ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

ΦΥΤΑΝΟΓΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

<u>ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ</u>

ΤΣΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΚΑΡΑΦΥΛΛΗΣ ΙΑΣΩΝ

ΤΣΟΥΤΣΟΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ

ΧΑΝΙΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική σκοπό έχει τη μελέτη διαφόρων περιπτώσεων επιφανειακής απόρριψης θερμικών αποβλήτων με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου CORMIX.

Στο 2^{ο} κεφάλαιο παρατίθενται κάποιες βασικές πληροφορίες για τα πλούμια και τις δέσμες ροής, όπως το πώς συμπεριφέρονται μετά την απόρριψή τους αλλά και πως επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως το βάθος ή τα ρεύματα του περιβάλλοντος. Δίνονται, ακόμα, κάποια στοιχεία για τους υποβρύχιους διαχυτήρες.

Το 3^{ο} κεφάλαιο εξετάζει τις επιφανειακές απορρίψεις. Αναλύεται η γεωμετρία του περιβάλλοντος καθώς και όλες οι κατηγορίες ροής που μπορούν να δημιουργηθούν έπειτα από επιφανειακή απόρριψη.

Στο 4^{ο} κεφάλαιο ξεκινάει η περιγραφή του προγράμματος CORMIX όπου αναλύονται όλα τα δεδομένα που χρειάζεται να εισαχθούν.

Τέλος, στο 5^{ο} κεφάλαιο υπάρχουν διάφορες εφαρμογές για υποθετικές αλλά και πραγματικές περιπτώσεις ρύπανσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ iii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ vii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΡΑΙΩΣΗΣ 4
2.1. ΦΥΣΙΚΗ ΠΛΟΥΜΙΩΝ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ 4
2.1.1. ΑΠΛΗ ΔΕΣΜΗ ΕΚΡΟΗΣ ΜΟΝΟΥ ΒΥΘΙΣΜΕΝΟΥ ΔΙΑΧΥΤΗΡΑ 4
2.1.2. ΠΛΟΥΜΙΑ ΚΑΙ ΔΕΣΜΕΣ ΡΟΗΣ 5
2.1.3. ΖΩΝΕΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ 6
2.1.3.1. ΕΓΓΥΣ ΖΩΝΗ 7
2.1.3.2. ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΖΩΝΗ 7
2.1.3.3. ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ 8
2.1.4. ΒΑΘΟΣ 8
2.1.5. ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ 10
2.1.6. ΡΕΥΜΑΤΑ 12
2.2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΔΙΑΧΥΤΗΡΩΝ 12
2.2.1. ΔΙΑΧΥΤΗΡΕΣ ΜΟΝΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ 14
2.2.2. ΔΙΑΧΥΤΗΡΕΣ ΕΞΟΔΩΝ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ 15
2.2.3. ΔΙΑΧΥΤΗΡΕΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ 15
3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΠΟΡΡΙΨΕΙΣ 16
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 16
3.2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ 18
3.3. ΓΕΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΔΕΣΜΩΝ 20
3.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΟΗΣ 21
3.4.1. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΔΕΣΜΗ ΡΟΗΣ 21
3.4.2. ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ ΠΛΟΥΜΙΑ 22
3.4.3. WALL JET 23
3.4.4. ΑΝΑΝΤΗ ΔΙΑΧΕΟΜΕΝΑ ΠΛΟΥΜΙΑ 24
3.5. ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΗΚΟΥΣ 24
3.5.1. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΕΚΡΟΗΣ 25
3.5.2. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΔΕΣΜΗΣ ΡΟΗΣ - ΠΛΟΥΜΙΟΥ 25

3.5.3. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΔΕΣΜΗΣ ΡΟΗΣ – ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ 25
3.5.4. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΠΛΟΥΜΙΟΥ – ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ..... 25
3.6. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΗΚΟΥΣ..... 26
3.7. ΑΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ..... 26
3.8. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ 27
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ CORMIX3..... 29
4.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ 29
4.1.1. ΟΡΙΟΘΕΤΗΜΕΝΗ ΥΔΑΤΙΝΗ ΜΑΖΑ..... 29
4.1.2. ΜΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΜΕΝΗ ΥΔΑΤΙΝΗ ΜΑΖΑ 31
4.1.3. ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ..... 31
4.2. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ 32
4.3. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ..... 33
4.4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ..... 34
4.4.1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ 35
4.4.2. ΕΚΡΟΗ..... 36
4.5. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΡΥΠΑΝΤΩΝ..... 36
4.6. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΖΩΝΗΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ..... 37
4.7. ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ 38
5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ..... 39
5.1. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1 – ΚΟΛΠΟΣ HUMBER BAY..... 39
5.1.1. 17 ΙΟΥΛΙΟΥ – ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 39
5.1.2. 17 ΙΟΥΛΙΟΥ – ΜΗ ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ..... 45
5.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2 – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ 50
5.2.1. ΣΕΝΑΡΙΟ 1^{O} – ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ..... 50
5.2.2. 2^{O} ΣΕΝΑΡΙΟ – ΜΗ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ 58
5.3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 3 – ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... 64
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 73
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 74
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 76
Α. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX HUMBER BAY - ΙΣΟΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ..... 76
Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX HUMBER BAY - ΜΗ ΙΣΟΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 89
Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ – ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ 101
Δ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ – ΜΗ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ..... 116

Ε. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX – ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 128
ΣΤ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX – ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΑΓΩΓΟΥ) 142

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

F_D	Πυκνομετρικός αριθμός Froude
b_0	Πλάτος αγωγού εκροής
CCC	Κρίσιμη συνεχόμενη συγκέντρωση
CMC	Κρίσιμη μέγιστη συγκέντρωση
D	Διάμετρος εξόδου
F	Συντελεστής τριβής Darcy - Weisbach
G	Επιτάχυνση της βαρύτητας
g_0'	Ελλατούμενη επιτάχυνση της βαρύτητας
h_0	Ύψος εξόδων από τον πυθμένα
h_0	Βάθος αγωγού εκροής
H	Μέσο βάθος
H_D	Βάθος στην εκροή
J_0	Άνωση
L	Μήκος διαχυτήρα
L	Διάκενο μεταξύ των εξόδων
L_b	Κλίμακα μήκους πλουμίου - διασταυρούμενης ροής
L_M	Κλίμακα μήκους δέσμης ροής - πλουμίου
L_m	Κλίμακα μήκους δέσμης ροής - διασταυρούμενης ροής
L_Q	Κλίμακα μήκους εκροής
M_0	Ορμή
N	Συντελεστής Manning
N	Αριθμός εξόδων ή ακροφυσίων
Q_0	Παροχή
RMZ	Ζώνη κανονικής ανάμιξης
ROI	Χωρική περιοχή ενδιαφέροντος
T_a	Θερμοκρασία περιβάλλοντος
T_d	Θερμοκρασία εκροής
TDZ	Ζώνη τοξικής ανάμιξης
u_0	Ταχύτητα εκροής στην έξοδο
u_a	Ταχύτητα περιβάλλοντος
u_w	Ταχύτητα ανέμου
β	Γωνία προσανατολισμού των εξόδων σε σχέση με το διαχυτήρα
γ	Γωνία ευθυγράμμισης του διαχυτήρα ως προς τη ροή περιβάλλοντος
θ	Κάθετη γωνία απόρριψης
ρ_0	Παροχή εκροής
ρ_α	Πυκνότητα περιβάλλοντος
σ	Οριζόντια γωνία απόρριψηςως προς το ρεύμα περιβάλλοντος

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Δέσμη ροής εξερχόμενη από υποβρύχια έξοδο 5
Εικόνα 2. Ρυπαντής εξερχόμενος από υποβρύχια έξοδο: Α) Πλούμιο Β) Δέσμη ροής υπό άνωση C) Δέσμη ροής 6
Εικόνα 3. Κοντινή και ενδιάμεση ζώνης ανάμιξης 8
Εικόνα 4. Μετάβαση από σταθερό σε μη σταθερό κοντινό πεδίο 10
Εικόνα 5. Στρωματοποίηση λίμνης 11
Εικόνα 6. Διαχυτήρας πολλαπλών εξόδων σε βαθιά νερά: σταθερή δέσμη ροής υπό άνωση 13
Εικόνα 7. Διαχυτήρας πολλαπλών εξόδων σε ρηχά νερά: ασταθής ροή 13
Εικόνα 8. Γεωμετρία περιβάλλοντος σε επιφανειακή απορροή 19
Εικόνα 9. Αναπαράσταση ελεύθερης δέσμης ροής 22
Εικόνα 10. Αναπαράσταση πλουμίου που προσκολλάται στην ακτή 23
Εικόνα 11. Αναπαράσταση wall jet 24
Εικόνα 12. Κατηγοριοποίηση ροής επιφανειακών απορρίψεων 28
Εικόνα 13. Τύποι στρωματοποίησης πυκνότητας 33
Εικόνα 14. Τύποι επιφανειακών απορροών 34
Εικόνα 15. Κατηγορία ροής ισόθερμης περίπτωσης 17 Ιούλη 40
Εικόνα 16. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y, x-z 41
Εικόνα 17. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue 42
Εικόνα 18. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση 43
Εικόνα 19. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής 44
Εικόνα 20. Κατηγορία ροής μη ισόθερμης περίπτωσης 17 Ιούλη 46
Εικόνα 21. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z 47
Εικόνα 22. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue 48
Εικόνα 23. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση 49
Εικόνα 24. Κατηγορία ροής 51
Εικόνα 25. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z 52
Εικόνα 26. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue 54
Εικόνα 27. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση 55
Εικόνα 28. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής 56
Εικόνα 29. Απεικόνιση του περιβάλλοντος εκροής 57
Εικόνα 30. Κατηγορία ροής 59
Εικόνα 31. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue 61
Εικόνα 32. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση 62
Εικόνα 33. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής 63

Εικόνα 34. Κατηγορία ροής 65
Εικόνα 35. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z 66
Εικόνα 36. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue 67
Εικόνα 37. Απεικόνιση της θερμοκρασίας ως προς την απόσταση 68
Εικόνα 38. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής..... 69
Εικόνα 39. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue 70
Εικόνα 40. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z 71
Εικόνα 41. Απεικόνιση της θερμοκρασίας ως προς την απόσταση 72

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδρόσφαιρα, όπως και η ατμόσφαιρα είναι εξαιρετικής σημασίας για την ανθρωπότητα. Και οι δύο είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη μετάδοση βασικών στοιχείων που εγγυώνται τη ζωή στον πλανήτη. Σήμερα, ολοένα και περισσότεροι ρύποι εισέρχονται στον υδρολογικό κύκλο, γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη μοντελοποίηση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στις υδάτινες λεκάνες, ιδιαίτερα για περιπτώσεις ρυπασμένων εκροών.

