cumulative travel time = 53.2427 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD133: LAYER BOUNDARY IMPINGEMENT/FULL VERTICAL MIXING

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B	TT
52.16	17.95	0.00	15.8	0.190E+01	5.00	.53243E+02

Profile definitions:

BV = layer depth (vertically mixed)

BH = top-hat half-width, in horizontal plane normal to trajectory

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
47.16	18.41	0.00	15.8	0.190E+01	0.00	0.00	0.00	0.00	.53243E+02
48.16	18.41	0.00	15.8	0.190E+01	5.00	0.84	5.00	0.00	.53243E+02
49.15	18.41	0.00	15.8	0.190E+01	5.00	1.19	5.00	0.00	.53243E+02
50.15	18.41	0.00	15.8	0.190E+01	5.00	1.46	5.00	0.00	.53243E+02
51.15	18.41	0.00	15.8	0.190E+01	5.00	1.69	5.00	0.00	.53243E+02
52.15	18.41	0.00	15.8	0.190E+01	5.00	1.89	5.00	0.00	.53243E+02
53.15	18.41	0.00	16.7	0.180E+01	5.00	2.07	5.00	0.00	.54887E+02
54.14	18.41	0.00	18.8	0.160E+01	5.00	2.23	5.00	0.00	.56549E+02
55.14	18.41	0.00	20.6	0.146E+01	5.00	2.39	5.00	0.00	.58210E+02
56.14	18.41	0.00	21.6	0.139E+01	5.00	2.53	5.00	0.00	.59872E+02
57.14	18.41	0.00	22.1	0.136E+01	5.00	2.67	5.00	0.00	.61533E+02

Cumulative travel time = 61.5335 sec

END OF MOD133: LAYER BOUNDARY IMPINGEMENT/FULL VERTICAL MIXING

BEGIN MOD154: VERTICALLY MIXED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

Phase 1: Vertically mixed, Phase 2: Re-stratified

Phase 1: The plume is VERTICALLY FULLY MIXED over the entire layer depth.

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

Phase 2: The flow has RESTRATIFIED at the beginning of this zone.

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

END OF MOD154: VERTICALLY MIXED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

The initial plume WIDTH values in the next far-field module will be
CORRECTED by a factor 3.11 to conserve the mass flux in the far-field!

The correction factor is quite large because of the small ambient velocity
relative to the strong mixing characteristics of the discharge!

This indicates localized RECIRCULATION REGIONS and internal hydraulic JUMPS.

Width predictions show discontinuities, dilution values should be acceptable.

BEGIN MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Discharge is non-buoyant or weakly buoyant.

Therefore BUOYANT SPREADING REGIME is ABSENT.

END OF MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

BEGIN MOD162: PASSIVE AMBIENT MIXING IN STRATIFIED AMBIENT

Vertical diffusivity (initial value) = $0.237\text{E-}02 \text{ m}^2/\text{s}$

Horizontal diffusivity (initial value) = $0.252\text{E-}01 \text{ m}^2/\text{s}$

The passive diffusion plume is VERTICALLY FULLY MIXED at beginning of region.

Profile definitions:

BV = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) thickness, measured vertically

= or equal to layer depth, if fully mixed

BH = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) half-width,

measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
57.14	18.41	0.00	22.1	0.136E+01	5.00	8.29	5.00	0.00	.61533E+02
104.28	18.41	0.00	22.9	0.131E+01	5.00	8.57	5.00	0.00	.12046E+03
151.42	18.41	0.00	23.6	0.127E+01	5.00	8.86	5.00	0.00	.17939E+03
198.57	18.41	0.00	24.4	0.123E+01	5.00	9.15	5.00	0.00	.23832E+03
245.71	18.41	0.00	25.2	0.119E+01	5.00	9.44	5.00	0.00	.29725E+03
292.85	18.41	0.00	26.0	0.116E+01	5.00	9.73	5.00	0.00	.35618E+03
340.00	18.41	0.00	26.7	0.112E+01	5.00	10.03	5.00	0.00	.41511E+03
387.14	18.41	0.00	27.6	0.109E+01	5.00	10.33	5.00	0.00	.47404E+03
434.28	18.41	0.00	28.4	0.106E+01	5.00	10.64	5.00	0.00	.53296E+03
481.43	18.41	0.00	29.2	0.103E+01	5.00	10.94	5.00	0.00	.59189E+03
528.57	18.41	0.00	30.0	0.100E+01	5.00	11.25	5.00	0.00	.65082E+03
575.71	18.41	0.00	30.8	0.973E+00	5.00	11.56	5.00	0.00	.70975E+03
622.85	18.41	0.00	31.7	0.947E+00	5.00	11.88	5.00	0.00	.76868E+03
670.00	18.41	0.00	32.5	0.922E+00	5.00	12.20	5.00	0.00	.82761E+03
717.14	18.41	0.00	33.4	0.899E+00	5.00	12.52	5.00	0.00	.88654E+03
764.28	18.41	0.00	34.2	0.876E+00	5.00	12.84	5.00	0.00	.94547E+03
811.43	18.41	0.00	35.1	0.854E+00	5.00	13.17	5.00	0.00	.10044E+04

Cumulative travel time = 1240.1122 sec

This is the REGION OF INTEREST limitation.

Αρχεία προσομοίωσης CORMIX2

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 57 m

Depth at discharge HD = 57 m

Ambient velocity UA = 0.035 m/s

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.024

Wind velocity UW = 2 m/s

Stratification Type STRCND = A

Surface density RHOAS = 1022.6 kg/m³

Bottom density RHOAB = 1024.2 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type DITYPE = alternating perpendicular

Diffuser length LD = 57.91 m

Nearest bank = right

Diffuser endpoints YB1 = 2000 m; YB2 = 2057.91 m

Number of openings NOPEN = 20

Number of Risers NRISER = 20

Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1

Spacing between risers/openings SPAC = 3.05 m

Port/Nozzle diameter D0 = 0.115 m

with contraction ratio = 1

Equivalent slot width B0 = 0.0036 m

Total area of openings TA0 = 0.2077 m²

Discharge velocity U0 = 5.10 m/s

Total discharge flowrate Q0 = 1.06 m³/s

Discharge port height H0 = 2 m

Nozzle arrangement	BETYPE = alternating with fanning
Diffuser alignment angle	GAMMA = 90 deg
Vertical discharge angle	THETA = 90 deg
Actual Vertical discharge angle	THEAC = 90 deg
Horizontal discharge angle	SIGMA = 0 deg
Relative orientation angle	BETA = 90 deg
Discharge density	RHO0 = 1020.7 kg/m ³
Density difference	DRHO = 3.4439 kg/m ³
Buoyant acceleration	GP0 = 0.033 m/s ²
Discharge concentration	C0 = 100 %
Surface heat exchange coeff.	KS = 0 m/s
Coefficient of decay	KD = 0 /s

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux)	q0 = 0.018304 m ² /s
Momentum flux	m0 = 0.093399 m ³ /s ²
Buoyancy flux	j0 = 0.000604 m ³ /s ³

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.00 m Lm = 76.24 m LM = 13.04 m

lm' = 7.03 m Lb' = 5.16 m La = 2.13 m

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number FR0 = 469.14

Port/nozzle Froude number FRD0 = 82.86

Velocity ratio R = 145.79

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = no
Water quality standard specified = no
Regulatory mixing zone = no
Region of interest = 5700 m downstream

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = MS3 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the linearly stratified density layer at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 57 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

2028.95 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 0.8463 \%$

Dilution at edge of NFR $s = 118.2$

NFR Location: $x = 328.65 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0$ m

$z = 7.79$ m

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 537.27 m

thickness (bv) = 3.33 m

Cumulative travel time: 8040.5317 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is dynamically important.

The discharge near field flow is trapped within the linearly stratified ambient density layer.

UPSTREAM INTRUSION SUMMARY:

Plume exhibits upstream intrusion due to low ambient velocity or strong discharge buoyancy.

Intrusion length = 271.98 m

Intrusion stagnation point = -211.96 m

Intrusion thickness = 5.12 m

Intrusion half width at impingement = 537.27 m

Intrusion half thickness at impingement = 3.33 m

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 3625.94 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

No TDZ was specified for this simulation.

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

No RMZ and no ambient water quality standard have been specified.

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to the present near-field prediction.

DIFFUSER DESIGN DETAILS: Because of the alternating arrangement of the opposing nozzles/ports, the AVERAGE VERTICAL ANGLE (THETA) has been set to 90 deg. This represents a ZERO NET HORIZONTAL MOMENTUM FLUX for the entire diffuser.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about +/-50% (standard deviation).

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges

the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

CORMIX2 PREDICTION FILE:

[illegible]

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO2 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label: port valdez

Design case: november

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Time stamp: Fri Oct 1 15:28:27 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 57.00 HD = 57.00

$$UA = 0.035 F = 0.024 USTAR = 0.1917E-02$$

UW = 2.000 UWSTAR=0.2198E-02

Density stratified environment

STRCND= A RHOAM = 1023.4000

RHOAS = 1022.6000 RHOAB = 1024.2000 RHOAH0= 1024.1438 E =0.2688E-03

DIFFUSER DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

Diffuser type: DITYPE= alternating_perpendicular

BANK = RIGHT DISTB = 2028.95 YB1 = 2000.00 YB2 = 2057.91

LD = 57.91 NOPEN = 20 SPAC = 3.05

D0 = 0.115 A0 = 0.010 H0 = 2.00 SUB0 = 55.00

Nozzle/port arrangement: alternating_with_fanning

GAMMA = 90.00 THETA = 90.00 SIGMA = 0.00 BETA = 90.00

U0 = 5.103 Q0 = 1.060 =0.1060E+01

RHO0 = 1020.7000 DRHO0 =0.3444E+01 GP0 =0.3298E-01

C0 =0.1000E+03 CUNITS= %

IPOLL = 1 KS =0.0000E+00 KD =0.0000E+00

FLUX VARIABLES - PER UNIT DIFFUSER LENGTH (metric units)

q0 =0.1830E-01 m0 =0.9340E-01 j0 =0.6036E-03 SIGNJ0= 1.0

Associated 2-d length scales (meters)

lQ=B = 0.004 lM = 13.04 lm = 76.24

lmp = 7.03 lbp = 5.16 la = 2.13

FLUX VARIABLES - ENTIRE DIFFUSER (metric units)

Q0 =0.1060E+01 M0 =0.5409E+01 J0 =0.3495E-01

Associated 3-d length scales (meters)

LQ = 0.10 LM = 18.97 Lm = 66.45 Lb = 815.28

Lmp = 11.91 Lbp = 9.44

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0 = 469.14 FRD0 = 82.86 R = 145.79 PL = 23.31

(slot) (port/nozzle)

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE (SINGLE PORT AT DIFFUSER CENTER)

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
0.00	0.00	2.00	1.0	0.100E+03	0.06	0.06	5.103	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE (SINGLE PORT AT DIFFUSER CENTER)

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet-like motion in linear stratification with weak crossflow.

Zone of flow establishment: THETA E= 89.84 SIGMA E= 0.00
LE = 0.56 XE = 0.00 YE = 0.00 ZE = 2.56

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = before merging: Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane
normal to trajectory

after merging: top-hat half-width in horizontal plane

parallel to diffuser line

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
---	---	---	---	---	----	----	----	----

Individual jet/plumes before merging:

0.00	0.00	2.56	1.0	0.100E+03	0.06	0.06	5.103	.00000E+00
------	------	------	-----	-----------	------	------	-------	------------

0.00	0.00	2.56	1.0	0.100E+03	0.06	0.06	5.103	.50053E-03
1.10	0.00	5.28	6.2	0.161E+02	0.41	0.41	0.962	.17509E+01
4.13	0.00	5.91	11.8	0.849E+01	0.75	0.75	0.515	.61802E+01
7.23	0.00	6.10	17.2	0.580E+01	1.06	1.06	0.357	.12986E+02
10.33	0.00	6.27	22.8	0.438E+01	1.35	1.35	0.273	.22005E+02

Merging of individual jet/plumes to form plane jet/plume:

12.24	0.00	6.37	34.3	0.292E+01	1.91	30.87	0.169	.28622E+02
16.53	0.00	6.56	39.2	0.255E+01	2.40	31.36	0.149	.50907E+02
19.63	0.00	6.69	42.5	0.235E+01	2.75	31.71	0.138	.68341E+02
22.74	0.00	6.82	45.7	0.219E+01	3.10	32.05	0.129	.86800E+02
25.84	0.00	6.95	48.6	0.206E+01	3.43	32.39	0.122	.10618E+03
28.95	0.00	7.08	51.4	0.194E+01	3.77	32.72	0.116	.12641E+03
32.05	0.00	7.20	54.1	0.185E+01	4.09	33.05	0.110	.14745E+03
35.16	0.00	7.31	56.7	0.176E+01	4.42	33.37	0.106	.16921E+03
38.27	0.00	7.41	59.2	0.169E+01	4.73	33.69	0.101	.19168E+03
41.37	0.00	7.50	61.5	0.163E+01	5.04	33.99	0.098	.21479E+03
44.48	0.00	7.59	63.7	0.157E+01	5.34	34.29	0.094	.23851E+03
47.59	0.00	7.66	65.9	0.152E+01	5.63	34.59	0.091	.26284E+03
50.69	0.00	7.71	67.9	0.147E+01	5.92	34.87	0.089	.28770E+03
53.80	0.00	7.75	69.9	0.143E+01	6.19	35.15	0.086	.31310E+03
56.91	0.00	7.78	71.8	0.139E+01	6.46	35.42	0.084	.33897E+03

Maximum jet height has been reached.

60.02	0.00	7.79	73.5	0.136E+01	6.72	35.68	0.082	.36530E+03
-------	------	------	------	-----------	------	-------	-------	------------

Terminal level in stratified ambient has been reached.