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 εκροής, 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 σχηματοποιηθεί 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 εκροών. 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 εκροή 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 εκροής, στα χαρακτηριστικά της ζώνης ανάμιξης που ορίζει η νομοθεσία και στη ζώνη τοξικής ανάμιξης. Συλλέγει τα δεδομένα, πραγματοποιεί υδροδυναμικές αναλύσεις, συγκεντρώνει τα χαρακτηριστικά αραίωσης μαζί με τους νομικούς περιορισμούς και προτείνει αλλαγές στο σχεδιασμό της εκροής ούτως ώστε να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά της αραίωσης. 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.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΡΑΙΩΣΗΣ

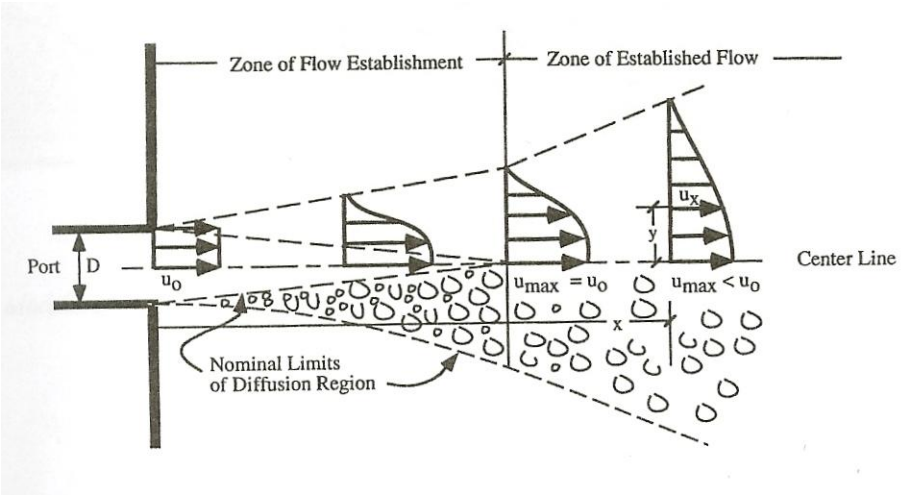
2.1. ΦΥΣΙΚΗ ΠΛΟΥΜΙΩΝ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Η διάλυση επιτυγχάνεται μέσω του μηχανισμού ενσωμάτωσης υλικών από το περιβάλλον στο πλούμιο. Αυτό μπορεί να περιγραφεί ως η διαδικασία με την οποία το υγρό ρέει στο εσωτερικό του πλουμίου μέσω της εξωτερικής επιφάνειας. Για την περαιτέρω κατανόηση της φυσικής της ροής γύρω από ένα διαχυτήρα ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα.

2.1.1. ΑΠΛΗ ΔΕΣΜΗ ΕΚΡΟΗΣ ΜΟΝΟΥ ΒΥΘΙΣΜΕΝΟΥ ΔΙΑΧΥΤΗΡΑ

Στην Εικόνα 1 φαίνεται μία δέσμη εξερχόμενη από μονό διαχυτήρα ο οποίος είναι βυθισμένος σε στάσιμα ύδατα μεγαλύτερης πυκνότητας. Η δέσμη έχει υψηλή ταχύτητα ροής, η κινητική ενέργεια της οποίας θα διαχέεται λόγω επαφής με το γύρω υγρό. Λόγω της διάχυσης αυτής προκαλείται η επιθυμητή διάλυση [2].

Η διάχυση ξεκινάει αμέσως μετά την έξοδο όπου η εκροή υπόκειται σε επιτάχυνση λόγω άνωσης. Η δέσμη αρχίζει να ανυψώνεται στην επιφάνεια εξαιτίας της μικρότερης πυκνότητάς του. Η σχετική κίνηση μεταξύ της εκροής και του στάσιμου νερού αναπτύσσει μία αστάθεια στην περίμετρο του ρεύματος, δημιουργώντας δίνες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μία διαδικασία πλευρικής μίξης που εξελίσσεται εσωτερικά και εξωτερικά απομακρυνόμενο από την έξοδο. Το σημείο στο οποίο η περιοχή ανάμιξης διαπερνά τον άξονα της δέσμης σηματοδοτεί την αρχική ζώνη εγκαθίδρυσης της ροής. Η ταχύτητα σταδιακά μειώνεται όσο ανέρχεται εκτός από την αρχική περιοχή όπου υπάρχει μία επιτάχυνση λόγω του g_0’, που είναι η ελλατούμενη επιτάχυνση της βαρύτητας και ισούται με $g(\rho_\alpha - \rho_0)/\rho_\alpha$. Έτσι, η δέσμη ροής θα αυξηθεί όσο αυξάνει και η απόσταση. Η ζώνη αυτή είναι περίπου 6 φορές τη διάμετρο της εξόδου σε μήκος όταν είναι κυκλική και 5 φορές σε πλάτος τη διάμετρο της εξόδου όταν είναι ορθογώνια [2].

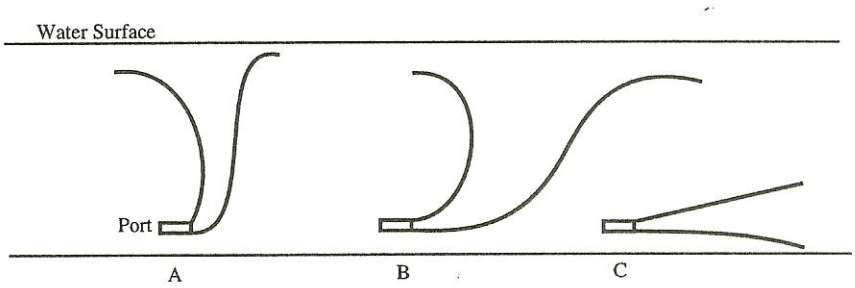


Εικόνα 1. Δέσμη ροής εξερχόμενη από υποβρύχια έξοδο

Η αρχική ζώνη της ροής τελειώνει μόλις το κεντρικό κομμάτι της δέσμης έχει γίνει τυρβώδες. Η μετάβαση από τη ζώνη αυτή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. [20]

2.1.2. ΠΛΟΥΜΙΑ ΚΑΙ ΔΕΣΜΕΣ ΡΟΗΣ

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 [20]. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται οι τρεις κατηγορίες πλουμίων και δεσμών ροής που μπορούν να δημιουργηθούν όταν ένας ρυπαντής εξέρχεται από υποβρύχιο διαχυτήρα.



Εικόνα 2. Ρυπαντής εξερχόμενος από υποβρύχια έξοδο: Α) Πλούμιο Β) Δέσμη ροής υπό άνωση C) Δέσμη ροής

Μία πολύ σημαντική παράμετρος στα μοντέλα αραίωσης είναι ο πυκνομετρικός αριθμός Froude F_D. Ορίζεται ως ο λόγος των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις βαρύτητας και υπολογίζεται από τον τύπο $F_D = {u_0}/{\left(g_0' \cdot D\right)^{1/2}}$ [20].

Όπου u_0 είναι η ταχύτητα εκροής από την έξοδο

D η διάμετρος της εξόδου

g_0' η ελλατούμενη επιτάχυνση της βαρύτητας που ισούται με $g(\rho_\alpha - \rho_0)/\rho_\alpha$ όπου ρ_0 είναι η πυκνότητα των λυμάτων, ρ_α η πυκνότητα περιβάλλοντος και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

2.1.3. ΖΩΝΕΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ

Η υδροδυναμική συμπεριφορά υγρών αποβλήτων που απορρίπτονται συνεχώς μπορεί να γίνει αντιληπτή σαν διαδικασία ανάμιξης που συμβαίνει σε δύο ξεχωριστά πεδία, το κοντινό και το μακρινό.

Λόγω του ευρέως φάσματος των κλιμάκων χώρου και χρόνου κάτω από τις οποίες συμβαίνουν οι διεργασίες ανάμιξης, είναι πρακτικά αδύνατο να αναπτυχθεί ένα αριθμητικό μοντέλο ικανό να καλύψει τόσο το κοντινό όσο και το μακρινό πεδίο. Οι περισσότερες αναλύσεις χρησιμοποιούν ξεχωριστά μοντέλα για το κοντινό και ξεχωριστά μοντέλα για το μακρινό πεδίο [14].

Μοντέλα για τα κοντινά πεδία ασχολούνται με την αρχική ανάμιξη που λαμβάνει χώρα μέσα σε λίγα λεπτά και καλύπτει ένα εύρος δεκάδων έως εκατοντάδων μέτρων.

Τα μοντέλα για τα μακρινά πεδία ασχολούνται με τις διαδικασίες ανάμιξης που λαμβάνουν χώρα μέσα σε μερικές ημέρες έως και μήνες και καλύπτουν ένα εύρος δεκάδων έως εκατοντάδων χιλιομέτρων [14].

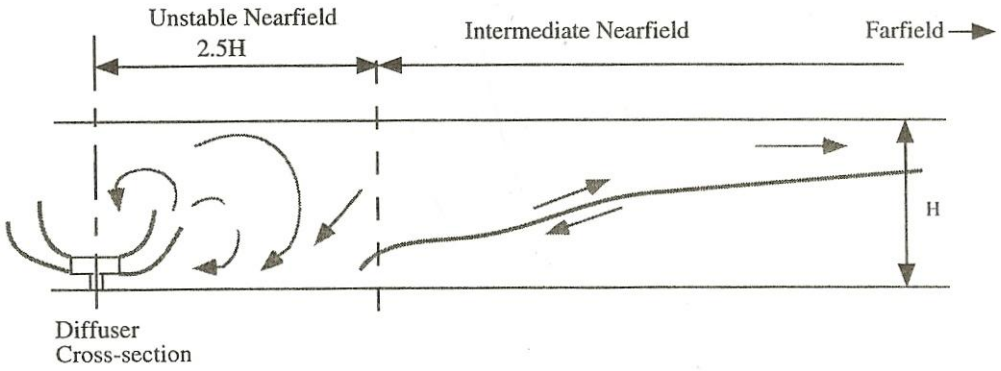
Το πρόβλημα με τη χρήση διαφορετικών μοντέλων έγκειται στο ότι οι αλληλεπιδράσεις των δύο πεδίων δεν λαμβάνονται υπόψη [14].

2.1.3.1. ΕΓΓΥΣ ΖΩΝΗ

Το κοντινό πεδίο ή αρχική ζώνη ανάμιξης περιλαμβάνει τις αρχικές ζώνες εγκαθίδρυσης της ροής. Όλη η αρχική ανάμιξη που οφείλεται στη διάχυση της κινητικής ενέργειας λαμβάνει χώρα στη ζώνη αυτή. Τα αρχικά χαρακτηριστικά της ορμής, της άνωσης και της γεωμετρίας της εκροής επηρεάζουν την πορεία της δέσμης ροής και την ανάμιξη. Περιλαμβάνει οποιαδήποτε αλληλεπίδραση επιφανειακή ή με το κατώτερο στρώμα. Στην περιοχή αυτή, ο σχεδιασμός της εκροής μπορεί να επηρεάσει τα αρχικά χαρακτηριστικά ανάμιξης μέσω της κατάλληλης επιλογής των μεταβλητών σχεδιασμού [20].

2.1.3.2. ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΖΩΝΗ

Ορισμένα μοντέλα ροής παρουσιάζουν μία ενδιάμεση ζώνη μεταξύ του κοντινού και του απομακρυσμένου πεδίου. Στην Εικόνα 3 φαίνεται ένας διαχυτήρας σε στάσιμα νερά. Στην ασταθή κοντινή ζώνη δημιουργείται πλήρης κατακόρυφη ανάμιξη. Η περιοχή αυτή σηματοδοτεί τη μετάβαση από την κάθετη ροή του ρεύματος σε μία οριζόντια κίνηση που τείνει να το εξαπλώσει. Στον άνω τομέα δημιουργείται στρωματοποιημένη περιοχή. Το επιφανειακό στρώμα κινείται κατάντη λόγω ορμής και εξαπλώνεται εγκάρσια. Η ροή χαρακτηρίζεται από οριζόντιες κινήσεις [1].



Εικόνα 3. Κοντινή και ενδιάμεση ζώνης ανάμιξης

2.1.3.3. ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ

Όσο η δέσμη ροής ταξιδεύει μακριά από την πηγή, τα χαρακτηριστικά αυτής γίνονται όλο και λιγότερο σημαντικά. Το πεδίο αυτό χαρακτηρίζεται από διάχυση και οριζόντια μεταφορά. Οι συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον θα επηρεάσουν την πορεία και την αραίωση της δέσμης. Οι ιδιότητες της ροής και της διάλυσης επηρεάζονται πλέον μόνο από περιβαλλοντικούς παράγοντες [18]. Το μακρινό πεδίο αποτελείται από δύο διαδικασίες ανάμιξης και η προσομοίωση στο CORMIX γίνεται υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Αν υπάρχει άνωση θα υπάρχει μία περιοχή που θα επηρεάζεται από την πυκνότητα ακολουθούμενη από μία περιοχή στην οποία γίνεται η διάχυση.
- Αν δεν υπάρχει άνωση θα υπάρχει μόνο η περιοχή της διάχυσης.

Η περιοχή της πυκνότητας χαρακτηρίζεται από οριζόντια εξάπλωση και σταδιακή κάθετη λέπτυνση της ροής του ρυπαντή. Κάθετη αλληλεπίδραση με μία ή και με δύο όχθες είναι δυνατό να συμβεί.

2.1.4. ΒΑΘΟΣ

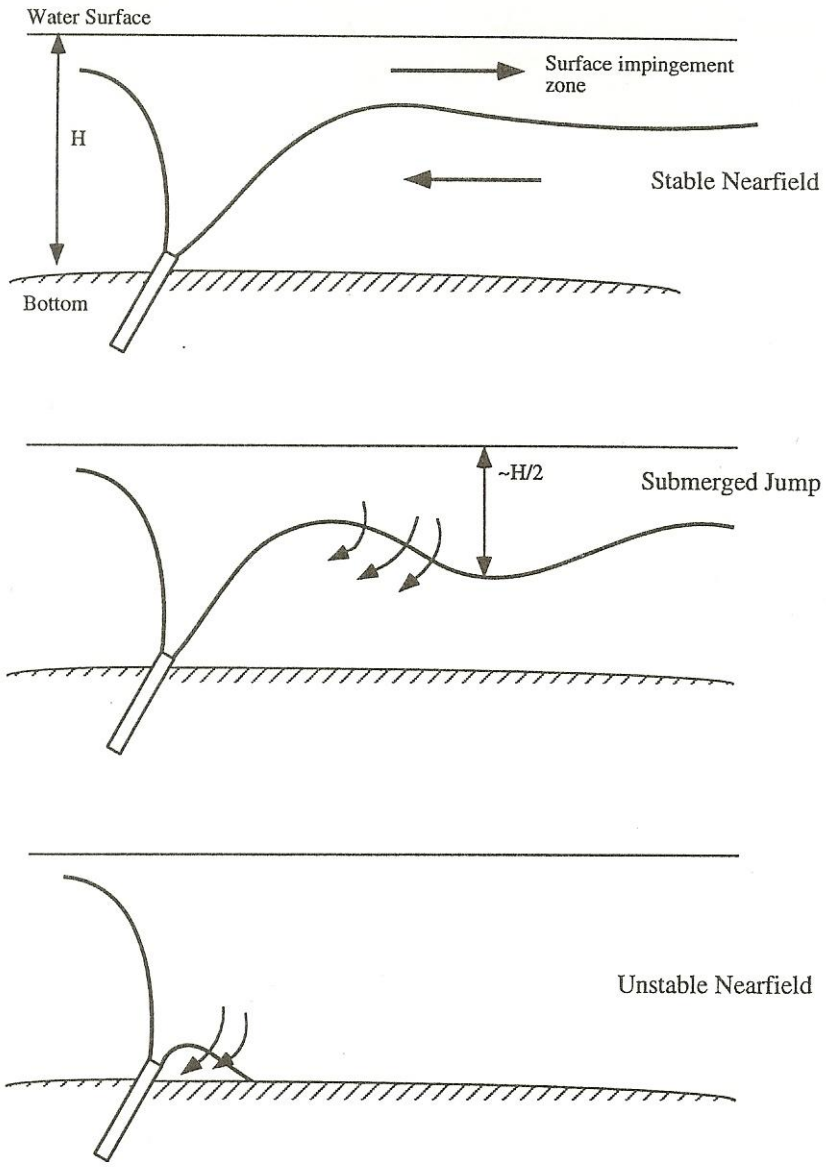
Πλούμια τα οποία ανυψώνονται λόγω άνωσης προς την επιφάνεια σα σταθερές στήλες ακολουθούμενα από πλευρική εξάπλωση συναντώνται συνήθως σε βαθιά νερά με δέσμες ροής μικρού αριθμού Froude. Γλυκό νερό περιβάλλοντος συνεχώς ενσωματώνεται στη δέσμη ροής. Το πάχος του στρώματος εξάπλωσης που επιτυγχάνεται στην επιφάνεια είναι ανάλογο με το βάθος [16]. Για ένα καθαρό

πλούμιο το στρώμα εξάπλωσης ισοδυναμεί με το 15% του βάθους ενώ για μία δέσμη ροής ισοδυναμεί με το 15-20% του βάθους [9].