Cumulative travel time = 365.2972 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD236: TERMINAL LAYER IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

Vertical angle of layer/boundary impingement = 0.00 deg

Horizontal angle of layer/boundary impingement = 0.00 deg

UPSTREAM INTRUSION PROPERTIES:

Maximum elevation of jet/plume rise = 10.90 m

Layer thickness in impingement region = 5.12 m

Upstream intrusion length = 271.98 m

X-position of upstream stagnation point = -211.96 m

Thickness in intrusion region = 5.12 m

Half-width at downstream end = 537.27 m

Thickness at downstream end = 3.33 m

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
60.02	0.00	7.79	73.5	0.136E+01	6.72	35.68	.36530E+03

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
-211.96	0.00	7.79	9999.9	0.000E+00	0.00	0.00	7.79	7.79	.80405E+04

-201.15	0.00	7.79	294.4	0.340E+00	1.28	75.98	8.43	7.15	.36530E+03
-148.17	0.00	7.79	122.6	0.816E+00	3.07	184.56	9.32	6.25	.36530E+03
-95.19	0.00	7.79	93.1	0.107E+01	4.05	249.70	9.81	5.76	.36530E+03
-42.21	0.00	7.79	80.7	0.124E+01	4.67	301.06	10.12	5.45	.36530E+03
10.77	0.00	7.79	75.1	0.133E+01	5.02	344.86	10.30	5.28	.36530E+03
63.75	0.00	7.79	73.6	0.136E+01	5.12	492.62	10.35	5.23	.47199E+03
116.73	0.00	7.79	80.8	0.124E+01	4.83	502.86	10.20	5.37	.19857E+04
169.71	0.00	7.79	95.3	0.105E+01	4.25	512.31	9.91	5.66	.34994E+04
222.69	0.00	7.79	107.9	0.927E+00	3.74	521.13	9.66	5.91	.50131E+04
275.67	0.00	7.79	114.8	0.871E+00	3.47	529.42	9.52	6.05	.65268E+04
328.65	0.00	7.79	118.2	0.846E+00	3.33	537.27	9.45	6.12	.80405E+04

Cumulative travel time = 8040.5308 sec

END OF MOD236: TERMINAL LAYER IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

BEGIN MOD242: BUOYANT TERMINAL LAYER SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
328.65	0.00	7.79	118.2	0.846E+00	3.33	537.27	9.45	6.12	.80405E+04
493.51	0.00	7.79	126.3	0.792E+00	2.78	687.76	9.18	6.40	.12751E+05
658.38	0.00	7.79	132.4	0.755E+00	2.47	811.47	9.02	6.55	.17461E+05
823.24	0.00	7.79	137.5	0.727E+00	2.27	918.60	8.92	6.65	.22172E+05
988.11	0.00	7.79	142.0	0.704E+00	2.12	1014.26	8.85	6.73	.26882E+05
1152.97	0.00	7.79	146.3	0.683E+00	2.01	1101.49	8.79	6.78	.31593E+05
1317.83	0.00	7.79	150.5	0.665E+00	1.93	1182.24	8.75	6.82	.36303E+05
1482.70	0.00	7.79	154.5	0.647E+00	1.86	1257.87	8.72	6.86	.41013E+05
1647.56	0.00	7.79	158.6	0.630E+00	1.81	1329.37	8.69	6.88	.45724E+05
1812.43	0.00	7.79	162.7	0.615E+00	1.76	1397.49	8.67	6.90	.50434E+05
1977.29	0.00	7.79	166.9	0.599E+00	1.73	1462.79	8.65	6.92	.55145E+05
2142.16	0.00	7.79	171.2	0.584E+00	1.70	1525.72	8.64	6.94	.59855E+05
2307.02	0.00	7.79	175.5	0.570E+00	1.68	1586.66	8.62	6.95	.64565E+05
2471.89	0.00	7.79	180.0	0.556E+00	1.66	1645.90	8.61	6.96	.69276E+05
2636.75	0.00	7.79	184.5	0.542E+00	1.64	1703.67	8.61	6.97	.73986E+05
2801.61	0.00	7.79	189.2	0.529E+00	1.63	1760.19	8.60	6.97	.78697E+05
2966.48	0.00	7.79	193.9	0.516E+00	1.62	1815.62	8.60	6.98	.83407E+05
3131.34	0.00	7.79	198.8	0.503E+00	1.61	1870.11	8.59	6.98	.88117E+05
3296.21	0.00	7.79	203.7	0.491E+00	1.60	1923.77	8.59	6.98	.92828E+05
3461.07	0.00	7.79	208.7	0.479E+00	1.60	1976.71	8.59	6.99	.97538E+05
3625.94	0.00	7.79	213.9	0.468E+00	1.60	2029.02	8.58	6.99	.10225E+06

Cumulative travel time = 102248.7344 sec

Plume is ATTACHED to RIGHT bank/shore.

Plume width is now determined from RIGHT bank/shore.

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
3625.94	-2028.95	7.79	213.9	0.468E+00	1.60	4057.91	8.58	6.99	.10225E+06
3729.64	-2028.95	7.79	216.6	0.462E+00	1.61	4083.24	8.59	6.98	.10521E+06
3833.34	-2028.95	7.79	219.2	0.456E+00	1.62	4108.73	8.59	6.98	.10817E+06
3937.04	-2028.95	7.79	221.9	0.451E+00	1.63	4134.37	8.60	6.97	.11114E+06
4040.75	-2028.95	7.79	224.6	0.445E+00	1.63	4160.16	8.60	6.97	.11410E+06
4144.45	-2028.95	7.79	227.3	0.440E+00	1.64	4186.09	8.61	6.96	.11706E+06
4248.15	-2028.95	7.79	229.9	0.435E+00	1.65	4212.15	8.61	6.96	.12003E+06
4351.86	-2028.95	7.79	232.6	0.430E+00	1.66	4238.34	8.62	6.96	.12299E+06
4455.56	-2028.95	7.79	235.2	0.425E+00	1.67	4264.66	8.62	6.95	.12595E+06
4559.26	-2028.95	7.79	237.8	0.420E+00	1.68	4291.09	8.63	6.95	.12892E+06
4662.97	-2028.95	7.79	240.5	0.416E+00	1.69	4317.65	8.63	6.94	.13188E+06
4766.67	-2028.95	7.79	243.1	0.411E+00	1.69	4344.31	8.63	6.94	.13484E+06
4870.37	-2028.95	7.79	245.7	0.407E+00	1.70	4371.08	8.64	6.94	.13780E+06
4974.08	-2028.95	7.79	248.3	0.403E+00	1.71	4397.96	8.64	6.93	.14077E+06
5077.78	-2028.95	7.79	251.0	0.398E+00	1.72	4424.94	8.65	6.93	.14373E+06
5181.48	-2028.95	7.79	253.6	0.394E+00	1.72	4452.01	8.65	6.92	.14669E+06
5285.19	-2028.95	7.79	256.2	0.390E+00	1.73	4479.18	8.65	6.92	.14966E+06
5388.89	-2028.95	7.79	258.8	0.386E+00	1.74	4506.44	8.66	6.92	.15262E+06
5492.59	-2028.95	7.79	261.4	0.383E+00	1.75	4533.79	8.66	6.91	.15558E+06
5596.29	-2028.95	7.79	264.0	0.379E+00	1.75	4561.22	8.66	6.91	.15854E+06
5700.00	-2028.95	7.79	266.6	0.375E+00	1.76	4588.73	8.67	6.91	.16151E+06

Cumulative travel time = 161507.7188 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 5700.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD242: BUOYANT TERMINAL LAYER SPREADING

[illegible][illegible]

CORMIX Version 6.0GTS

SITE NAME/LABEL: port valdez

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Start of session: 10/01/2010--15:39:25

SUMMARY OF INPUT DATA:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 57 m

Depth at discharge HD = 57 m

Ambient velocity UA = 0.035 m/s

Darcy-Weisbach friction factor $F = 0.024$

Wind velocity UW = 2 m/s

Stratification Type STRCND = A

Surface density $\text{RHOAS} = 1024.3 \text{ kg/m}^3$

Bottom density $\text{RHOAB} = 1025.3 \text{ kg/m}^3$

217

Diffuser type	DITYPE = alternating perpendicular
Diffuser length	LD = 57.91 m
Nearest bank	= right
Diffuser endpoints	YB1 = 2000 m; YB2 = 2057.91 m
Number of openings	NOPEN = 20
Number of Risers	NRISER = 20
Ports/Nozzles per Riser	NPPERR = 1
Spacing between risers/openings	SPAC = 3.05 m
Port/Nozzle diameter	D0 = 0.115 m
with contraction ratio	= 1
Equivalent slot width	B0 = 0.0036 m
Total area of openings	TA0 = 0.2077 m ²
Discharge velocity	U0 = 5.10 m/s
Total discharge flowrate	Q0 = 1.06 m ³ /s
Discharge port height	H0 = 2 m
Nozzle arrangement	BETYPE = alternating with fanning
Diffuser alignment angle	GAMMA = 90 deg
Vertical discharge angle	THETA = 90 deg
Actual Vertical discharge angle	THEAC = 90 deg
Horizontal discharge angle	SIGMA = 0 deg
Relative orientation angle	BETA = 90 deg
Discharge density	RHO0 = 1020.7 kg/m ³
Density difference	DRHO = 4.5649 kg/m ³
Buoyant acceleration	GP0 = 0.0437 m/s ²
Discharge concentration	C0 = 100 %
Surface heat exchange coeff.	KS = 0 m/s
Coefficient of decay	KD = 0 /s

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) $q_0 = 0.018304 \text{ m}^2/\text{s}$

Momentum flux $m_0 = 0.093399 \text{ m}^3/\text{s}^2$

Buoyancy flux $j_0 = 0.000799 \text{ m}^3/\text{s}^3$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$LQ = 0.00 \text{ m}$ $L_m = 76.24 \text{ m}$ $LM = 10.82 \text{ m}$

$lm' = 8.22 \text{ m}$ $Lb' = 7.17 \text{ m}$ $La = 2.70 \text{ m}$

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number $FR_0 = 407.71$

Port/nozzle Froude number $FRD_0 = 72.01$

Velocity ratio $R = 145.79$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = no

Water quality standard specified = no

Regulatory mixing zone = no

Region of interest = 5700 m downstream

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = MS3 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the linearly stratified density layer at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 57 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

2028.95 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 0.7137 \%$

Dilution at edge of NFR $s = 140.1$

NFR Location: $x = 324.51 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 9.41 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 496.66 m

thickness (bv) = 4.27 m

Cumulative travel time: 7593.8179 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is dynamically important.

The discharge near field flow is trapped within the linearly stratified ambient density layer.

UPSTREAM INTRUSION SUMMARY:

Plume exhibits upstream intrusion due to low ambient velocity or strong discharge buoyancy.

Intrusion length = 243.13 m

Intrusion stagnation point = -166.94 m

Intrusion thickness = 6.48 m

Intrusion half width at impingement = 496.66 m

Intrusion half thickness at impingement = 4.27 m

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 3677.10 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

No TDZ was specified for this simulation.

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

No RMZ and no ambient water quality standard have been specified.

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data

for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to the present near-field prediction.

DIFFUSER DESIGN DETAILS: Because of the alternating arrangement of the opposing nozzles/ports, the AVERAGE VERTICAL ANGLE (THETA) has been set to 90 deg. This represents a ZERO NET HORIZONTAL MOMENTUM FLUX for the entire diffuser.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about $\pm 50\%$ (standard deviation).

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

CORMIX2 PREDICTION FILE:

[illegible]

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO2 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label: port valdez

Design case: APRIL

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Time stamp: Fri Oct 1 15:39:25 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 57.00 HD = 57.00

UA = 0.035 F = 0.024 USTAR = 0.1917E-02

UW = 2.000 UWSTAR = 0.2198E-02

Density stratified environment

STRCND= A RHOAM = 1024.8000

RHOAS = 1024.3000 RHOAB = 1025.3000 RHOAH0 = 1025.2649 E = 0.1678E-03

DIFFUSER DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

Diffuser type: DITYPE= alternating_perpendicular

BANK = RIGHT DISTB = 2028.95 YB1 = 2000.00 YB2 = 2057.91

LD = 57.91 NOPEN = 20 SPAC = 3.05

D0 = 0.115 A0 = 0.010 H0 = 2.00 SUB0 = 55.00

Nozzle/port arrangement: alternating_with_fanning

GAMMA = 90.00 THETA = 90.00 SIGMA = 0.00 BETA = 90.00

U0 = 5.103 Q0 = 1.060 = 0.1060E+01

RHO0 = 1020.7000 DRHO0 = 0.4565E+01 GP0 = 0.4366E-01

C0 = 0.1000E+03 CUNITS = %

IPOLL = 1 KS = 0.0000E+00 KD = 0.0000E+00

FLUX VARIABLES - PER UNIT DIFFUSER LENGTH (metric units)

q0 = 0.1830E-01 m0 = 0.9340E-01 j0 = 0.7992E-03 SIGNJ0 = 1.0

Associated 2-d length scales (meters)

lQ=B = 0.004 lM = 10.82 lm = 76.24

NTOX = 0

NSTD = 0

REGMZ = 0

XINT = 5700.00 XMAX = 5700.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and the diffuser mid-point:

2028.95 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE (SINGLE PORT AT DIFFUSER CENTER)

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
0.00	0.00	2.00	1.0	0.100E+03	0.06	0.06	5.103	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE (SINGLE PORT AT DIFFUSER CENTER)

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet-like motion in linear stratification with weak crossflow.