Σε περίπτωση που το βάθος της περιοχής είναι μικρό και ο πυκνομετρικός αριθμός Froude μεγάλος, τότε η ροή ενδέχεται να γίνει ασταθής. Όταν η δέσμη προσκρούει στην ελεύθερη επιφάνεια σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα το οποίο ακολουθεί μία οριζόντια εξάπλωση και έπειτα ένα αδύναμο υδραυλικό άλμα (απότομη πτώση κινητικής ενέργειας). Όσο αυξάνει ο πυκνομετρικός αριθμός Froude, τόσο αυξάνει και το στρώμα, γεγονός που οδηγεί σε αστάθεια. Η αστάθεια συμβαίνει όταν το υδραυλικό άλμα φτάσει το ήμισυ του βάθους [6]. Αν ο πυκνομετρικός αριθμός Froude είναι πολύ μεγάλος το πάχος του άλματος μπορεί να γίνει ίσο με το συνολικό βάθος και το πλούμιο να ξαναεισάγει ρυπασμένο νερό. Σε αυτή την περίπτωση η κοντινή ζώνη είναι πλήρως αναμιγμένη κάθετα (Εικόνα 4).

Η δύναμη της αδράνειας είναι η αποσταθεροποιητική δύναμη ενώ η δύναμη της άνωσης είναι η σταθεροποιητική. Έτσι, η αστάθεια ξεκινάει όταν η αδράνεια υπερβαίνει τη δύναμη της άνωσης [10].

Αν η εκροή του διαχυτήρα είναι κοντά σε λίμνη ή στο βυθό, η δέσμη ροής μπορεί να προσκολληθεί στον πυθμένα γεγονός γνωστό σαν προσκόλληση Coanda. Η εγγύτητα του βυθού (ύψος της εξόδου) και το βάθος του νερού έχουν σημασία στα μοντέλα ροής της κοντινής ζώνης για οριζόντιες δέσμες που εξέρχονται από κυλινδρικούς σωλήνες. Η προσκόλληση Coanda έχει καθοριστική σημασία στα αρχικά στάδια δημιουργίας ενός πλουμίου [20].



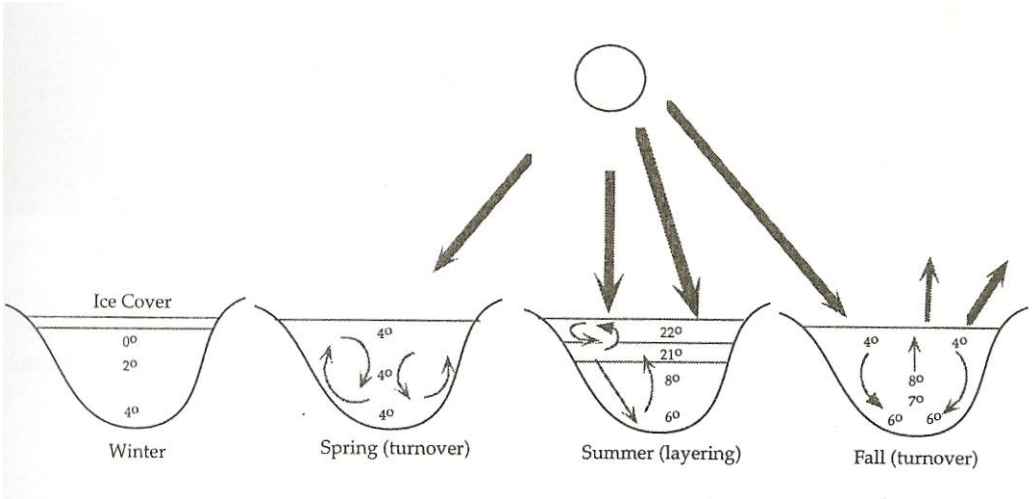
Εικόνα 4. Μετάβαση από σταθερό σε μη σταθερό κοντινό πεδίο

2.1.5. ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

Διαφοροποιήσεις στην πυκνότητα σε σχέση με το βάθος του αποδέκτη ενδέχεται να συμβούν σε διάφορες εποχές. Η στρωματοποίηση που δημιουργείται μπορεί να οδηγήσει σε ποικίλες αραιώσεις κατά τη διάρκεια ενός έτους. Για παράδειγμα, η θέρμανση της επιφάνειας του νερού την άνοιξη προκαλεί αλλαγές σε σχέση με την κατάσταση που επικρατούσε το χειμώνα καθώς το θερμότερο νερό ανυψώνεται.

Περαιτέρω θέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού προκαλεί τη δημιουργία ενός ακόμα στρώματος, του θερμοκλινούς, φαινόμενο που παύει το φθινόπωρο λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Το νερό παγώνει, γίνεται πυκνότερο και βυθίζεται. Η μέγιστη πυκνότητα του γλυκού νερού συναντάται στους 4° C, οπότε ένα στρώμα πάγου στην επιφάνεια δημιουργεί ήπια στρωματοποίηση [4].

Μία δέσμη υπό άνωση, που εκρέει σε μία στρωματοποιημένη μάζα νερού, εισάγει υγρό μεγαλύτερης πυκνότητας. Το πλούμιο ανυψώνεται έως ότου να έρθει σε ισορροπία με την πυκνότητα του περιβάλλοντος της περιοχής. Στο σημείο αυτό παγιδεύεται σε ένα τελικό ύψος και η εξάπλωση πλέον από κάθετη γίνεται οριζόντια.



Εικόνα 5. Στρωματοποίηση λίμνης

Τα φαινόμενα της στρωματοποίησης μπορεί να είναι χρήσιμα αφού χαρακτηρίζονται από μεγάλες κατακόρυφες κλίσεις. Το ρυπασμένο πεδίο θα παγιδευτεί σε μεγάλο βάθος κρατώντας έτσι, τους ρυπαντές βυθισμένους.

Οι κλίσεις της στρωματοποίησης μπορεί να είναι γραμμικές ή γραμμικές και ομοιόμορφες. Μία χρήσιμη παράμετρος που χαρακτηρίζει τη γραμμική στρωματοποίηση είναι η κλίση ε που δίνεται από τον τύπο $\varepsilon = -(d\rho_\alpha/dz)$. Είναι ένα μέτρο της αλλαγής της πυκνότητας σε σχέση με το βάθος. Μία άλλη παράμετρος είναι η συχνότητα Brunt - Vaisala $N_{BV} = \pm[(g/\rho_\alpha)(|d\rho_\alpha|/dz)]^{1/2}$. Είναι η συχνότητα ταλάντωσης ενός μικρού σφαιρικού σωματιδίου νερού που μετατοπίζεται σε μια στρωματοποιημένη υδάτινη μάζα. Τέλος, η παράμετρος στρωματοποίησης

(Str#) εκφράζει το βαθμό στον οποίο ένα υδάτινο περιβάλλον είναι στρωματοποιημένο. Εκφράζεται ως $Str\# = (\rho_\alpha - \rho_s)D_p/[(\rho_\alpha - \rho_0)y]$ [20]

όπου ρ_α είναι η πυκνότητα του περιβάλλοντος στο βάθος του πλουμίου,

ρ_s η πυκνότητα του περιβάλλοντος στην επιφάνεια

D_p η διάμετρος του πλουμίου

ρ_0 η πυκνότητα του πλουμίου

y το βάθος του πλουμίου

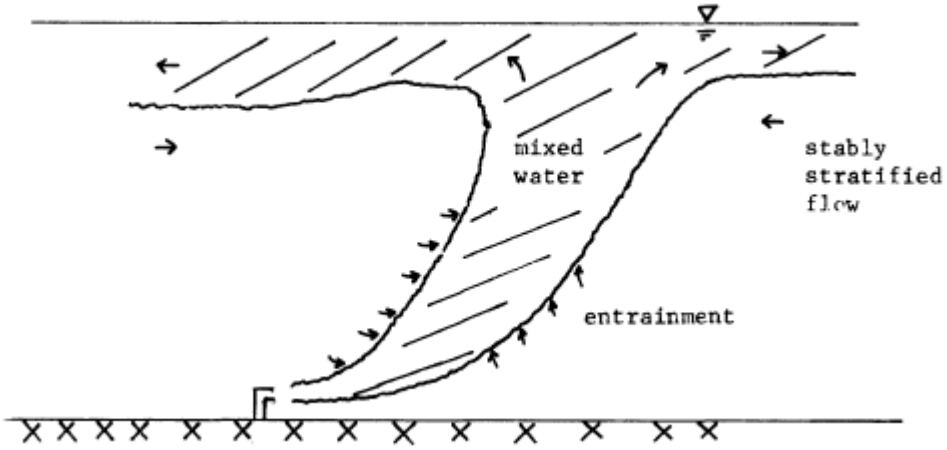
2.1.6. ΡΕΥΜΑΤΑ

Τα ρεύματα αυξάνουν την αραίωση τόσο στο κοντινό όσο και στο μακρινό πεδίο. Όταν ένα ρεύμα διεισδύει σε ένα πλούμιο θα οδηγήσει στην εισαγωγή φρέσκου νερού μέσα σε αυτό. Αυτή η διαδικασία οφείλεται στη διάχυση της κινητικής ενέργειας. Ένα ρεύμα αποτελεί χρονική μεταβλητή και προβλέψεις γι αυτό μπορούν να γίνουν μόνο γενικά. Ένα μοντέλο σε σταθερές συνθήκες μπορεί να συμπεριλάβει το μέγεθος και την κατεύθυνση ενός μόνο ρεύματος. Για ορισμένες περιπτώσεις ο περιορισμός αυτός δεν αποτελεί πρόβλημα. Οι περισσότερες περιπτώσεις μελετώνται για το χειρότερο σενάριο και συνήθως υποτίθενται στάσιμες συνθήκες. Ωστόσο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υποεκτίμηση της κατάστασης όσον αφορά την αραίωση, και αντιοικονομικό σχεδιασμό. Επειδή η κατεύθυνση του ρεύματος αλλάζει μέσα σε ένα εικοσιτετράωρο, οι ζώνες ανάμιξης και στις δύο πλευρές του διαχυτήρα πρέπει να περιγραφούν [3].

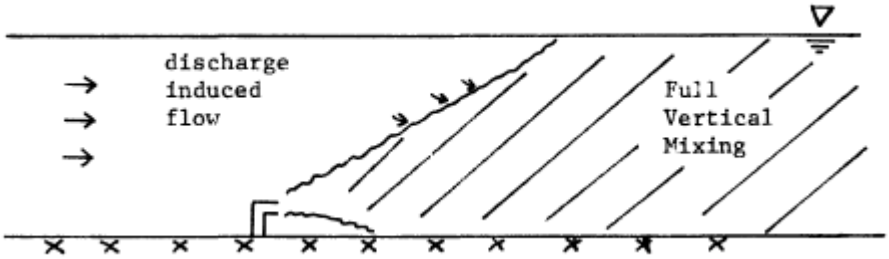
2.2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΔΙΑΧΥΤΗΡΩΝ

Ένας διαχυτήρας πολλαπλών εξόδων είναι ένας σωλήνας τοποθετημένος στον πυθμένα της υδάτινης μάζας και ο οποίος απορρίπτει λύματα μέσα από μία σειρά εξόδων κατανεμημένων κατά μήκος του σωλήνα αυτού (Εικόνες 6, 7). Τα λύματα εκρέουν σαν τυρβώδεις δέσμες ροής μέσα στην υδάτινη μάζα σε μεγάλες ταχύτητες [14]. Ο προσανατολισμός των εξόδων είναι τέτοιος ούτως ώστε να αποδοθεί η βέλτιστη ανάμιξη. Συνήθως είναι διατεταγμένοι σε κοντινές αποστάσεις μεταξύ τους [17].

Οι υποβρύχιοι διαχυτήρες πολλαπλών εξόδων χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια για τη διάθεση λυμάτων σε θαλάσσιο περιβάλλον, ενώ έχει επικρατήσει και η χρήση τους για περιπτώσεις θερμικών αποθέσεων. Υπάρχει, ωστόσο, μία χαρακτηριστική διαφορά στους μηχανισμούς ανάμιξης των δύο περιπτώσεων. Οι υποβρύχιοι διαχυτήρες αποβλήτων χαρακτηρίζονται από μεγάλη άνωση της εκροής όταν βρίσκονται σε μεγάλο βάθος. Η εκροή μπορεί να αναπαρασταθεί σε ένα απεριόριστο πεδίο και τα κλασσικά μοντέλα ανάλυσης των δεσμών ροής υπό άνωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις. Για τις εφαρμογές θερμικών αποθέσεων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κλασσικά μοντέλα καθώς εμφανίζονται συνθήκες πλήρους ανάμιξης κατάντη του διαχυτήρα [17].



Εικόνα 6. Διαχυτήρας πολλαπλών εξόδων σε βαθιά νερά: σταθερή δέσμη ροής υπό άνωση



Εικόνα 7. Διαχυτήρας πολλαπλών εξόδων σε ρηχά νερά: ασταθής ροή

Γενικά, πιστεύεται ότι οι υποβρύχιοι διαχυτήρες είναι το πιο αποτελεσματικό μέσο για την ταχεία αραίωση θερμικών αποθέσεων. Με την απόρριψη του νερού μέσω

ενός μεγάλου αριθμού εξόδων σε μεγάλη ταχύτητα αυξάνεται η συνολική επιφάνεια της δέσμης ροής με αποτέλεσμα γρήγορη αραίωση του νερού που απορρίπτεται [15].

Οι παρακάτω μεταβλητές χαρακτηρίζουν τη γεωμετρία του διαχυτήρα:

Μήκος διαχυτήρα L

Αριθμός εξόδων ή ακροφύσιων N

Διάκενο μεταξύ των εξόδων $l = L/(N-1)$

Διάμετρος εξόδων D

Ύψος εξόδων από τον πυθμένα h_0

Γωνία θ, κάθετη γωνία απόρριψης

Γωνία σ, οριζόντια γωνία απόρριψης σχετική με το ρεύμα περιβάλλοντος

Γωνία γ, γωνία ευθυγράμμισης του διαχυτήρα σχετική με τη ροή περιβάλλοντος

Γωνία β, γωνία προσανατολισμού των εξόδων σε σχέση με το διαχυτήρα

Οι διαχυτήρες πολλαπλών εξόδων μπορούν να έχουν μία σειρά από γεωμετρικές λεπτομέρειες. Κάθε γεωμετρική παράμετρος μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά της ροής. Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες, καθεμιά με διαφορετική συμπεριφορά ανάμιξης: διαχυτήρες μονής κατεύθυνσης, διαχυτήρες διπλής κατεύθυνσης και διαχυτήρες εξόδων υπό γωνία. Οι διαχυτήρες έχουν κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με τη γωνία προσανατολισμού των εξόδων σε σχέση με τον άξονα του διαχυτήρα [8].

2.2.1. ΔΙΑΧΥΤΗΡΕΣ ΜΟΝΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Αποτελείται από εξόδους που δείχνουν προς μία κατεύθυνση και εκρέουν κάθετα στον άξονα του διαχυτήρα ($\beta = 90^o$). Μέσω των διαχυτήρων αυτών επιτυγχάνεται μεγάλη ορμή σε μία κατεύθυνση και ταχεία ανάμιξη σε σχετικά μικρή περιοχή. Έχουν το πλεονέκτημα ότι κατευθύνουν τα λύματα μακριά από την ακτογραμμή [17]. Μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω ανάλογα με την ευθυγράμμιση τους, κάθετα και παράλληλα. Ένας διαχυτήρας τύπου coflowing είναι αυτός, οι έξοδοι του οποίου έχουν την ίδια κατεύθυνση με τη ροή του περιβάλλοντος. Ένας διαχυτήρας τύπου tee έχει παράλληλη ευθυγράμμιση των σωληνώσεων τροφοδοσίας σε σχέση με την κατεύθυνση της ροής του περιβάλλοντος [19].

2.2.2. ΔΙΑΧΥΤΗΡΕΣ ΕΞΟΔΩΝ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ

Οι έξοδοι είναι προσανατολισμένοι παράλληλα στον άξονα του διαχυτήρα ($\beta = 0^o$). Αυτή η διαρρύθμιση έχει σαν αποτέλεσμα ένα στενό πλούμιο. Για ένα συγκεκριμένο ποσοστό απόρριψης και υπό συνθήκες στασιμότητας, το μήκος του διαχυτήρα που απαιτείται για να επιτευχθεί ένα ποσοστό ανάμιξης, είναι μικρότερο για τους διαχυτήρες μονής κατεύθυνσης [20].

2.2.3. ΔΙΑΧΥΤΗΡΕΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Οι έξοδοι είναι τοποθετημένοι εναλλάξ σε αντίθετες κατευθύνσεις ($\beta = \pm 90^o$). Το πλούμιο επεκτείνεται και στις δύο κατευθύνσεις και η ροή οδηγείται από την άνωση πέρα από τη ζώνη ανάμιξης του κοντινού πεδίου. Δεδομένου ότι η ροή δεν έχει καμιά προτιμώμενη κατεύθυνση, αυτό το είδος του διαχυτήρα είναι κατάλληλο για χρήση σε παλιρροϊκές καταστάσεις με αναστροφή ρευμάτων [17].

3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΠΟΡΡΙΨΕΙΣ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Επιφανειακές δέσμες ροής και πλούμια σχηματίζονται όταν μία ελαφρύτερη υδάτινη μάζα απορρίπτεται συνεχώς από μία καθορισμένη πηγή, συνήθως ένα ανοιχτό αγωγό, σε κοντινή απόσταση ή παράλληλα στην ελεύθερη επιφάνεια της υδάτινης μάζας. Οι απορρίψεις αυτές είναι συνήθεις τόσο σε γεωφυσικές περιοχές όσο και σε υδραυλικές, περιβαλλοντικές και βιομηχανικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων και απορρίψεων λυμάτων σε υδάτινα ρεύματα ή απορρίψεις από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Η άνωση που παρουσιάζουν οφείλεται σε διαφορές στη θερμοκρασία, την αλατότητα ή τα αιωρούμενα στερεά. Ανάλογα με τα γεωμετρικά και δυναμικά χαρακτηριστικά του αποδέκτη ο οποίος μπορεί να είναι στάσιμος ή ρέων, μία σειρά περίπλοκων ρευστομηχανικών διαδικασιών λαμβάνει χώρα, επηρεάζοντας το σχήμα και την έκταση του σχηματιζόμενου πλουμίου και του βαθμού ανάμιξης του.

Τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα αφορούν απορρίψεις από αστικές ή βιομηχανικές πηγές, ή από μεταλλευτικές δραστηριότητες σε λίμνες, ποτάμια, εκβολές ποταμών ή παράκτιες περιοχές. Αυτή είναι η παλαιότερη και, με τη μορφή ενός απλού επιφανειακού σωλήνα κατά την ακτογραμμή, η λιγότερο δαπανηρή μορφή απόρριψης λυμάτων. Πρόσφατοι κανονισμοί για την ποιότητα υδάτων και για τη ζώνη ανάμιξης στις περισσότερες βιομηχανικές χώρες απαγορεύουν ή αποθαρρύνουν την επιφανειακή απόρριψη, καθώς έχει σοβαρές οικολογικές επιπτώσεις στην ευαίσθητη ακτογραμμή και ο βαθμός αραίωσης των απορρίψεων είναι συνήθως μικρός. Πολύ υψηλότερα ποσοστά αραίωσης μπορούν να επιτευχθούν με τις υποβρύχιες απορρίψεις, πέραν της ακτής, με διαχυτήρες πολλαπλών εξόδων, όπως ορίζεται από τους σύγχρονους κανονισμούς για την ποιότητα των υδάτων, συχνά σε συνδυασμό με προηγμένες τεχνολογίες προεπεξεργασίας των λυμάτων. Παρ 'όλα αυτά, η επιφανειακή διάθεση εξακολουθεί να είναι μια επιλογή. Αξιόπιστες μέθοδοι πρόβλεψης σχεδιασμού απαιτούνται, ιδίως για την εκ νέου αδειοδότηση των ήδη υπαρχουσών εγκαταστάσεων, για τις μικρές πηγές, ή για ιδιαίτερα μολυσμένα υδάτινα ρεύματα.

Υπερχειλίσεις του αποχετευτικού δικτύου, που μπορούν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ρυπαντών ή ιζηματογενή φορτία μέσα σε υδάτινες μάζες, αποτελούν μία

ακόμα σημαντική εφαρμογή, όπως και οι θερμικές αποθέσεις θερμοηλεκτρικών σταθμών. Στην τελευταία περίπτωση, για την οποία οι κανονισμοί θερμοκρασιακής ποιότητας υδάτων απαιτεί χαμηλά ποσοστά αραίωσης, μπορεί να επιτευχθεί με απορροή επί της ακτογραμμής χωρίς να είναι αναγκαία υπεράκτια απορροή. Καθώς η παροχή του νερού που απαιτείται για ψύξη μπορεί να είναι πολύ μεγάλη, το πλούμιο που δημιουργείται μπορεί να έχει σημαντικές διαστάσεις.

Επιφανειακές απορροές μπορούν να εμφανιστούν και σε άλλες τεχνικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα στο σχεδιασμό εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, όπου ο υψηλός ή χαμηλός βαθμός ανάμιξης μπορεί να απαιτείται ανάλογα με τις ανάγκες της διαδικασίας.

Πλούμια από φυσικές απορρίψεις ποταμών έχουν μεγάλο ωκεανογραφικό και λιμνολογικό ενδιαφέρον εξαιτίας των μοναδικών βιογεωχημικών διεργασιών που παρουσιάζουν και των μεγάλων περιοχών επιρροής τους. Σε αυτές τις κλίμακες, η περιστροφή της Γης αλλάζει τη δομή του πλουμίου και ελέγχει τη δυναμική του. Η σημασία της δύναμης Coriolis στην περίπτωση αυτή είναι μεγάλη. Λόγω της έντονης ανάμιξης στο οριζόντιο μέτωπο και στις ζώνες σύγκλισης που σχηματίζονται στα σύνορα του πλουμίου, παρουσιάζεται μεγάλη βιογεωχημική δραστηριότητα η οποία είναι σημαντική για την εξέλιξη του πλουμίου.

Σε συστήματα ποταμών, η πλευρική εισροή ενός παραπόταμου, το οποίο περιέχει νερό σε διαφορετική θερμοκρασία ή θολερότητα, σε ένα κύριο ποταμό αντιπροσωπεύει επίσης μια κατάσταση επιφανειακής απορροής. Η προκύπτουσα θερμοκρασιακή αλλαγή μπορεί να προσφέρει θερμικό καταφύγιο για τη μετανάστευση ψαριών ή να αποτελέσει ανασχετικό παράγοντα για τα ψάρια ή για άλλα είδη. Αποτελεί, λοιπόν, σημαντική εφαρμογή οικολογικής διαχείρισης.

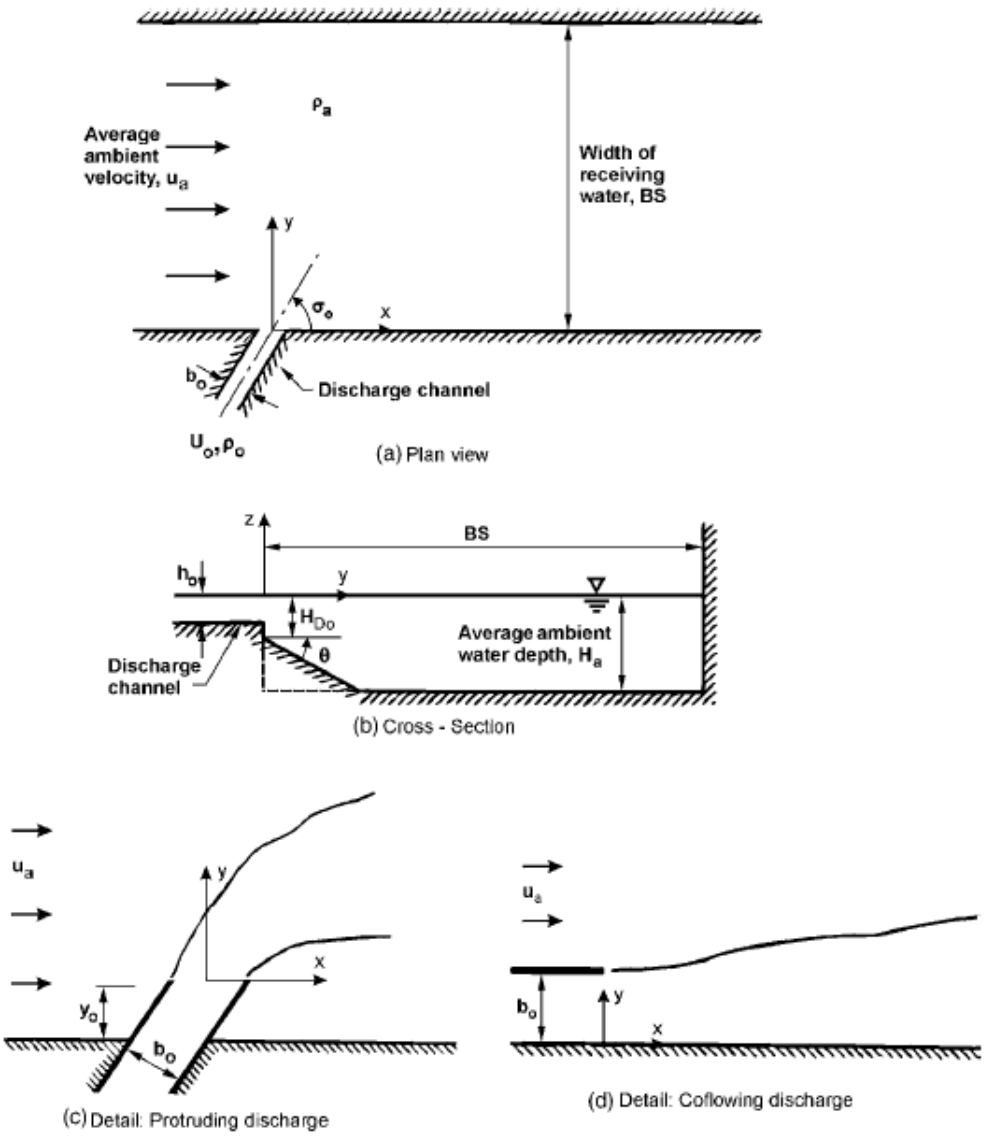
Ενώ η επιφανειακή απορροή μέσα σε ένα παρακείμενο υδατικό σύστημα μοιάζει με ένα απλό πρόβλημα, στην πραγματικότητα μπορεί να προκύψει μία σειρά από περίπλοκα φαινόμενα ροής. Αυτά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε διεργασίες κοντινού και μακρινού πεδίου.

Οι προσεγγίσεις μοντελοποίησης για επιφανειακές δέσμες ροής έχουν τις ρίζες τους στη μηχανική των ρευστών των ελεύθερων δεσμών ροής. Ειδική έρευνα για τη δυναμική των επιφανειακών δεσμών ροής ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960, λόγω της

μεγάλης περιβαλλοντικής ανησυχίας που προήλθε από την απόρριψη θερμαινόμενου νερού ψύξης προερχόμενου από τις μεγάλες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες [13].

3.2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η γεωμετρία του περιβάλλοντος του υδατικού συστήματος και η διαμόρφωση της εκροής φαίνεται στην Εικόνα 8. Το υδατικό σύστημα εκφράζεται με ένα μέσο βάθος H_a, πλάτος BS, χαρακτηριστική ταχύτητα περιβάλλοντος u_a και ομοιόμορφη πυκνότητα περιβάλλοντος ρ_α. Προφανώς, οι πραγματικές συνθήκες του περιβάλλοντος πρέπει να απλοποιηθούν κατάλληλα για να ταιριάζουν σε αυτές τις σχηματικές ούτως ώστε να γίνει η εφαρμογή της μεθόδου. Το κανάλι έχει πλάτος b_0, βάθος h_0, με διατομή $a_0 = b_0h_0$, ο προσανατολισμός σε σχέση με την κατεύθυνση του καναλιού σ_0, U_0 ταχύτητα απόρριψης και διαφορά στην πυκνότητα $\Delta\rho_0 = \rho_\alpha - \rho_0$. Δεδομένου ότι η συμπεριφορά της δέσμης ροής είναι ευαίσθητη στις συνθήκες βάθους της εκροής, καθορίζεται το τοπικό βάθος H_{D0} ακριβώς μπροστά από την εκροή καθώς και η γωνία κλίσης θ του πυθμένα. Η εκροή μπορεί να εκτείνεται σε μία απόσταση y_0 στο σώμα του νερού ή να συρρέει κατά μήκος της όχθης η οποία αποτελεί γραμμή συμμετρίας για τη συμπεριφορά της δέσμης. [13]



Εικόνα 8. Γεωμετρία περιβάλλοντος σε επιφανειακή απορροή

Η συνολική συμπεριφορά της δυναμικής της επιφανειακής δέσμης υπαγορεύεται σε μεγάλο βαθμό από τις διαδικασίες κοντινού πεδίου. Αυτές χαρακτηρίζονται από την παροχή Q_0, την ορμή M_0 και την άνωση J_0

$Q_0 = U_0\alpha_0$

$M_0 = Q_0U_0$

$J_0 = Q_0g_0'$ όπου $g_0' = (\Delta\rho_\alpha/\rho_\alpha)g$

3.3. ΓΕΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΔΕΣΜΩΝ

Οι διάφοροι τύποι μαθηματικών μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί για υποβρύχιες δέσμες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: μοντέλα ακέραιας δέσμης, τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα και μοντέλα κλίμακας μήκους.