Zone of flow establishment: THETA E= 89.84 SIGMA E= 0.00

LE = 0.56 XE = 0.00 YE = 0.00 ZE = 2.56

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = before merging: Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane

normal to trajectory

after merging: top-hat half-width in horizontal plane

parallel to diffuser line

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
---	---	---	---	---	----	----	----	----

Individual jet/plumes before merging:

0.00	0.00	2.56	1.0	0.100E+03	0.06	0.06	5.103	.00000E+00
0.00	0.00	2.56	1.0	0.100E+03	0.06	0.06	5.103	.50053E-03
1.85	0.00	5.59	7.8	0.129E+02	0.51	0.51	0.780	.26540E+01
5.74	0.00	6.05	14.8	0.678E+01	0.91	0.91	0.420	.94101E+01
9.64	0.00	6.31	21.9	0.457E+01	1.29	1.29	0.289	.19779E+02

Merging of individual jet/plumes to form plane jet/plume:

12.11	0.00	6.47	34.6	0.289E+01	1.91	30.87	0.171	.28080E+02
17.47	0.00	6.77	41.0	0.244E+01	2.54	31.49	0.147	.55906E+02
21.38	0.00	6.99	45.3	0.221E+01	2.98	31.93	0.135	.78234E+02
25.29	0.00	7.21	49.3	0.203E+01	3.41	32.36	0.126	.10199E+03
29.20	0.00	7.44	53.0	0.189E+01	3.83	32.78	0.118	.12700E+03
33.11	0.00	7.66	56.6	0.177E+01	4.24	33.20	0.112	.15316E+03
37.02	0.00	7.88	60.1	0.166E+01	4.65	33.61	0.107	.18038E+03
40.94	0.00	8.09	63.4	0.158E+01	5.05	34.01	0.102	.20854E+03
44.85	0.00	8.29	66.6	0.150E+01	5.45	34.41	0.098	.23764E+03
48.77	0.00	8.48	69.7	0.144E+01	5.85	34.80	0.094	.26761E+03
52.68	0.00	8.67	72.6	0.138E+01	6.24	35.19	0.091	.29837E+03
56.60	0.00	8.84	75.5	0.132E+01	6.62	35.58	0.088	.32996E+03

60.51	0.00	8.99	78.2	0.128E+01	7.00	35.96	0.085	.36228E+03
64.43	0.00	9.12	80.9	0.124E+01	7.38	36.33	0.082	.39536E+03
68.35	0.00	9.24	83.4	0.120E+01	7.74	36.70	0.080	.42912E+03
72.27	0.00	9.34	85.8	0.117E+01	8.09	37.05	0.078	.46359E+03
76.18	0.00	9.41	88.0	0.114E+01	8.43	37.39	0.076	.49865E+03

Terminal level in stratified ambient has been reached.

Cumulative travel time = 498.6501 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD236: TERMINAL LAYER IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

Vertical angle of layer/boundary impingement = 0.88 deg

Horizontal angle of layer/boundary impingement = 0.00 deg

UPSTREAM INTRUSION PROPERTIES:

Maximum elevation of jet/plume rise = 13.40 m

Layer thickness in impingement region = 6.48 m

Upstream intrusion length = 243.13 m

X-position of upstream stagnation point = -166.94 m

Thickness in intrusion region = 6.48 m

Half-width at downstream end = 496.66 m

Thickness at downstream end = 4.27 m

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
76.18	0.00	9.41	88.0	0.114E+01	8.43	37.39	.49865E+03

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
-166.94	0.00	9.41	9999.9	0.000E+00	0.00	0.00	9.41	9.41	.75938E+04
-157.12	0.00	9.41	349.5	0.286E+00	1.63	70.24	10.22	8.59	.49865E+03
-108.95	0.00	9.41	145.5	0.687E+00	3.92	170.61	11.37	7.45	.49865E+03
-60.79	0.00	9.41	110.6	0.904E+00	5.16	230.83	11.99	6.83	.49865E+03
-12.63	0.00	9.41	96.1	0.104E+01	5.94	278.31	12.38	6.44	.49865E+03
35.54	0.00	9.41	89.6	0.112E+01	6.37	318.79	12.59	6.22	.49865E+03
83.70	0.00	9.41	88.2	0.113E+01	6.48	454.55	12.65	6.17	.71341E+03
131.86	0.00	9.41	97.5	0.103E+01	6.08	464.21	12.45	6.37	.20895E+04
180.02	0.00	9.41	114.2	0.875E+00	5.37	473.12	12.09	6.72	.34656E+04
228.19	0.00	9.41	128.5	0.778E+00	4.77	481.44	11.79	7.02	.48417E+04
276.35	0.00	9.41	136.2	0.734E+00	4.44	489.26	11.63	7.19	.62177E+04
324.51	0.00	9.41	140.1	0.714E+00	4.27	496.66	11.54	7.27	.75938E+04

Cumulative travel time = 7593.8188 sec

END OF MOD236: TERMINAL LAYER IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

 ** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

BEGIN MOD242: BUOYANT TERMINAL LAYER SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
324.51	0.00	9.41	140.1	0.714E+00	4.27	496.66	11.54	7.27	.75938E+04
492.14	0.00	9.41	150.8	0.663E+00	3.49	654.99	11.15	7.67	.12383E+05
659.77	0.00	9.41	158.5	0.631E+00	3.06	783.71	10.94	7.88	.17173E+05
827.40	0.00	9.41	164.8	0.607E+00	2.79	894.60	10.80	8.01	.21962E+05
995.03	0.00	9.41	170.4	0.587E+00	2.60	993.34	10.71	8.11	.26751E+05
1162.66	0.00	9.41	175.5	0.570E+00	2.45	1083.17	10.64	8.18	.31541E+05
1330.29	0.00	9.41	180.5	0.554E+00	2.34	1166.18	10.58	8.24	.36330E+05
1497.92	0.00	9.41	185.3	0.540E+00	2.26	1243.82	10.54	8.28	.41120E+05
1665.55	0.00	9.41	190.1	0.526E+00	2.19	1317.11	10.50	8.32	.45909E+05
1833.18	0.00	9.41	194.9	0.513E+00	2.13	1386.83	10.47	8.34	.50699E+05
2000.81	0.00	9.41	199.8	0.500E+00	2.08	1453.60	10.45	8.37	.55488E+05
2168.44	0.00	9.41	204.8	0.488E+00	2.04	1517.86	10.43	8.39	.60277E+05
2336.07	0.00	9.41	209.9	0.476E+00	2.01	1580.02	10.41	8.40	.65067E+05
2503.70	0.00	9.41	215.0	0.465E+00	1.99	1640.37	10.40	8.42	.69856E+05
2671.32	0.00	9.41	220.3	0.454E+00	1.96	1699.18	10.39	8.43	.74646E+05
2838.95	0.00	9.41	225.7	0.443E+00	1.95	1756.65	10.38	8.43	.79435E+05
3006.58	0.00	9.41	231.3	0.432E+00	1.93	1812.96	10.37	8.44	.84224E+05

3174.21	0.00	9.41	236.9	0.422E+00	1.92	1868.26	10.37	8.45	.89014E+05
3341.84	0.00	9.41	242.7	0.412E+00	1.91	1922.68	10.36	8.45	.93803E+05
3509.47	0.00	9.41	248.5	0.402E+00	1.90	1976.34	10.36	8.46	.98593E+05
3677.10	0.00	9.41	254.5	0.393E+00	1.90	2029.31	10.36	8.46	.10338E+06

Cumulative travel time = 103382.0234 sec

Plume is ATTACHED to RIGHT bank/shore.

Plume width is now determined from RIGHT bank/shore.

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
3677.10	-2028.95	9.41	254.5	0.393E+00	1.90	4057.91	10.36	8.46	.10338E+06
3778.25	-2028.95	9.41	257.5	0.388E+00	1.91	4082.79	10.36	8.45	.10627E+06
3879.39	-2028.95	9.41	260.5	0.384E+00	1.92	4107.81	10.37	8.45	.10916E+06
3980.54	-2028.95	9.41	263.5	0.380E+00	1.93	4132.95	10.37	8.44	.11205E+06
4081.68	-2028.95	9.41	266.5	0.375E+00	1.94	4158.21	10.38	8.44	.11494E+06
4182.83	-2028.95	9.41	269.4	0.371E+00	1.95	4183.59	10.38	8.43	.11783E+06
4283.97	-2028.95	9.41	272.4	0.367E+00	1.96	4209.09	10.39	8.43	.12072E+06
4385.12	-2028.95	9.41	275.4	0.363E+00	1.97	4234.69	10.39	8.42	.12361E+06
4486.26	-2028.95	9.41	278.3	0.359E+00	1.98	4260.41	10.40	8.42	.12650E+06
4587.41	-2028.95	9.41	281.3	0.356E+00	1.99	4286.22	10.40	8.41	.12939E+06
4688.55	-2028.95	9.41	284.2	0.352E+00	2.00	4312.14	10.41	8.41	.13228E+06
4789.70	-2028.95	9.41	287.2	0.348E+00	2.00	4338.15	10.41	8.41	.13517E+06
4890.84	-2028.95	9.41	290.1	0.345E+00	2.01	4364.25	10.41	8.40	.13806E+06
4991.99	-2028.95	9.41	293.1	0.341E+00	2.02	4390.44	10.42	8.40	.14095E+06
5093.13	-2028.95	9.41	296.0	0.338E+00	2.03	4416.72	10.42	8.39	.14384E+06
5194.28	-2028.95	9.41	298.9	0.335E+00	2.04	4443.09	10.43	8.39	.14673E+06
5295.42	-2028.95	9.41	301.9	0.331E+00	2.05	4469.53	10.43	8.39	.14962E+06

Cumulative travel time = 161179.1562 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 5700.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD242: BUOYANT TERMINAL LAYER SPREADING

CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges End of Prediction File

[illegible]

ΕΦΑΡΜΟΓΗ AAA Municipal Treatment Plant

CORMIX SESSION REPORT:

[illegible]

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO2:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL: AAA

DESIGN CASE: WINTER

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

Start of session: 10/01/2010--17:45:20

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 24.20 m

Depth at discharge HD = 24.20 m

Ambient velocity UA = 0.009 m/s

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.025

Wind velocity UW = 3 m/s

Stratification Type STRCND = A

Surface density RHOAS = 1026 kg/m³

Bottom density RHOAB = 1027.1000 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular

Diffuser length LD = 100 m

Nearest bank = right

Diffuser endpoints YB1 = 83.33 m; YB2 = 183.33 m

Number of openings NOPEN = 41

Number of Risers NRISER = 41

Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1

Spacing between risers/openings SPAC = 2.5 m

Port/Nozzle diameter D0 = 0.3 m

with contraction ratio = 1

Equivalent slot width B0 = 0.0290 m

Total area of openings TA0 = 2.8981 m²

Discharge velocity U0 = 1.04 m/s

Total discharge flowrate Q0 = 3 m³/s

Discharge port height H0 = 0.3 m

Nozzle arrangement BETYPE = unidirectional without fanning

Diffuser alignment angle $\text{GAMMA} = 90 \text{ deg}$

Vertical discharge angle $\text{THETA} = 0 \text{ deg}$

Actual Vertical discharge angle $\text{THEAC} = 0 \text{ deg}$

Horizontal discharge angle $\text{SIGMA} = 0 \text{ deg}$

Relative orientation angle $\text{BETA} = 90 \text{ deg}$

Discharge density $\text{RHO0} = 994 \text{ kg/m}^3$

Density difference $\text{DRHO} = 33.0864 \text{ kg/m}^3$

Buoyant acceleration $\text{GP0} = 0.3159 \text{ m/s}^2$

Discharge concentration $\text{C0} = 100 \text{ mg/l}$

Surface heat exchange coeff. $\text{KS} = 0 \text{ m/s}$

Coefficient of decay $\text{KD} = 0 / \text{s}$

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) $q0 = 0.03 \text{ m}^2/\text{s}$

Momentum flux $m0 = 0.031055 \text{ m}^3/\text{s}^2$

Buoyancy flux $j0 = 0.009477 \text{ m}^3/\text{s}^3$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$\text{LQ} = 0.03 \text{ m}$ $\text{Lm} = 383.39 \text{ m}$ $\text{LM} = 0.69 \text{ m}$

$\text{lm}' = 4.15 \text{ m}$ $\text{Lb}' = 10.16 \text{ m}$ $\text{La} = 0.43 \text{ m}$

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number $\text{FR0} = 10.82$

Port/nozzle Froude number $\text{FRD0} = 3.36$

Velocity ratio $\text{R} = 115.02$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = yes

CMC concentration CMC = 5 mg/l

CCC concentration CCC = 0 mg/l

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = width

Regulatory mixing zone value = 400 m (m² if area)

Region of interest = 3000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = MS8 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the linearly stratified density layer at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 24.20 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

133.33 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 1.4342 \text{ mg/l}$

Dilution at edge of NFR $s = 69.7$

NFR Location: $x = 5204.35 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 18.30 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 19374.29 m

thickness (bv) = 1.23 m

Cumulative travel time: 101.6131 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified ambient density stratification is dynamically important.

The discharge near field flow is trapped within the linearly stratified ambient density layer.

Weak contact/interaction of the discharge plume with one bank/shore occurs within the NFR.

UPSTREAM INTRUSION SUMMARY:

Plume exhibits upstream intrusion due to low ambient velocity or strong discharge buoyancy.

Intrusion length = 13987.66 m

Intrusion stagnation point = 0 m

Intrusion thickness = 0 m

Intrusion half width at impingement = 0 m

Intrusion half thickness at impingement = 0 m

The REGION OF INTEREST (ROI) specification occurs before the near-field mixing (NFR) regime has been completed. Specification of ROI is highly restrictive.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 0 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

Recall: The TDZ corresponds to the three (3) criteria issued in the USEPA Technical Support Document (TSD) for Water Quality-based Toxics Control, 1991 (EPA/505/2-90-001).

Criterion maximum concentration (CMC) = 5 mg/l

Corresponding dilution = 20

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location: x = 7.93 m

(centerline coordinates) y = 0 m

z = 6.17 m

Plume dimension: half-width (bh) = 4.93 m

thickness (bv) = 1.27 m

Computed distance from port opening to CMC location = 9.87 m.

CRITERION 1: This location is within 50 times the discharge length scale of

$L_q = 0.27$ m.

+++++ The discharge length scale TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 7.93 m.

CRITERION 2: This location is within 5 times the ambient water depth of

HD = 24.20 m.

+++++++ The ambient depth TEST for the TDZ has been SATISFIED. +++++++

Computed distance from port opening to CMC location = 9.87 m.

CRITERION 3: This location is within one tenth the distance of the extent
of the Regulatory Mixing Zone of 3681.90 m in any
spatial direction from the port opening.

+++++ The Regulatory Mixing Zone TEST for the TDZ has been SATISFIED. +++++

The diffuser discharge velocity is equal to 1.04 m/s.

This is below the value of 3.0 m/s recommended in the TSD.

*** All three CMC criteria for the TDZ are SATISFIED for this discharge. ***

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration $c = 1.436802 \text{ mg/l}$

Corresponding dilution $s = 69.6$

Plume location: $x = -3681.85 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 18.30 \text{ m}$

Plume dimensions: half-width (bh) = 200 m

thickness (bv) = 109.27 m

Cumulative travel time < 101.6131 sec. (RMZ is within NFR)

At this position, the plume is CONTACTING the RIGHT bank.

However, the CCC for the toxic pollutant was not encountered within the
predicted plume region.

Regulatory Mixing Zone Analysis:

The RMZ specification occurs before the near-field mixing regime (NFR) has

been completed. The specification of the RMZ is highly restrictive.

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to the present near-field prediction.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about $\pm 50\%$ (standard deviation).

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

CORMIX2 PREDICTION FILE:

XX
XXXXXXXXXXXX

XX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO2 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label: AAA

Design case: WINTER

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Time stamp: Fri Oct 1 17:45:20 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 24.20 HD = 24.20

UA = 0.009 F = 0.025 USTAR = 0.5031E-03

UW = 3.000 UWSTAR = 0.3377E-02

Density stratified environment

STRCND= A RHOAM = 1026.5500

RHOAS = 1026.0000 RHOAB = 1027.1000 RHOAH0 = 1027.0863 E = 0.4340E-03

DIFFUSER DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

Diffuser type: DITYPE= unidirectional_perpendicular

BANK = RIGHT DISTB = 133.33 YB1 = 83.33 YB2 = 183.33

LD = 100.00 NOPEN = 41 SPAC = 2.50

D0 = 0.300 A0 = 0.071 H0 = 0.30 SUB0 = 23.90

Nozzle/port arrangement: unidirectional_without_fanning

GAMMA = 90.00 THETA = 0.00 SIGMA = 0.00 BETA = 90.00

U0 = 1.035 Q0 = 3.000 = 0.3000E+01

RHO0 = 994.0000 DRHO0 = 0.3309E+02 GP0 = 0.3159E+00

C0 = 0.1000E+03 CUNITS= mg/l

IPOLL = 1 KS = 0.0000E+00 KD = 0.0000E+00

q0 =0.3000E-01 m0 =0.3105E-01 j0 =0.9477E-02 SIGNJ0= 1.0

$$l_Q=B = 0.029 \text{ lm} = 0.69 \text{ lm} = 383.39$$

FLUX VARIABLES - ENTIRE DIFFUSER (metric units)

Associated 3-d length scales (meters)

LQ = 0.27 LM = 2.40 Lm = 195.80 Lb = 99999.00

$$L_{mp} = 9.20 \quad L_{bp} = 17.99$$
$$\text{FR0} = 10.82 \quad \text{FRD0} = 3.36 \quad \text{R} = 115.02 \quad \text{PL} = 19.75$$

(slot) (port/nozzle)

Properties of riser group with 1 ports/nozzles each:

U0 = 1.035 D0 = 0.300 A0 = 0.071 THETA = 0.00

$$\text{FR0} = 10.82 \quad \text{FRD0} = 3.36 \quad \text{R} = 115.02$$

(slot) (riser group)

22

2 Flow class (CORMIX2) = MS8 2

2 Applicable layer depth HS = 24.20 2

222

240

C0 =0.1000E+03 CUNITS= mg/l
 NTOX = 1 CMC =0.5000E+01 CCC = CSTD
 NSTD = 1 CSTD =0.0000E+00
 REGMZ = 1
 REGSPC= 2 XREG = 0.00 WREG = 400.00 AREG = 0.00
 XINT = 3000.00 XMAX = 3000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and the diffuser mid-point:

133.33 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE (SINGLE PORT AT DIFFUSER CENTER)

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
0.00	0.00	0.30	1.0	0.100E+03	0.15	0.15	1.026	.00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE (SINGLE PORT AT DIFFUSER CENTER)

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Plume-like motion in linear stratification with weak crossflow.

Zone of flow establishment: THETA E= 0.00 SIGMA E= 0.00
 LE = 1.49 XE = 1.49 YE = 0.00 ZE = 0.30

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = before merging: Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane

normal to trajectory

after merging: top-hat half-width in horizontal plane

parallel to diffuser line

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
---	---	---	---	---	----	----	----	----

Individual jet/plumes before merging:

1.49	0.00	0.30	1.0	0.100E+03	0.15	0.15	1.026	.00000E+00
1.49	0.00	0.30	1.0	0.100E+03	0.15	0.15	1.026	.47918E-02
3.08	0.00	1.13	2.7	0.371E+02	0.37	0.37	0.768	.19475E+01
4.30	0.00	2.52	6.0	0.167E+02	0.60	0.60	0.641	.45897E+01
5.54	0.00	3.89	10.3	0.973E+01	0.83	0.83	0.567	.76413E+01
6.86	0.00	5.20	15.3	0.653E+01	1.07	1.07	0.513	.11057E+02

Merging of individual jet/plumes to form plane jet/plume:

**** CMC HAS BEEN FOUND ****

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.500E+01

in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

7.94	0.00	6.18	26.3	0.381E+01	1.57	51.57	0.339	.13951E+02
9.73	0.00	7.54	30.3	0.330E+01	1.73	51.73	0.354	.20289E+02
11.29	0.00	8.55	33.8	0.296E+01	1.92	51.92	0.356	.25412E+02
12.87	0.00	9.51	37.2	0.269E+01	2.12	52.12	0.353	.30528E+02
14.48	0.00	10.44	40.5	0.247E+01	2.35	52.35	0.348	.35700E+02

16.11	0.00	11.34	43.9	0.228E+01	2.59	52.59	0.341	.40976E+02
17.74	0.00	12.20	47.2	0.212E+01	2.84	52.84	0.334	.46337E+02
19.39	0.00	13.04	50.4	0.198E+01	3.11	53.11	0.325	.51823E+02
21.06	0.00	13.86	53.6	0.187E+01	3.40	53.40	0.316	.57474E+02
22.75	0.00	14.63	56.6	0.177E+01	3.68	53.68	0.308	.63258E+02
24.44	0.00	15.37	59.3	0.169E+01	3.97	53.97	0.299	.69203E+02
26.17	0.00	16.07	61.8	0.162E+01	4.25	54.25	0.290	.75337E+02
27.90	0.00	16.72	64.1	0.156E+01	4.53	54.53	0.282	.81623E+02

Level of buoyancy reversal in stratified ambient.

29.66	0.00	17.31	66.2	0.151E+01	4.81	54.81	0.274	.88115E+02
31.44	0.00	17.84	68.0	0.147E+01	5.08	55.08	0.266	.94770E+02
33.23	0.00	18.30	69.7	0.143E+01	5.35	55.35	0.258	.10161E+03

Cumulative travel time = 101.6131 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD236: TERMINAL LAYER IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

Vertical angle of layer/boundary impingement = 13.15 deg

Horizontal angle of layer/boundary impingement = 0.00 deg

Because of VERY SMALL ambient velocity, BUOYANT SPREADING REGION becomes
EXCESSIVELY LARGE, greatly exceeding the region of interest.

NO STEADY-STATE BEHAVIOR likely for this case. PROGRAM STOPS!

END OF MOD236: TERMINAL LAYER IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

DESIGN CASE: SUMMER

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

Start of session: 10/01/2010--17:59:46

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded
Average depth HA = 24.20 m
Depth at discharge HD = 24.20 m
Ambient velocity UA = 0.009 m/s
Darcy-Weisbach friction factor F = 0.025
Wind velocity UW = 3 m/s
Stratification Type STRCND = B
Surface density RHOAS = 1022.7 kg/m³
Bottom density RHOAB = 1024.9000 kg/m³
Stratification height HINT = 12.5 m (pycnocline level)
Density below pycnocline RHOAP = 1024.9000 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular
Diffuser length LD = 100 m
Nearest bank = right
Diffuser endpoints YB1 = 83.33 m; YB2 = 183.33 m
Number of openings NOPEN = 41
Number of Risers NRISER = 41
Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1
Spacing between risers/openings SPAC = 2.5 m

Port/Nozzle diameter $D0 = 0.3 \text{ m}$
 with contraction ratio $= 1$
 Equivalent slot width $B0 = 0.0290 \text{ m}$
 Total area of openings $TA0 = 2.8981 \text{ m}^2$
 Discharge velocity $U0 = 1.04 \text{ m/s}$
 Total discharge flowrate $Q0 = 3 \text{ m}^3/\text{s}$
 Discharge port height $H0 = 0.3 \text{ m}$
 Nozzle arrangement $BETTYPE = \text{unidirectional without fanning}$
 Diffuser alignment angle $GAMMA = 90 \text{ deg}$
 Vertical discharge angle $THETA = 0 \text{ deg}$
 Actual Vertical discharge angle $THEAC = 0 \text{ deg}$
 Horizontal discharge angle $SIGMA = 0 \text{ deg}$
 Relative orientation angle $BETA = 90 \text{ deg}$
 Discharge density $RHO0 = 994 \text{ kg/m}^3$
 Density difference $DRHO = 30.9000 \text{ kg/m}^3$
 Buoyant acceleration $GP0 = 0.2957 \text{ m/s}^2$
 Discharge concentration $C0 = 100 \text{ mg/l}$
 Surface heat exchange coeff. $KS = 0 \text{ m/s}$
 Coefficient of decay $KD = 0 / \text{s}$

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) $q0 = 0.03 \text{ m}^2/\text{s}$
 Momentum flux $m0 = 0.031055 \text{ m}^3/\text{s}^2$
 Buoyancy flux $j0 = 0.008870 \text{ m}^3/\text{s}^3$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$LQ = 0.03 \text{ m}$ $Lm = 383.39 \text{ m}$ $LM = 0.72 \text{ m}$
 $lm' = 99999 \text{ m}$ $Lb' = 99999 \text{ m}$ $La = 99999 \text{ m}$

(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number $FR0 = 11.18$

Port/nozzle Froude number $FRD0 = 3.48$

Velocity ratio $R = 115.02$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = yes

CMC concentration $CMC = 5 \text{ mg/l}$

CCC concentration $CCC = 0 \text{ mg/l}$

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = width

Regulatory mixing zone value = 400 m (m^2 if area)

Region of interest = 3000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = MU1V |

This flow configuration applies to a layer corresponding to lower stratified

density layer at the discharge site. The density jump at the pycnocline

confines the flow to the lower layer.

Applicable layer depth = lower layer depth = 12.5 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

133.33 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 2.5503 \text{ mg/l}$

Dilution at edge of NFR $s = 39.2$

NFR Location: $x = 5377.79 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 10.18 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 27249.41 m

thickness (bv) = 0.49 m

Cumulative travel time: 33.1155 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Stratification assessment:

The specified two layer ambient density stratification is dynamically important. The discharge near field flow will be confined to the lower layer by the ambient density stratification.

Furthermore, it is trapped at the pycnocline by the ambient density

jump.

Weak contact/interaction of the discharge plume with one bank/shore occurs within the NFR.

UPSTREAM INTRUSION SUMMARY:

Plume exhibits upstream intrusion due to low ambient velocity or strong discharge buoyancy.

Intrusion length = 37999.62 m

Intrusion stagnation point = 0 m

Intrusion thickness = 0 m

Intrusion half width at impingement = 0 m

Intrusion half thickness at impingement = 0 m

The REGION OF INTEREST (ROI) specification occurs before the near-field mixing (NFR) regime has been completed. Specification of ROI is highly restrictive.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 0 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

Recall: The TDZ corresponds to the three (3) criteria issued in the USEPA

Technical Support Document (TSD) for Water Quality-based Toxics Control, 1991 (EPA/505/2-90-001).

Criterion maximum concentration (CMC) = 5 mg/l

Corresponding dilution = 20

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location: x = 8.14 m

(centerline coordinates) y = 0 m

$$z = 6.23 \text{ m}$$

Plume dimension: half-width (bh) = 4.16 m

thickness (bv) = 1.27 m

Computed distance from port opening to CMC location = 10.07 m.

CRITERION 1: This location is within 50 times the discharge length scale of

$$Lq = 0.27 \text{ m.}$$

+++++ The discharge length scale TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 8.14 m.

CRITERION 2: This location is within 5 times the ambient water depth of

$$HD = 24.20 \text{ m.}$$

+++++++ The ambient depth TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++++

Computed distance from port opening to CMC location = 10.07 m.

CRITERION 3: This location is within one tenth the distance of the extent

of the Regulatory Mixing Zone of 2623.30 m in any

spatial direction from the port opening.

+++++ The Regulatory Mixing Zone TEST for the TDZ has been SATISFIED. ++++++

The diffuser discharge velocity is equal to 1.04 m/s.

This is below the value of 3.0 m/s recommended in the TSD.