Τα μοντέλα ακέραιης δέσμης αποτελούνται από ένα σύνολο διαφορικών εξισώσεων που προκύπτουν από την ολοκλήρωση χαρακτηριστικών της δέσμης όπως η μάζα, η ορμή και η άνωση. Περιλαμβάνονται, ακόμα, εμπειρικές διατυπώσεις για τη συμπεριφορά της δέσμης (πλευρική διασπορά). Οι εξισώσεις που προκύπτουν είναι παραβολικές και λύνονται με αριθμητικά συστήματα κατά μήκος της τροχιάς της δέσμης.

Λειτουργούν ικανοποιητικά για απλές ροές που δεν αλληλεπιδρούν ή δεν προσκολλώνται στην ακτή. Ωστόσο, ισχυρά ρεύματα ή μικρά βάθη που προκαλούν προσκόλληση στην ακτή ή ισχυρή αρχική άνωση που προκαλούν διείσδυση της εκροής στην ανάντη όχθη καθιστούν τα μοντέλα αυτά άκυρα. Επιπλέον, τα μοντέλα αυτά προβλέπουν τη συμπεριφορά της δέσμης μόνο κοντά στην έξοδο. Δεν μπορούν να προσομοιώσουν οποιεσδήποτε διαδικασίες που συμβαίνουν μετά από ορισμένη απόσταση.

Τα τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα προσπαθούν να προσεγγίσουν το σύστημα των εξισώσεων Reynolds μέσω πεπερασμένων στοιχείων ή συστημάτων. Σε μεγάλο βαθμό, οι μέθοδοι αυτοί απέτυχαν για συνήθεις μηχανικές εφαρμογές. Το κύριο πρόβλημα φαίνεται να είναι ο προσδιορισμός των οριακών συνθηκών. Από πρακτική άποψη, τα μοντέλα αυτά είναι περίπλοκα, δύσκολο να ελεγχθούν, δεν έχουν οδηγίες για το χρήστη και είναι ακριβά στη χρήση.

Στην τρίτη κατηγορία, στα μοντέλα κλίμακας μήκους, επιφανειακές ροές μπορούν να χωριστούν σε τομείς, καθένας με συγκεκριμένες ιδιότητες ροής όπως η αρχική ορμή, η ροή άνωσης ή η διασταυρούμενη ροή. Σε κάθε τομέα, η ροή μπορεί να προσεγγιστεί με απλές ασυμπτωτικές σχέσεις που προκύπτουν από βασικές εξισώσεις που περιγράφουν την απλοποιημένη μορφή του προβλήματος. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούν τις ασυμπτωτικές λύσεις ονομάζονται μοντέλα κλίμακας μήκους λόγω της χρήσης ειδικών κλιμάκων μήκους για την οριοθέτηση των τομέων για τους οποίους οι αναλυτικές εκφράσεις είναι έγκυρες [12].

3.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΟΗΣ

Σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ταξινόμησης διακρίνονται τέσσερις μεγάλες κατηγορίες ροής:

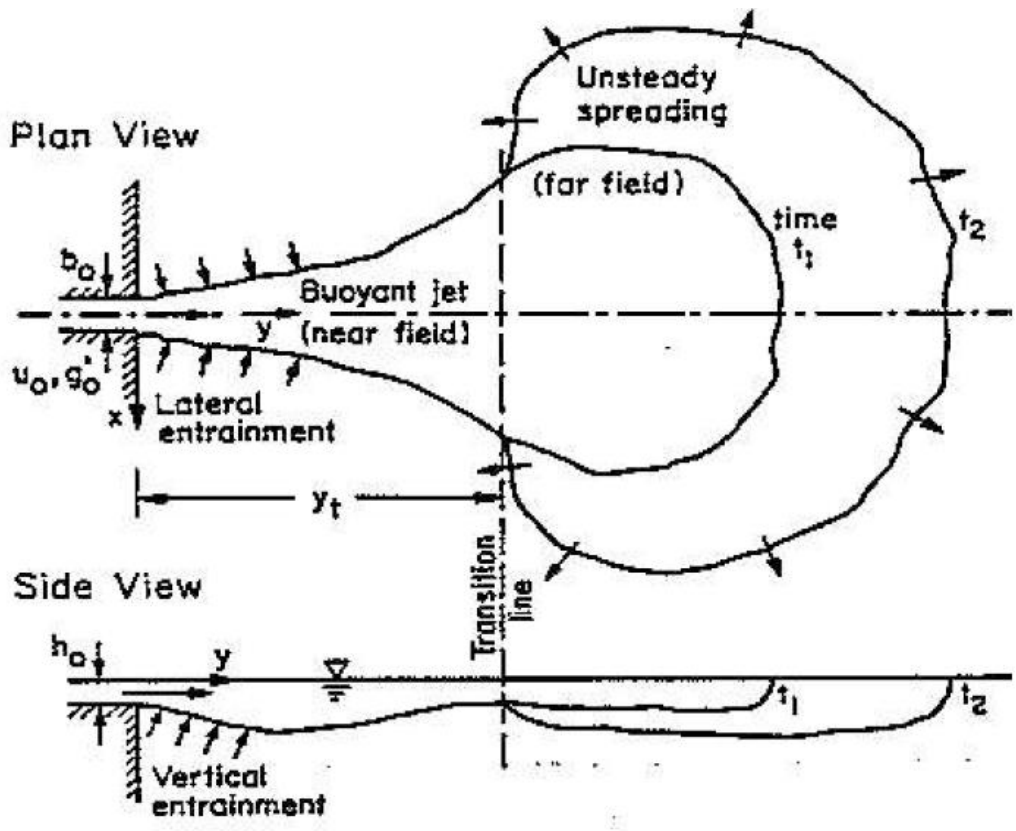
- Ελεύθερες δέσμες ροής
- Προσκολλημένα στην ακτή πλούμια
- Wall jet
- Ανάντη διαχεόμενα πλούμια

3.4.1. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΔΕΣΜΗ ΡΟΗΣ

Χαρακτηρίζονται από μία σταδιακή κάμψη έτσι ώστε η ροή να μην αλληλεπιδρά με την κοντινή ακτογραμμή. Το ρεύμα του περιβάλλοντος που εισέρχεται στο πλούμιο έχει δύο επιπτώσεις. Αρχικά, προκαλείται σταδιακή κάμψη ενώ στη συνέχεια το πλούμιο εξαπλώνεται κατάντη χωρίς να υπάρχει ασταθής εξάπλωση λόγω άνωσης, αντίθετα με την πλευρική εξάπλωση που αυξάνει με την αύξηση της απόστασης (Εικόνα 9).

Μπορούν να χωριστούν σε δύο τομείς, έναν ασθενώς εκτρεπόμενο κι έναν ισχυρά εκτρεπόμενο. Ο ασθενώς εκτρεπόμενος χαρακτηρίζεται από ισχυρή αρχική ανάμιξη που μετακινείται ελαφρώς κατάντη. Μπορεί να υπάρχει μετάβαση από την περιοχή ισχυρής ανάμιξης σε ένα μηχανισμό εξάπλωσης λόγω άνωσης, ωστόσο, η τροχιά είναι παρόμοια με εκείνη μίας ασθενώς εκτρεπόμενης υποβρύχιας δέσμης που καθορίζεται από την αρχική ορμή. Στον ισχυρά εκτρεπόμενο τομέα, η ροή παρασύρεται κατάντη από τα ρεύματα του περιβάλλοντος, αλλά διατηρεί ακόμα κάποια οριζόντια ορμή. Μηχανισμοί ανάμιξης ή εξάπλωσης λόγω άνωσης κυριαρχούν. Η τροχιά παραμένει ίδια με εκείνη μίας έντονα εκτρεπόμενης βυθισμένης δέσμης ροής. Ο τομέας αυτός τελειώνει όταν η πλευρική πορεία του πλουμίου είναι αμελητέα και ξεκινάνε πλέον οι διαδικασίες του μακρινού πεδίου.

Σε περιβάλλον στάσιμο, μόνο ο ασθενώς εκτρεπόμενος τομέας υπάρχει. Στο τέλος του τομέα ένα ποσοστό του ρυπαντή εξαπλώνεται ασταθώς προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ροή κοντά στην απόρριψη χαρακτηρίζεται από ένα συνεχώς αυξανόμενο πάχος πλουμίου ενώ αργότερα, όπου η εξάπλωση άνωσης κυριαρχεί, παρατηρείται μείωση στο πάχος του πλουμίου.