*** All three CMC criteria for the TDZ are SATISFIED for this discharge. ***

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration $c = 2.562744 \text{ mg/l}$

Corresponding dilution $s = 39.0$

Plume location: $x = -2623.28 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0$ m

$z = 10.18$ m

Plume dimensions: half-width (bh) = 200 m

thickness (bv) = 35.16 m

Cumulative travel time < 33.1155 sec. (RMZ is within NFR)

At this position, the plume is CONTACTING the RIGHT bank.

However, the CCC for the toxic pollutant was not encountered within the predicted plume region.

Regulatory Mixing Zone Analysis:

The RMZ specification occurs before the near-field mixing regime (NFR) has been completed. The specification of the RMZ is highly restrictive.

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to the present near-field prediction.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the

As a further safeguard, CORMIX will not give predictions whenever it judges the design configuration as highly complex and uncertain for prediction.

[illegible]

Subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

HYDRO2 Version 6.0.0.0 October 2009

Site name/label: AAA

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

$$\text{HA} = 24.20 \quad \text{HD} = 24.20$$
$$UA = 0.009 F = 0.025 USTAR = 0.5031E-03$$

UW = 3.000 UWSTAR=0.3377E-02

Density stratified environment

STRCND= B RHOAM = 1023.8364

RHOAS = 1022.7000 RHOAB = 1024.9000 RHOAH0= 1024.9000 E =0.0000E+00

DRHOJ = 2.2000 HINT = 12.50 ES =0.1684E-02

DIFFUSER DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

Diffuser type: DITYPE= unidirectional_perpendicular

BANK = RIGHT DISTB = 133.33 YB1 = 83.33 YB2 = 183.33

LD = 100.00 NOPEN = 41 SPAC = 2.50

D0 = 0.300 A0 = 0.071 H0 = 0.30 SUB0 = 23.90

Nozzle/port arrangement: unidirectional_without_fanning

GAMMA = 90.00 THETA = 0.00 SIGMA = 0.00 BETA = 90.00

U0 = 1.035 Q0 = 3.000 =0.3000E+01

RHO0 = 994.0000 DRHO0 =0.3090E+02 GP0 =0.2957E+00

C0 =0.1000E+03 CUNITS= mg/l

I POLL = 1 KS =0.0000E+00 KD =0.0000E+00

FLUX VARIABLES - PER UNIT DIFFUSER LENGTH (metric units)

q0 =0.3000E-01 m0 =0.3105E-01 j0 =0.8870E-02 SIGNJ0= 1.0

Associated 2-d length scales (meters)

lQ=B = 0.029 lM = 0.72 lm = 383.39

lmp = 99999.00 lbp = 99999.00 la = 99999.00

FLUX VARIABLES - ENTIRE DIFFUSER (metric units)

Q0 =0.3000E+01 M0 =0.3105E+01 J0 =0.8870E+00

Associated 3-d length scales (meters)

LQ = 0.27 LM = 2.48 Lm = 195.80 Lb = 99999.00

Lmp = 99999.00 Lbp = 99999.00

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0 = 11.18 FRD0 = 3.48 R = 115.02 PL = 19.32

(slot) (port/nozzle)

RECOMPUTED SOURCE CONDITIONS FOR RISER GROUPS:

0.00 0.00 0.30 1.0 0.100E+03 0.15 0.15 1.026 .00000E+00

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE (SINGLE PORT AT DIFFUSER CENTER)

BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet/plume transition motion in weak crossflow.

Zone of flow establishment: THETA E= 0.00 SIGMA E= 0.00

LE = 1.49 XE = 1.49 YE = 0.00 ZE = 0.30

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = before merging: Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane

normal to trajectory

after merging: top-hat half-width in horizontal plane

parallel to diffuser line

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
---	---	---	---	---	----	----	----	----

Individual jet/plumes before merging:

1.49	0.00	0.30	1.0	0.100E+03	0.15	0.15	1.026	.00000E+00
------	------	------	-----	-----------	------	------	-------	------------

1.49	0.00	0.30	1.0	0.100E+03	0.15	0.15	1.026	.50090E-02
------	------	------	-----	-----------	------	------	-------	------------

2.26	0.00	0.47	1.4	0.705E+02	0.24	0.24	0.951	.70510E+00
------	------	------	-----	-----------	------	------	-------	------------

2.91	0.00	0.92	2.3	0.436E+02	0.34	0.34	0.786	.16327E+01
------	------	------	-----	-----------	------	------	-------	------------

3.47	0.00	1.49	3.5	0.289E+02	0.44	0.44	0.707	.26984E+01
4.01	0.00	2.08	4.9	0.206E+02	0.54	0.54	0.655	.38627E+01
4.54	0.00	2.68	6.5	0.155E+02	0.64	0.64	0.615	.51209E+01
5.08	0.00	3.27	8.2	0.122E+02	0.74	0.74	0.583	.64404E+01
5.63	0.00	3.85	10.1	0.989E+01	0.83	0.83	0.558	.78245E+01
6.19	0.00	4.42	12.1	0.824E+01	0.93	0.93	0.536	.92677E+01
6.77	0.00	4.98	14.3	0.700E+01	1.03	1.03	0.517	.10780E+02
7.35	0.00	5.52	16.5	0.605E+01	1.12	1.12	0.500	.12329E+02
7.94	0.00	6.05	18.9	0.529E+01	1.22	1.22	0.485	.13927E+02

Merging of individual jet/plumes to form plane jet/plume:

**** CMC HAS BEEN FOUND ****

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.500E+01
in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

8.15	0.00	6.24	26.4	0.379E+01	1.57	51.57	0.340	.14496E+02
9.18	0.00	7.07	28.7	0.348E+01	1.63	51.63	0.355	.18227E+02
9.82	0.00	7.54	30.2	0.331E+01	1.69	51.69	0.361	.20408E+02
10.48	0.00	8.00	31.7	0.316E+01	1.75	51.75	0.365	.22560E+02
11.14	0.00	8.44	33.2	0.302E+01	1.82	51.82	0.368	.24691E+02
11.80	0.00	8.89	34.7	0.288E+01	1.89	51.89	0.370	.26808E+02
12.48	0.00	9.32	36.2	0.276E+01	1.97	51.97	0.372	.28933E+02
13.15	0.00	9.76	37.7	0.265E+01	2.04	52.04	0.373	.31031E+02
13.82	0.00	10.18	39.2	0.255E+01	2.12	52.12	0.374	.33116E+02

Cumulative travel time = 33.1155 sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD232: LAYER BOUNDARY IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

Vertical angle of layer/boundary impingement = 32.44 deg

Horizontal angle of layer/boundary impingement = 0.00 deg

Because of VERY SMALL ambient velocity, BUOYANT SPREADING REGION becomes
EXCESSIVELY LARGE, greatly exceeding the region of interest.

NO STEADY-STATE BEHAVIOR likely for this case. PROGRAM STOPS!

END OF MOD232: LAYER BOUNDARY IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

At the end of the NFR, the plume POSITION EXCEEDS SPECIFIED LIMITS
for the regulatory mixing zone (RMZ) and/or the region of interest (ROI).

Specifications may be overly restrictive.

Use larger ROI values in subsequent iteration!

SIMULATION ENDS.

In this design case, the diffuser is located CLOSE TO BANK/Shore.

Some boundary interaction occurs at end of near-field.

This may be related to a design case with a VERY LOW AMBIENT VELOCITY.

The dilution values in one or more of the preceding zones may be too high.

Carefully evaluate results in near-field and check degree of interaction.

Consider locating outfall further away from bank or shore.

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region **

In this prediction interval the TOTAL plume width meets or exceeds

the regulatory value = 400.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

[illegible][illegible]

HYDRO2:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL: PPP

DESIGN CASE: 03

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

Start of session: 10/11/2010--17:46:04

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section	= bounded
Width	BS = 2500 m
Channel regularity	ICHREG = 2
Ambient flowrate	QA = 750 m ³ /s
Average depth	HA = 10 m
Depth at discharge	HD = 10 m
Ambient velocity	UA = 0.03 m/s
Darcy-Weisbach friction factor	F = 0.025
Wind velocity	UW = 3 m/s
Stratification Type	STRCND = U

Surface temperature = 15 degC

Bottom temperature = 15 degC

Calculated FRESH-WATER DENSITY values:

Surface density RHOAS = 999.1011 kg/m³

Bottom density RHOAB = 999.1011 kg/m³

DISCHARGE PARAMETERS: Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type DITYPE = staged perpendicular

Diffuser length LD = 300 m

Nearest bank = right

Diffuser endpoints YB1 = 1000 m; YB2 = 1300 m

Number of openings NOPEN = 31

Number of Risers NRISER = 31

Ports/Nozzles per Riser NPPERR = 1

Spacing between risers/openings SPAC = 10 m

Port/Nozzle diameter D0 = 0.9 m

with contraction ratio = 1

Equivalent slot width B0 = 0.0657 m

Total area of openings TA0 = 19.7213 m²

Discharge velocity U0 = 1.52 m/s

Total discharge flowrate Q0 = 30 m³/s

Discharge port height H0 = 0.5 m

Nozzle arrangement BETYPE = staged

Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg

Vertical discharge angle THETA = 0 deg

Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg

Horizontal discharge angle SIGMA = 90 deg

Relative orientation angle BETA = 0 deg

Discharge temperature (freshwater) = 35 degC

Corresponding density $\text{RHO0} = 994.0294 \text{ kg/m}^3$
Density difference $\text{DRHO} = 5.0716 \text{ kg/m}^3$
Buoyant acceleration $\text{GP0} = 0.0498 \text{ m/s}^2$
Discharge concentration $\text{C0} = 20 \text{ deg.C}$
Surface heat exchange coeff. $\text{KS} = 0 \text{ m/s}$
Coefficient of decay $\text{KD} = 0 / \text{s}$

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) $\text{q0} = 0.1 \text{ m}^2/\text{s}$
Momentum flux $\text{m0} = 0.152119 \text{ m}^3/\text{s}^2$
Buoyancy flux $\text{j0} = 0.004978 \text{ m}^3/\text{s}^3$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$\text{LQ} = 0.07 \text{ m}$ $\text{Lm} = 169.02 \text{ m}$ $\text{LM} = 5.21 \text{ m}$
 $\text{lm}' = 99999 \text{ m}$ $\text{Lb}' = 99999 \text{ m}$ $\text{La} = 99999 \text{ m}$
(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number $\text{FR0} = 26.59$
Port/nozzle Froude number $\text{FRD0} = 7.19$
Velocity ratio $\text{R} = 50.71$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = no
Water quality standard specified = no
Regulatory mixing zone = yes
Regulatory mixing zone specification = width
Regulatory mixing zone value = $12.5 \text{ m (m}^2 \text{ if area)}$
Region of interest = 25000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = MU5 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 10 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

1150 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 1.722 \text{ deg.C}$

Dilution at edge of NFR $s = 11.6$

NFR Location: $x = 556.56 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 1080 \text{ m}$

$z = 10 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 646.10 m

thickness (bv) = 1.80 m

Cumulative travel time: 23721.6875 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.

Plume becomes laterally fully mixed at 822.28 m downstream.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section contacts nearest bank at 556.56 m downstream.

Plume contacts second bank at 822.28 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

No TDZ was specified for this simulation.

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration $c = 4.643524 \text{ deg.C}$

Corresponding dilution $s = 4.3$

Plume location: $x = 0 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = -105 \text{ m}$

$z = 1.18 \text{ m}$

Plume dimensions: half-width (bh) = 6.25 m

thickness (bv) = 8.33 m

Cumulative travel time < 23721.6875 sec. (RMZ is within NFR)

Regulatory Mixing Zone Analysis:

The RMZ specification occurs before the near-field mixing regime (NFR) has been completed. The specification of the RMZ is highly restrictive.

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to the present near-field prediction.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about $\pm 50\%$ (standard deviation).

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

$$\text{NTOX} = 0$$
$$\text{NSTD} = 0$$

REGMZ = 1

REGSPC= 2 XREG = 0.00 WREG = 12.50 AREG = 0.00

XINT = 25000.00 XMAX = 25000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and the diffuser mid-point:

1150.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD202: DISCHARGE MODULE (STAGED DIFFUSER)

Due to complex near-field motions: EQUIVALENT SLOT DIFFUSER (2-D) GEOMETRY

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
0.00	-150.00	0.50	1.0	0.200E+02	0.45	0.45	1.521	.00000E+00

END OF MOD202: DISCHARGE MODULE (STAGED DIFFUSER)

BEGIN MOD274: ACCELERATION ZONE OF STAGED DIFFUSER

In this laterally contracting zone the diffuser plume becomes VERTICALLY FULLY MIXED over the entire layer depth (HS = 10.00m).

Full mixing is achieved after a plume distance of about five layer depths from the diffuser.

Profile definitions:

BV = layer depth (vertically mixed)

BH = Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane normal to trajectory

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	-150.00	0.50	1.0	0.200E+02	0.00	0.00	.00000E+00
0.00	-135.00	0.73	3.0	0.666E+01	3.00	2.25	.72971E+02
0.00	-120.00	0.95	3.8	0.522E+01	6.00	4.50	.14594E+03

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region **

In this prediction interval the TOTAL plume width meets or exceeds the regulatory value = 12.50 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

0.00	-105.00	1.17	4.5	0.448E+01	9.00	6.75	.21891E+03
0.00	-90.00	1.40	5.0	0.400E+01	10.00	9.00	.29188E+03
0.00	-75.00	1.62	5.5	0.365E+01	10.00	11.25	.36485E+03
0.00	-60.00	1.85	5.9	0.339E+01	10.00	13.50	.43783E+03
0.00	-45.00	2.08	6.2	0.324E+01	10.00	15.75	.51080E+03
0.00	-30.00	2.30	6.2	0.324E+01	10.00	18.00	.58377E+03
0.00	-15.00	2.53	6.2	0.324E+01	10.00	20.25	.65674E+03
-0.00	-0.00	2.75	6.2	0.324E+01	10.00	22.50	.72971E+03
-0.00	15.00	2.97	6.2	0.324E+01	10.00	24.75	.80268E+03
-0.00	30.00	3.20	6.2	0.324E+01	10.00	27.00	.87565E+03
-0.00	45.00	3.42	6.2	0.324E+01	10.00	29.25	.94862E+03
-0.00	60.00	3.65	6.2	0.324E+01	10.00	31.50	.10216E+04
-0.00	75.00	3.88	6.2	0.324E+01	10.00	33.75	.10946E+04
-0.00	90.00	4.10	6.2	0.324E+01	10.00	36.00	.11675E+04
-0.00	105.00	4.32	6.2	0.324E+01	10.00	38.25	.12405E+04
-0.00	120.00	4.55	6.2	0.324E+01	10.00	40.50	.13135E+04
-0.00	135.00	4.78	6.2	0.324E+01	10.00	42.75	.13864E+04
-0.00	150.00	5.00	6.2	0.324E+01	10.00	45.00	.14594E+04

Cumulative travel time = 1459.4196 sec

Plume centerline may exhibit slight discontinuities in transition
to subsequent far-field module.

END OF MOD274: ACCELERATION ZONE OF STAGED DIFFUSER

BEGIN MOD252: DIFFUSER INDUCED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

Phase 1: Vertically mixed, Phase 2: Re-stratified

Phase 1: The diffuser plume is VERTICALLY FULLY MIXED over the entire layer depth.

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

Phase 2: The flow has RESTRATIFIED at the beginning of this zone.

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane normal to trajectory

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
-0.00	150.00	10.00	6.2	0.324E+01	10.00	35.78	.14594E+04
19.30	196.50	10.00	6.5	0.305E+01	4.47	89.59	.22314E+04
39.72	243.00	10.00	6.9	0.290E+01	3.54	125.24	.30484E+04
61.21	289.50	10.00	7.2	0.276E+01	3.08	157.50	.39079E+04
83.72	336.00	10.00	7.6	0.264E+01	2.80	188.16	.48080E+04
107.19	382.50	10.00	7.9	0.253E+01	2.61	217.92	.57470E+04
131.59	429.00	10.00	8.2	0.244E+01	2.47	247.13	.67232E+04
156.90	475.50	10.00	8.5	0.236E+01	2.36	275.98	.77353E+04
183.07	522.00	10.00	8.8	0.228E+01	2.27	304.61	.87821E+04
210.08	568.50	10.00	9.0	0.221E+01	2.20	333.10	.98625E+04
237.90	615.00	10.00	9.3	0.215E+01	2.14	361.50	.10975E+05
266.51	661.50	10.00	9.6	0.209E+01	2.09	389.85	.12120E+05

295.89	708.00	10.00	9.8	0.204E+01	2.04	418.19	.13295E+05
326.03	754.50	10.00	10.0	0.199E+01	2.00	446.54	.14500E+05
356.89	801.00	10.00	10.3	0.194E+01	1.96	474.90	.15735E+05
388.47	847.50	10.00	10.5	0.190E+01	1.93	503.30	.16998E+05
420.75	894.00	10.00	10.7	0.186E+01	1.90	531.75	.18289E+05
453.71	940.50	10.00	11.0	0.182E+01	1.87	560.25	.19608E+05
487.34	987.00	10.00	11.2	0.179E+01	1.85	588.80	.20953E+05
521.62	1033.50	10.00	11.4	0.175E+01	1.82	617.42	.22324E+05
556.56	1080.00	10.00	11.6	0.172E+01	1.80	646.10	.23722E+05

Cumulative travel time = 23721.6875 sec

END OF MOD252: DIFFUSER INDUCED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

 ** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

Bank nearest to plume centerline has changed.

Nearest bank is now on LEFT.

The initial plume WIDTH values in the next far-field module will be
 CORRECTED by a factor 2.19 to conserve the mass flux in the far-field!

The correction factor is quite large because of the small ambient velocity
 relative to the strong mixing characteristics of the discharge!

This indicates localized RECIRCULATION REGIONS and internal hydraulic JUMPS.

Width predictions show discontinuities, dilution values should be acceptable.

In this design case, the diffuser is located CLOSE TO BANK/SHORE.

Some boundary interaction occurs at end of near-field.

This may be related to a design case with a VERY LOW AMBIENT VELOCITY.

The dilution values in one or more of the preceding zones may be too high.

Carefully evaluate results in near-field and check degree of interaction.

Consider locating outfall further away from bank or shore.

In the next prediction module, the plume centerline will be set
to follow the bank/shore.

BEGIN MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Plume is ATTACHED to LEFT bank/shore.

Plume width is now determined from LEFT bank/shore.

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
556.56	1350.00	10.00	11.6	0.172E+01	6.63	1685.45	10.00	3.37	.23722E+05
569.84	1350.00	10.00	11.7	0.171E+01	6.49	1731.98	10.00	3.51	.24148E+05
583.13	1350.00	10.00	11.8	0.170E+01	6.37	1777.72	10.00	3.63	.24573E+05
596.42	1350.00	10.00	11.9	0.169E+01	6.25	1822.73	10.00	3.75	.24999E+05
609.70	1350.00	10.00	11.9	0.168E+01	6.14	1867.04	10.00	3.86	.25425E+05
622.99	1350.00	10.00	12.0	0.167E+01	6.04	1910.67	10.00	3.96	.25851E+05
636.28	1350.00	10.00	12.1	0.166E+01	5.94	1953.67	10.00	4.06	.26277E+05

649.56	1350.00	10.00	12.1	0.165E+01	5.85	1996.06	10.00	4.15	.26703E+05
662.85	1350.00	10.00	12.2	0.164E+01	5.76	2037.86	10.00	4.24	.27128E+05
676.13	1350.00	10.00	12.3	0.163E+01	5.68	2079.09	10.00	4.32	.27554E+05
689.42	1350.00	10.00	12.3	0.162E+01	5.60	2119.79	10.00	4.40	.27980E+05
702.71	1350.00	10.00	12.4	0.161E+01	5.52	2159.96	10.00	4.48	.28406E+05
715.99	1350.00	10.00	12.5	0.160E+01	5.45	2199.64	10.00	4.55	.28832E+05
729.28	1350.00	10.00	12.5	0.160E+01	5.38	2238.83	10.00	4.62	.29258E+05
742.57	1350.00	10.00	12.6	0.159E+01	5.31	2277.55	10.00	4.69	.29684E+05
755.85	1350.00	10.00	12.6	0.158E+01	5.25	2315.82	10.00	4.75	.30109E+05
769.14	1350.00	10.00	12.7	0.158E+01	5.19	2353.66	10.00	4.81	.30535E+05
782.43	1350.00	10.00	12.7	0.157E+01	5.13	2391.08	10.00	4.87	.30961E+05
795.71	1350.00	10.00	12.8	0.156E+01	5.07	2428.09	10.00	4.93	.31387E+05
809.00	1350.00	10.00	12.9	0.156E+01	5.01	2464.70	10.00	4.99	.31813E+05
822.29	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.32239E+05

Cumulative travel time = 32238.6172 sec

Plume is LATERALLY FULLY MIXED at the end of the buoyant spreading regime.

END OF MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

BEGIN MOD261: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

Vertical diffusivity (initial value) = 0.702E-02 m^2/s

Horizontal diffusivity (initial value) = 0.176E-01 m^2/s

Profile definitions:

BV = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) thickness, measured vertically
= or equal to layer depth, if fully mixed

BH = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) half-width,

measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
822.28	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.32239E+05
2031.17	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.70985E+05
3240.06	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.10973E+06
4448.94	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.14848E+06
5657.83	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.18722E+06
6866.71	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.22597E+06
8075.60	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.26472E+06
9284.49	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.30346E+06
10493.37	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.34221E+06
11702.26	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.38096E+06
12911.14	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.96	2500.00	10.00	5.04	.41970E+06
14120.03	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.45845E+06
15328.91	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.49719E+06
16537.80	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.53594E+06
17746.69	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.57469E+06
18955.57	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.61343E+06
20164.46	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.65218E+06
21373.35	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.69093E+06
22582.23	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.72967E+06
23791.12	1350.00	10.00	12.9	0.155E+01	4.97	2500.00	10.00	5.03	.76842E+06

Ambient flowrate $Q_A = 375 \text{ m}^3/\text{s}$
 Average depth $H_A = 10 \text{ m}$
 Depth at discharge $H_D = 10 \text{ m}$
 Ambient velocity $U_A = 0.015 \text{ m/s}$
 Darcy-Weisbach friction factor $F = 0.025$
 Wind velocity $U_W = 3 \text{ m/s}$
 Stratification Type $STRCND = U$
 Surface temperature $= 15 \text{ degC}$
 Bottom temperature $= 15 \text{ degC}$
 Calculated FRESH-WATER DENSITY values:
 Surface density $RHOAS = 999.1011 \text{ kg/m}^3$
 Bottom density $RHOAB = 999.1011 \text{ kg/m}^3$

DISCHARGE PARAMETERS: Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type $DITYPE = \text{staged perpendicular}$
 Diffuser length $LD = 300 \text{ m}$
 Nearest bank $= \text{right}$
 Diffuser endpoints $YB1 = 1000 \text{ m}; YB2 = 1300 \text{ m}$
 Number of openings $NOPEN = 31$
 Number of Risers $NRISER = 31$
 Ports/Nozzles per Riser $NPPERR = 1$
 Spacing between risers/openings $SPAC = 10 \text{ m}$
 Port/Nozzle diameter $D0 = 0.9 \text{ m}$
 with contraction ratio $= 1$
 Equivalent slot width $B0 = 0.0657 \text{ m}$
 Total area of openings $TA0 = 19.7213 \text{ m}^2$
 Discharge velocity $U0 = 1.52 \text{ m/s}$
 Total discharge flowrate $Q0 = 30 \text{ m}^3/\text{s}$
 Discharge port height $H0 = 0.5 \text{ m}$

Nozzle arrangement BETYPE = staged
 Diffuser alignment angle GAMMA = 90 deg
 Vertical discharge angle THETA = 0 deg
 Actual Vertical discharge angle THEAC = 0 deg
 Horizontal discharge angle SIGMA = 90 deg
 Relative orientation angle BETA = 0 deg
 Discharge temperature (freshwater) = 35 degC
 Corresponding density RHO0 = 994.0294 kg/m³
 Density difference DRHO = 5.0716 kg/m³
 Buoyant acceleration GP0 = 0.0498 m/s²
 Discharge concentration C0 = 20 deg.C
 Surface heat exchange coeff. KS = 0 m/s
 Coefficient of decay KD = 0 /s

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) q0 = 0.1 m²/s
 Momentum flux m0 = 0.152119 m³/s²
 Buoyancy flux j0 = 0.004978 m³/s³

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 0.07 m Lm = 676.09 m LM = 5.21 m
 lm' = 99999 m Lb' = 99999 m La = 99999 m
 (These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number FR0 = 26.59
 Port/nozzle Froude number FRD0 = 7.19
 Velocity ratio R = 101.41

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST PARAMETERS:

Toxic discharge = no
Water quality standard specified = no
Regulatory mixing zone = yes
Regulatory mixing zone specification = width
Regulatory mixing zone value = 12.5 m (m² if area)
Region of interest = 25000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = MU5 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 10 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

1150 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 1.722 \text{ deg.C}$

Dilution at edge of NFR $s = 11.6$

NFR Location: $x = 278.28 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 1080 \text{ m}$

$z = 10 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 657.44 m

thickness (bv) = 1.94 m

Cumulative travel time: 23721.6875 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.

Plume becomes laterally fully mixed at 318.55 m downstream.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in bounded section contacts nearest bank at 278.28 m downstream.

Plume contacts second bank at 318.55 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

No TDZ was specified for this simulation.

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration $c = 4.643524 \text{ deg.C}$

Corresponding dilution $s = 4.3$

Plume location: $x = 0 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = -105 \text{ m}$

$z = 1.18 \text{ m}$

Plume dimensions: half-width (bh) = 6.25 m

thickness (bv) = 8.33 m

Cumulative travel time < 23721.6875 sec. (RMZ is within NFR)

Regulatory Mixing Zone Analysis:

The RMZ specification occurs before the near-field mixing regime (NFR) has been completed. The specification of the RMZ is highly restrictive.

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to the present near-field prediction.

UW = 3.000 UWSTAR=0.3377E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 999.1011

DIFFUSER DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

Diffuser type: DITYPE= staged_perpendicular

BANK = RIGHT DISTB = 1150.00 YB1 = 1000.00 YB2 = 1300.00

LD = 300.00 NOPEN = 31 SPAC = 10.00

D0 = 0.900 A0 = 0.636 H0 = 0.50 SUB0 = 9.50

Nozzle/port arrangement: staged

GAMMA = 90.00 THETA = 0.00 SIGMA = 90.00 BETA = 0.00

U0 = 1.521 Q0 = 30.000 =0.3000E+02

RHO0 = 994.0294 DRHO0 =0.5072E+01 GP0 =0.4978E-01

C0 =0.2000E+02 CUNITS= deg.C

IPOLL = 1 KS =0.0000E+00 KD =0.0000E+00

FLUX VARIABLES - PER UNIT DIFFUSER LENGTH (metric units)

q0 =0.1000E+00 m0 =0.1521E+00 j0 =0.4978E-02 SIGNJ0= 1.0

Associated 2-d length scales (meters)

lQ=B = 0.066 lM = 5.21 lm = 676.09

lmp = 99999.00 lbp = 99999.00 la = 99999.00

FLUX VARIABLES - ENTIRE DIFFUSER (metric units)

Q0 =0.3000E+02 M0 =0.4564E+02 J0 =0.1493E+01

Associated 3-d length scales (meters)

LQ = 0.80 LM = 14.37 Lm = 450.36 Lb = 99999.00

Lmp = 99999.00 Lbp = 99999.00

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0 = 26.59 FRD0 = 7.19 R = 101.41 PL = 17.93
(slot) (port/nozzle)

FLOW CLASSIFICATION

```

2 Flow class (CORMIX2) = MU5 2
2 Applicable layer depth HS = 10.00 2

```

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

```
C0   =0.2000E+02 CUNITS= deg.C
NTOX  = 0
NSTD  = 0
REGMZ = 1
REGSPC= 2      XREG =    0.00 WREG =    12.50 AREG =    0.00
XINT  = 25000.00 XMAX = 25000.00
```

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the bottom and the diffuser mid-point:

1150.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream, Y-axis points to left, Z-axis points upward.

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD202: DISCHARGE MODULE (STAGED DIFFUSER)

Due to complex near-field motions: EQUIVALENT SLOT DIFFUSER (2-D) GEOMETRY

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
0.00	-150.00	0.50	1.0	0.200E+02	0.45	0.45	1.521	.00000E+00

END OF MOD202: DISCHARGE MODULE (STAGED DIFFUSER)

BEGIN MOD274: ACCELERATION ZONE OF STAGED DIFFUSER

In this laterally contracting zone the diffuser plume becomes VERTICALLY FULLY

MIXED over the entire layer depth (HS = 10.00m).

Full mixing is achieved after a plume distance of about five
layer depths from the diffuser.

Profile definitions:

BV = layer depth (vertically mixed)

BH = Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane normal to trajectory

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	-150.00	0.50	1.0	0.200E+02	0.00	0.00	.00000E+00
0.00	-135.00	0.73	3.0	0.666E+01	3.00	2.25	.72971E+02
0.00	-120.00	0.95	3.8	0.522E+01	6.00	4.50	.14594E+03

**** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region ****

In this prediction interval the TOTAL plume width meets or exceeds
the regulatory value = 12.50 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

0.00	-105.00	1.17	4.5	0.448E+01	9.00	6.75	.21891E+03
0.00	-90.00	1.40	5.0	0.400E+01	10.00	9.00	.29188E+03
0.00	-75.00	1.62	5.5	0.365E+01	10.00	11.25	.36485E+03
0.00	-60.00	1.85	5.9	0.339E+01	10.00	13.50	.43783E+03
0.00	-45.00	2.08	6.2	0.324E+01	10.00	15.75	.51080E+03
0.00	-30.00	2.30	6.2	0.324E+01	10.00	18.00	.58377E+03
0.00	-15.00	2.53	6.2	0.324E+01	10.00	20.25	.65674E+03
-0.00	-0.00	2.75	6.2	0.324E+01	10.00	22.50	.72971E+03
-0.00	15.00	2.97	6.2	0.324E+01	10.00	24.75	.80268E+03
-0.00	30.00	3.20	6.2	0.324E+01	10.00	27.00	.87565E+03
-0.00	45.00	3.42	6.2	0.324E+01	10.00	29.25	.94862E+03
-0.00	60.00	3.65	6.2	0.324E+01	10.00	31.50	.10216E+04
-0.00	75.00	3.88	6.2	0.324E+01	10.00	33.75	.10946E+04
-0.00	90.00	4.10	6.2	0.324E+01	10.00	36.00	.11675E+04
-0.00	105.00	4.32	6.2	0.324E+01	10.00	38.25	.12405E+04
-0.00	120.00	4.55	6.2	0.324E+01	10.00	40.50	.13135E+04
-0.00	135.00	4.78	6.2	0.324E+01	10.00	42.75	.13864E+04
-0.00	150.00	5.00	6.2	0.324E+01	10.00	45.00	.14594E+04

Cumulative travel time = 1459.4196 sec

Plume centerline may exhibit slight discontinuities in transition

to subsequent far-field module.

END OF MOD274: ACCELERATION ZONE OF STAGED DIFFUSER

BEGIN MOD252: DIFFUSER INDUCED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

Phase 1: Vertically mixed, Phase 2: Re-stratified

Phase 1: The diffuser plume is VERTICALLY FULLY MIXED over the
entire layer depth.

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

Phase 2: The flow has RESTRATIFIED at the beginning of this zone.

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = Gaussian 1/e (37%) half-width in horizontal plane normal to trajectory

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
-0.00	150.00	10.00	6.2	0.324E+01	10.00	37.72	.14594E+04
9.65	196.50	10.00	6.5	0.305E+01	4.61	91.89	.22314E+04
19.86	243.00	10.00	6.9	0.290E+01	3.68	127.92	.30484E+04
30.61	289.50	10.00	7.2	0.276E+01	3.22	160.57	.39079E+04

41.86	336.00	10.00	7.6	0.264E+01	2.93	191.63	.48080E+04
53.59	382.50	10.00	7.9	0.253E+01	2.74	221.81	.57470E+04
65.80	429.00	10.00	8.2	0.244E+01	2.60	251.45	.67232E+04
78.45	475.50	10.00	8.5	0.236E+01	2.49	280.74	.77353E+04
91.53	522.00	10.00	8.8	0.228E+01	2.40	309.83	.87821E+04
105.04	568.50	10.00	9.0	0.221E+01	2.33	338.78	.98625E+04
118.95	615.00	10.00	9.3	0.215E+01	2.27	367.65	.10975E+05
133.26	661.50	10.00	9.6	0.209E+01	2.22	396.49	.12120E+05
147.95	708.00	10.00	9.8	0.204E+01	2.17	425.32	.13295E+05
163.01	754.50	10.00	10.0	0.199E+01	2.13	454.16	.14500E+05
178.44	801.00	10.00	10.3	0.194E+01	2.10	483.03	.15735E+05
194.23	847.50	10.00	10.5	0.190E+01	2.07	511.95	.16998E+05
210.37	894.00	10.00	10.7	0.186E+01	2.04	540.92	.18289E+05
226.85	940.50	10.00	11.0	0.182E+01	2.01	569.95	.19608E+05
243.67	987.00	10.00	11.2	0.179E+01	1.99	599.04	.20953E+05
260.81	1033.50	10.00	11.4	0.175E+01	1.96	628.20	.22324E+05
278.28	1080.00	10.00	11.6	0.172E+01	1.94	657.44	.23722E+05

Cumulative travel time = 23721.6875 sec

END OF MOD252: DIFFUSER INDUCED PLUME IN WEAK CROSS-FLOW

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

Bank nearest to plume centerline has changed.

Nearest bank is now on LEFT.

The initial plume WIDTH values in the next far-field module will be

CORRECTED by a factor 2.90 to conserve the mass flux in the far-field!

The correction factor is quite large because of the small ambient velocity

relative to the strong mixing characteristics of the discharge!

This indicates localized RECIRCULATION REGIONS and internal hydraulic JUMPS.

Width predictions show discontinuities, dilution values should be acceptable.

In this design case, the diffuser is located CLOSE TO BANK/Shore.

Some boundary interaction occurs at end of near-field.

This may be related to a design case with a VERY LOW AMBIENT VELOCITY.

The dilution values in one or more of the preceding zones may be too high.

Carefully evaluate results in near-field and check degree of interaction.

Consider locating outfall further away from bank or shore.

In the next prediction module, the plume centerline will be set

to follow the bank/shore.

BEGIN MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Plume is ATTACHED to LEFT bank/shore.

Plume width is now determined from LEFT bank/shore.

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
278.28	1350.00	10.00	11.6	0.172E+01	9.88	2178.01	10.00	0.12	.23722E+05
280.29	1350.00	10.00	11.6	0.172E+01	9.82	2194.86	10.00	0.18	.23846E+05
282.31	1350.00	10.00	11.7	0.172E+01	9.76	2211.62	10.00	0.24	.23970E+05
284.32	1350.00	10.00	11.7	0.171E+01	9.71	2228.31	10.00	0.29	.24095E+05
286.33	1350.00	10.00	11.7	0.171E+01	9.66	2244.92	10.00	0.34	.24219E+05
288.35	1350.00	10.00	11.7	0.171E+01	9.60	2261.45	10.00	0.40	.24343E+05
290.36	1350.00	10.00	11.8	0.170E+01	9.55	2277.91	10.00	0.45	.24467E+05
292.37	1350.00	10.00	11.8	0.170E+01	9.50	2294.30	10.00	0.50	.24592E+05
294.39	1350.00	10.00	11.8	0.170E+01	9.45	2310.62	10.00	0.55	.24716E+05
296.40	1350.00	10.00	11.8	0.169E+01	9.40	2326.86	10.00	0.60	.24840E+05
298.41	1350.00	10.00	11.8	0.169E+01	9.36	2343.03	10.00	0.64	.24965E+05
300.43	1350.00	10.00	11.9	0.169E+01	9.31	2359.14	10.00	0.69	.25089E+05
302.44	1350.00	10.00	11.9	0.168E+01	9.26	2375.17	10.00	0.74	.25213E+05
304.45	1350.00	10.00	11.9	0.168E+01	9.22	2391.14	10.00	0.78	.25338E+05
306.47	1350.00	10.00	11.9	0.168E+01	9.17	2407.04	10.00	0.83	.25462E+05
308.48	1350.00	10.00	11.9	0.167E+01	9.13	2422.88	10.00	0.87	.25586E+05
310.50	1350.00	10.00	12.0	0.167E+01	9.08	2438.65	10.00	0.92	.25710E+05
312.51	1350.00	10.00	12.0	0.167E+01	9.04	2454.35	10.00	0.96	.25835E+05
314.52	1350.00	10.00	12.0	0.167E+01	9.00	2469.99	10.00	1.00	.25959E+05
316.54	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.96	2485.57	10.00	1.04	.26083E+05
318.55	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.26208E+05

Cumulative travel time = 26207.5918 sec

Plume is LATERALLY FULLY MIXED at the end of the buoyant spreading regime.

END OF MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

BEGIN MOD261: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

Vertical diffusivity (initial value) = 0.679E-02 m²/s

Horizontal diffusivity (initial value) = 0.170E-01 m²/s

Profile definitions:

BV = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) thickness, measured vertically

= or equal to layer depth, if fully mixed

BH = Gaussian s.d.*sqrt(pi/2) (46%) half-width,

measured horizontally in Y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
318.55	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.26208E+05
1552.62	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.10238E+06
2786.69	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.17856E+06
4020.77	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.25474E+06
5254.84	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.33092E+06
6488.91	1350.00	10.00	12.0	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.40709E+06
7722.98	1350.00	10.00	12.1	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.48327E+06
8957.06	1350.00	10.00	12.1	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.55945E+06
10191.13	1350.00	10.00	12.1	0.166E+01	8.92	2500.00	10.00	1.08	.63563E+06
11425.20	1350.00	10.00	12.1	0.166E+01	8.93	2500.00	10.00	1.07	.71180E+06
12659.27	1350.00	10.00	12.1	0.166E+01	8.93	2500.00	10.00	1.07	.78798E+06
13893.35	1350.00	10.00	12.1	0.166E+01	8.93	2500.00	10.00	1.07	.86416E+06

Cumulative travel time = 1549753.8750 sec

This is the REGION OF INTEREST limitation.

[illegible]

XX
XX

HYDRO2:Version-6.0.0.0 October,2009

290

DESIGN CASE: july 23

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample2.prd

Using subsystem CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges

Start of session: 10/01/2010--19:19:13

SUMMARY OF INPUT DATA:

----- AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded
Average depth HA = 11 m
Depth at discharge HD = 11 m
Ambient velocity UA = 0.051 m/s
Darcy-Weisbach friction factor F = 0.025
Wind velocity UW = 2 m/s
Stratification Type STRCND = U
Surface temperature = 8.80 degC
Bottom temperature = 8.80 degC

Calculated FRESH-WATER DENSITY values:

Surface density RHOAS = 999.7979 kg/m³
Bottom density RHOAB = 999.7979 kg/m³

----- DISCHARGE PARAMETERS: Submerged Multiport Diffuser Discharge

Diffuser type DITYPE = unidirectional perpendicular
Diffuser length LD = 42 m
Nearest bank = right
Diffuser endpoints YB1 = 35 m; YB2 = 77 m

Number of openings	$NOPEN = 15$
Number of Risers	$NRISER = 15$
Ports/Nozzles per Riser	$NPPERR = 1$
Spacing between risers/openings	$SPAC = 3 \text{ m}$
Port/Nozzle diameter	$D0 = 0.305 \text{ m}$
with contraction ratio	$= 1$
Equivalent slot width	$B0 = 0.0261 \text{ m}$
Total area of openings	$TA0 = 1.0959 \text{ m}^2$
Discharge velocity	$U0 = 1.31 \text{ m/s}$
Total discharge flowrate	$Q0 = 1.44 \text{ m}^3/\text{s}$
Discharge port height	$H0 = 3.1 \text{ m}$
Nozzle arrangement	$BETYPE = \text{unidirectional without fanning}$
Diffuser alignment angle	$GAMMA = 90 \text{ deg}$
Vertical discharge angle	$THETA = 0 \text{ deg}$
Actual Vertical discharge angle	$THEAC = 0 \text{ deg}$
Horizontal discharge angle	$SIGMA = 0 \text{ deg}$
Relative orientation angle	$BETA = 90 \text{ deg}$
Discharge temperature (freshwater)	$= 13.80 \text{ degC}$
Corresponding density	$RHO0 = 999.2736 \text{ kg/m}^3$
Density difference	$DRHO = 0.5244 \text{ kg/m}^3$
Buoyant acceleration	$GP0 = 0.0051 \text{ m/s}^2$
Discharge concentration	$C0 = 100 \%$
Surface heat exchange coeff.	$KS = 0 \text{ m/s}$
Coefficient of decay	$KD = 0 / \text{s}$

FLUX VARIABLES PER UNIT DIFFUSER LENGTH:

Discharge (volume flux) $q_0 = 0.034286 \text{ m}^2/\text{s}$
Momentum flux $m_0 = 0.045050 \text{ m}^3/\text{s}^2$
Buoyancy flux $j_0 = 0.000176 \text{ m}^3/\text{s}^3$

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

$L_Q = 0.03 \text{ m}$ $L_m = 17.32 \text{ m}$ $L_M = 14.29 \text{ m}$
 $l_m' = 99999 \text{ m}$ $L_b' = 99999 \text{ m}$ $L_a = 99999 \text{ m}$
(These refer to the actual discharge/environment length scales.)

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Slot Froude number $FR_0 = 113.42$
Port/nozzle Froude number $FR_{D0} = 33.18$
Velocity ratio $R = 25.76$

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION ZONE / AREA OF INTEREST
PARAMETERS:

Toxic discharge = no
Water quality standard specified = no
Regulatory mixing zone = yes
Regulatory mixing zone specification = width
Regulatory mixing zone value = 47 m (m^2 if area)
Region of interest = 1000 m

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = MU2 |

This flow configuration applies to a layer corresponding to the full water depth at the discharge site.

Applicable layer depth = water depth = 11 m

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at the bottom below the port center:

56 m from the right bank/shore.

Number of display steps NSTEP = 20 per module.

NEAR-FIELD REGION (NFR) CONDITIONS :

Note: The NFR is the zone of strong initial mixing. It has no regulatory implication. However, this information may be useful for the discharge designer because the mixing in the NFR is usually sensitive to the discharge design conditions.

Pollutant concentration at NFR edge $c = 4.0248 \%$

Dilution at edge of NFR $s = 24.8$

NFR Location: $x = 21 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 11 \text{ m}$

NFR plume dimensions: half-width (bh) = 15.67 m

thickness (bv) = 11 m

Cumulative travel time: 202.1483 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is less than the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent is POSITIVELY BUOYANT and will tend to rise towards the surface.

Near-field instability behavior:

The diffuser flow will experience instabilities with full vertical mixing in the near-field.

There may be benthic impact of high pollutant concentrations.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed WITHIN NEAR-FIELD at 0 m downstream, but RE-STRATIFIES LATER and is not mixed in the far-field.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 63.77 m downstream.

***** TOXIC DILUTION ZONE SUMMARY *****

No TDZ was specified for this simulation.

***** REGULATORY MIXING ZONE SUMMARY *****

The plume conditions at the boundary of the specified RMZ are as follows:

Pollutant concentration $c = 4.024794 \%$

Corresponding dilution $s = 24.8$

Plume location: $x = 21 \text{ m}$

(centerline coordinates) $y = 0 \text{ m}$

$z = 11 \text{ m}$

Plume dimensions: half-width (bh) = 23.5 m

thickness (bv) = 11 m

Cumulative travel time < 202.1483 sec. (RMZ is within NFR)

***** FINAL DESIGN ADVICE AND COMMENTS *****

CORMIX2 uses the TWO-DIMENSIONAL SLOT DIFFUSER CONCEPT to represent

the actual three-dimensional diffuser geometry. Thus, it approximates the details of the merging process of the individual jets from each port/nozzle.

In the present design, the spacing between adjacent ports/nozzles (or riser assemblies) is of the order of, or less than, the local water depth so that the slot diffuser approximation holds well.

Nevertheless, if this is a final design, the user is advised to use a final CORMIX1 (single port discharge) analysis, with discharge data for an individual diffuser jet/plume, in order to compare to the present near-field prediction.

REMINDER: The user must take note that HYDRODYNAMIC MODELING by any known

technique is NOT AN EXACT SCIENCE.

Extensive comparison with field and laboratory data has shown that the CORMIX predictions on dilutions and concentrations (with associated plume geometries) are reliable for the majority of cases and are accurate to within about +/-50% (standard deviation).

BANK = RIGHT DISTB = 56.00 YB1 = 35.00 YB2 = 77.00

LD = 42.00 NOPEN = 15 SPAC = 3.00

D0 = 0.305 A0 = 0.073 H0 = 3.10 SUB0 = 7.90

Nozzle/port arrangement: unidirectional_without_fanning

GAMMA = 90.00 THETA = 0.00 SIGMA = 0.00 BETA = 90.00

U0 = 1.314 Q0 = 1.440 =0.1440E+01

RHO0 = 999.2736 DRHO0 =0.5244E+00 GP0 =0.5143E-02

C0 =0.1000E+03 CUNITS= %

IPOLL = 1 KS =0.0000E+00 KD =0.0000E+00

FLUX VARIABLES - PER UNIT DIFFUSER LENGTH (metric units)

q0 =0.3429E-01 m0 =0.4505E-01 j0 =0.1763E-03 SIGNJ0= 1.0

Associated 2-d length scales (meters)

lQ=B = 0.026 lM = 14.29 l m = 17.32

lmp = 99999.00 lbp = 99999.00 la = 99999.00

FLUX VARIABLES - ENTIRE DIFFUSER (metric units)

Q0 =0.1440E+01 M0 =0.1892E+01 J0 =0.7406E-02

Associated 3-d length scales (meters)

LQ = 0.27 LM = 18.75 Lm = 26.97 Lb = 55.83

Lmp = 99999.00 Lbp = 99999.00

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0 = 113.42 FRD0 = 33.18 R = 25.76 PL = 9.98

(slot) (port/nozzle)

BEGIN MOD201: DIFFUSER DISCHARGE MODULE

Due to complex near-field motions: EQUIVALENT SLOT DIFFUSER (2-D)
GEOMETRY

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) half-width, in vertical plane normal to trajectory

BH = top-hat half-width, in horizontal plane normal to trajectory

S = hydrodynamic centerline dilution

C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

Uc = Local centerline excess velocity (above ambient)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	Uc	TT
0.00	0.00	3.10	1.0	0.100E+03	0.02	21.00	1.263	.00000E+00

END OF MOD201: DIFFUSER DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD271: ACCELERATION ZONE OF UNIDIRECTIONAL CO-
FLOWING DIFFUSER

In this laterally contracting zone the diffuser plume becomes VERTICALLY FULLY
MIXED over the entire layer depth (HS = 11.00m).

Full mixing is achieved after a plume distance of about five
layer depths from the diffuser.

Profile definitions:

BV = layer depth (vertically mixed)

BH = top-hat half-width, in horizontal plane normal to trajectory

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	3.10	1.0	0.100E+03	0.02	21.00	.00000E+00
1.05	0.00	3.15	6.3	0.158E+02	0.55	20.26	.40618E+01
2.10	0.00	3.19	8.5	0.117E+02	1.10	19.61	.10252E+02
3.15	0.00	3.24	10.2	0.977E+01	1.65	19.06	.17561E+02
4.20	0.00	3.28	11.7	0.857E+01	2.20	18.57	.25665E+02
5.25	0.00	3.33	12.9	0.774E+01	2.75	18.15	.34387E+02
6.30	0.00	3.37	14.1	0.711E+01	3.30	17.78	.43615E+02
7.35	0.00	3.42	15.1	0.662E+01	3.85	17.44	.53271E+02
8.40	0.00	3.47	16.1	0.622E+01	4.40	17.15	.63298E+02
9.45	0.00	3.51	17.0	0.588E+01	4.95	16.88	.73651E+02
10.50	0.00	3.56	17.9	0.560E+01	5.50	16.64	.84295E+02
11.55	0.00	3.60	18.7	0.535E+01	6.05	16.43	.95201E+02
12.60	0.00	3.65	19.5	0.514E+01	6.60	16.25	.10634E+03
13.65	0.00	3.70	20.2	0.494E+01	7.15	16.10	.11771E+03
14.70	0.00	3.74	21.0	0.477E+01	7.70	15.97	.12927E+03
15.75	0.00	3.79	21.7	0.462E+01	8.25	15.87	.14102E+03
16.80	0.00	3.83	22.3	0.448E+01	8.80	15.80	.15294E+03

17.85	0.00	3.88	23.0	0.435E+01	9.35	15.74	.16502E+03
18.90	0.00	3.92	23.6	0.423E+01	9.90	15.70	.17726E+03
19.95	0.00	3.97	24.2	0.413E+01	10.45	15.68	.18964E+03
21.00	0.00	4.02	24.8	0.402E+01	11.00	15.67	.20215E+03

Cumulative travel time = 202.1483 sec

Plume centerline may exhibit slight discontinuities in transition
to subsequent far-field module.

END OF MOD271: ACCELERATION ZONE OF UNIDIRECTIONAL CO-
FLOWING DIFFUSER

BEGIN MOD251: DIFFUSER PLUME IN CO-FLOW

Phase 1: Vertically mixed, Phase 2: Re-stratified

Phase 2: The flow has RESTRATIFIED at the beginning of this zone.

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

END OF MOD251: DIFFUSER PLUME IN CO-FLOW

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

The initial plume WIDTH values in the next far-field module will be
CORRECTED by a factor 2.04 to conserve the mass flux in the far-field!

The correction factor is quite large because of the small ambient velocity
relative to the strong mixing characteristics of the discharge!

This indicates localized RECIRCULATION REGIONS and internal hydraulic
JUMPS.

Width predictions show discontinuities, dilution values should be acceptable.

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region
**

In this prediction interval the TOTAL plume width meets or exceeds
the regulatory value = 47.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

BEGIN MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally in y-direction

ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)

ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)

S = hydrodynamic average (bulk) dilution

C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
21.00	0.00	11.00	24.8	0.402E+01	11.00	31.89	11.00	0.00	.20215E+03
23.14	0.00	11.00	25.1	0.398E+01	10.65	33.29	11.00	0.35	.24408E+03
25.28	0.00	11.00	25.4	0.394E+01	10.33	34.66	11.00	0.67	.28601E+03

27.42	0.00	11.00	25.6	0.390E+01	10.04	36.00	11.00	0.96	.32794E+03
29.55	0.00	11.00	25.8	0.387E+01	9.78	37.32	11.00	1.22	.36987E+03
31.69	0.00	11.00	26.1	0.384E+01	9.53	38.61	11.00	1.47	.41180E+03
33.83	0.00	11.00	26.3	0.381E+01	9.30	39.88	11.00	1.70	.45373E+03
35.97	0.00	11.00	26.5	0.378E+01	9.09	41.14	11.00	1.91	.49566E+03
38.11	0.00	11.00	26.7	0.375E+01	8.89	42.37	11.00	2.11	.53759E+03
40.25	0.00	11.00	26.9	0.372E+01	8.70	43.59	11.00	2.30	.57952E+03
42.38	0.00	11.00	27.1	0.370E+01	8.53	44.79	11.00	2.47	.62145E+03
44.52	0.00	11.00	27.2	0.367E+01	8.36	45.97	11.00	2.64	.66338E+03
46.66	0.00	11.00	27.4	0.365E+01	8.21	47.14	11.00	2.79	.70531E+03
48.80	0.00	11.00	27.6	0.363E+01	8.06	48.30	11.00	2.94	.74724E+03
50.94	0.00	11.00	27.7	0.361E+01	7.92	49.44	11.00	3.08	.78917E+03
53.08	0.00	11.00	27.9	0.359E+01	7.79	50.56	11.00	3.21	.83110E+03
55.21	0.00	11.00	28.0	0.357E+01	7.66	51.68	11.00	3.34	.87303E+03
57.35	0.00	11.00	28.2	0.355E+01	7.54	52.78	11.00	3.46	.91496E+03
59.49	0.00	11.00	28.3	0.353E+01	7.43	53.87	11.00	3.57	.95688E+03
61.63	0.00	11.00	28.5	0.351E+01	7.32	54.95	11.00	3.68	.99881E+03
63.77	0.00	11.00	28.6	0.349E+01	7.21	56.02	11.00	3.79	.10407E+04

Cumulative travel time = 1040.7444 sec

Plume is ATTACHED to RIGHT bank/shore.

Plume width is now determined from RIGHT bank/shore.

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL	TT
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

63.77 .10407E+04	-56.00	11.00	28.6	0.349E+01	7.21	112.00	11.00	3.79
110.58 .19586E+04	-56.00	11.00	30.0	0.334E+01	6.31	134.16	11.00	4.69
157.39 .28765E+04	-56.00	11.00	31.1	0.322E+01	5.68	154.58	11.00	5.32
204.20 .37944E+04	-56.00	11.00	32.1	0.312E+01	5.21	173.69	11.00	5.79
251.01 .47122E+04	-56.00	11.00	32.9	0.304E+01	4.85	191.77	11.00	6.15
297.83 .56301E+04	-56.00	11.00	33.7	0.296E+01	4.56	209.00	11.00	6.44
344.64 .65480E+04	-56.00	11.00	34.5	0.290E+01	4.32	225.51	11.00	6.68
391.45 .74659E+04	-56.00	11.00	35.2	0.284E+01	4.11	241.40	11.00	6.89
438.26 .83837E+04	-56.00	11.00	35.8	0.279E+01	3.94	256.76	11.00	7.06
485.07 .93016E+04	-56.00	11.00	36.5	0.274E+01	3.79	271.63	11.00	7.21
531.88 .10219E+05	-56.00	11.00	37.1	0.270E+01	3.66	286.09	11.00	7.34
578.70 .11137E+05	-56.00	11.00	37.7	0.265E+01	3.55	300.15	11.00	7.45
625.51 .12055E+05	-56.00	11.00	38.3	0.261E+01	3.44	313.87	11.00	7.56
672.32 .12973E+05	-56.00	11.00	38.9	0.257E+01	3.35	327.27	11.00	7.65
719.13 .13891E+05	-56.00	11.00	39.5	0.253E+01	3.27	340.37	11.00	7.73
765.94 .14809E+05	-56.00	11.00	40.1	0.250E+01	3.20	353.20	11.00	7.80

Cumulative travel time = 19398.2266 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 1000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD241: BUOYANT AMBIENT SPREADING

CORMIX2: Multiport Diffuser Discharges End of Prediction File

[illegible]