Εικόνα 9. Αναπαράσταση ελεύθερης δέσμης ροής

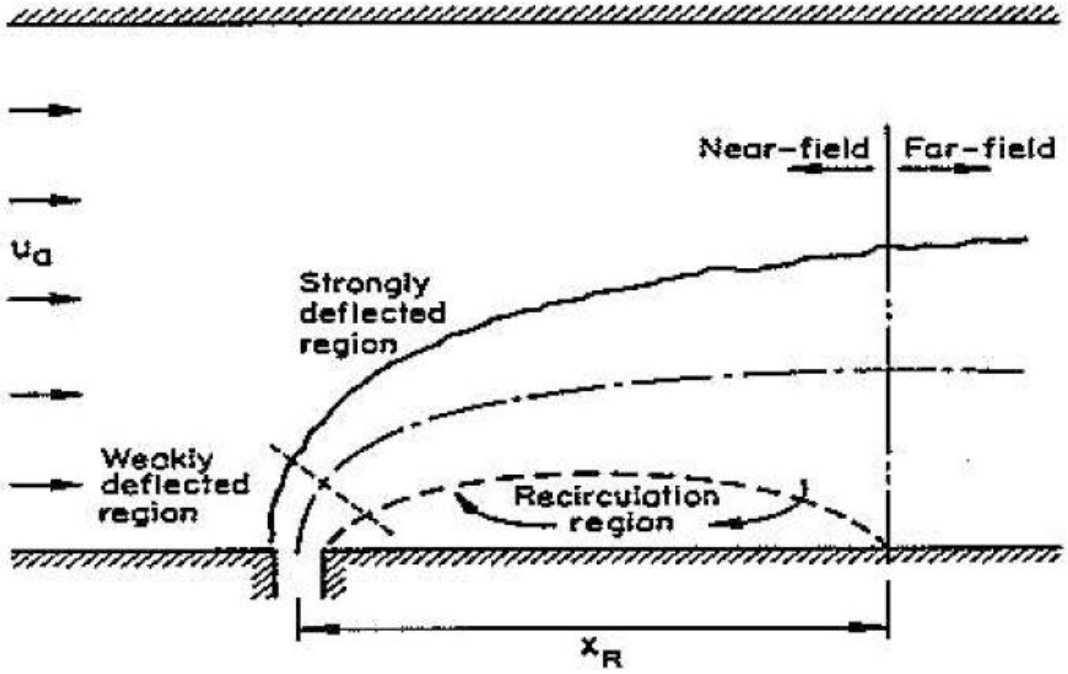
Στις ελεύθερες δέσμες ροής μπορεί να υπάρξει αλληλεπίδραση με το βυθό. Ωστόσο, αν αυτό συμβεί κοντά στην έξοδο μπορεί να μπλοκάρει τη ροή από το περιβάλλον, αναγκάζοντας τη δέσμη να κατευθυνθεί προς την ακτή και να προσκολληθεί σε αυτή. Αν υπάρξει αλληλεπίδραση με το βυθό χωρίς προσκόλληση στην ακτή τότε μπορούν να υπάρξουν τόσο ο ασθενώς όσο και ο ισχυρά εκτρεπόμενος τομέας χωρίς να κυριαρχεί η εξάπλωση λόγω άνωσης καθώς οδηγεί σε αποκόλληση από το βυθό [12].

3.4.2. ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ ΠΛΟΥΜΙΑ

Χαρακτηρίζονται από δυναμική προσκόλληση της ροής κατάντη της ακτογραμμής, δημιουργώντας μία ζώνη ανακυκλοφορίας των αποβλήτων. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να προκληθεί από δύο αιτίες. Στην πρώτη περίπτωση, ένα δυνατό κάθετο ρεύμα μπορεί να κάμψει τη δέσμη αρκετά και να την αναγκάσει να προσκολληθεί στην όχθη. Εναλλακτικά, μία εκροή που καταλαμβάνει όλο το βάθος της υδάτινης μάζας μπορεί να μπλοκάρει το ρεύμα του περιβάλλοντος, οδηγώντας έτσι τη ροή

προς την ακτογραμμής. Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η ανακυκλοφορία του ρυπαντή που δημιουργείται κατά μήκος της όχθης.

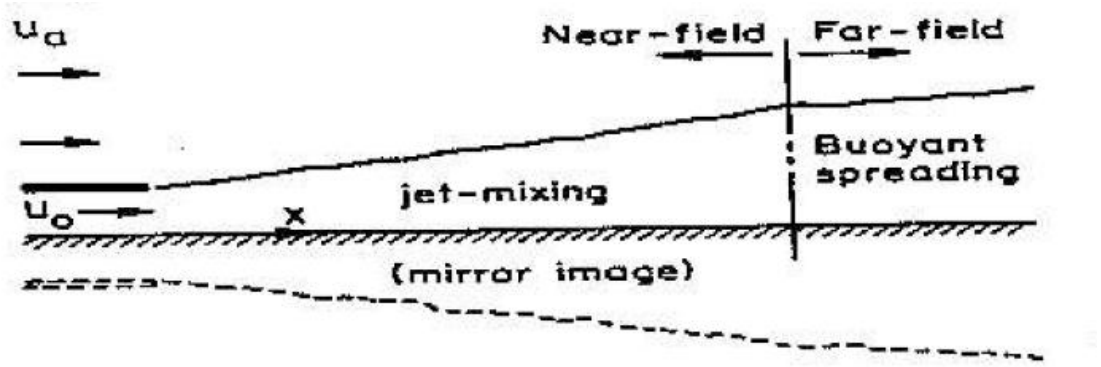
Η προσκόλληση στην ακτή μειώνει την πλευρική εξάπλωση της δέσμης. Ωστόσο, παρόμοιοι τομείς με των ελεύθερων δεσμών ροής μπορούν να παρατηρηθούν: ασθενώς εκτρεπόμενη δέσμη και ισχυρά εκτρεπόμενη δέσμη. Στον τομέα που υπάρχει ασθενής εκτροπή είναι απίθανο να κυριαρχήσει η άνωση καθώς είναι πολύ μικρός σε έκταση λόγω της ακραίας αρχικής κάμψης. Στον τομέα της ισχυρής εκτροπής, η άνωση έχει καθοριστικό ρόλο. Αυτό συμβαίνει μόνο σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει αλληλεπίδραση με το βυθό [12]. Στην Εικόνα 10 απεικονίζεται το πλούμιο που προσκολλάται στην ακτή.



Εικόνα 10. Αναπαράσταση πλουμίου που προσκολλάται στην ακτή

3.4.3. WALL JET

Μπορούν να θεωρηθούν ασθενώς παραμορφωμένες δέσμες που απορρίπτονται κατά μήκος της όχθης. Η όχθη στη συνέχεια λειτουργεί σαν αντανακλαστικό σύνορο κατά μήκος του οποίου μπορεί να θεωρηθεί η αντίστροφη εικόνα της απόρριψης. Στο κοντινό πεδίο κυριαρχούν διαδικασίες ανάμιξης. Κατά τη μετάβαση στο μακρινό πεδίο οι διεργασίες εξάπλωσης και διάχυσης κυριαρχούν [12] (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Αναπαράσταση wall jet

3.4.4. ΑΝΑΝΤΗ ΔΙΑΧΕΟΜΕΝΑ ΠΛΟΥΜΙΑ

Παρατηρείται όταν έντονη απόρριψη λυμάτων γίνεται σε ένα αργά κινούμενο περιβάλλον. Χαρακτηρίζονται από ένα μέτωπο στο οποίο η ανάντη εισβολή εξισορροπείται από μία δύναμη ολίσθησης στην κορυφή του πλουμίου. Το κοντινό πεδίο περιορίζεται κυρίως στην περιοχή του πλουμίου ανάντη της απόρριψης. Σε μικρή απόσταση κατάντη ξεκινούν οι διαδικασίες εξάπλωσης και διάχυσης. Εάν το βάθος στην εκροή είναι μικρό και ο ρυπαντής απορρίπτεται με μεγάλη ορμή και άνωση, η ροή μπορεί να είναι ασταθής και να υπάρξει πλήρης κατακόρυφη ανάμιξη με ανακυκλοφορία στο κοντινό πεδίο της εκροής [12].

3.5. ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΗΚΟΥΣ

Οι κλίμακες μήκους καταγράφουν τη σχετική σημασία του αρχικού όγκου ροής, της ορμής, της άνωσης και της ταχύτητας. Τέσσερις κλίμακες μήκους έχουν πρακτική σημασία στην ανάλυση επιφανειακών δεσμών ροής: κλίμακα μήκους εκροής, κλίμακα μήκους δέσμης ροής - πλουμίου, κλίμακα μήκους δέσμης ροής - διασταυρούμενης ροής, κλίμακα μήκους πλουμίου - διασταυρούμενης ροής. Δισδιάστατοι ορισμοί για τις τρεις πρώτες κλίμακες χρησιμοποιούνται για περιπτώσεις όπου υπάρχει αλληλεπίδραση με το βυθό και η ροή μπορεί να θεωρηθεί δισδιάστατη.

3.5.1. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΕΚΡΟΗΣ

Μετρά τη σχετική σημασία της ροής όγκου (Q_0) σε σύγκριση με την ορμή (M_0). Ορίζεται $L_Q = \frac{Q_0}{M_0^{1/2}}$. Ορίζει την περιοχή για την οποία η γεωμετρία του καναλιού της εκροής επηρεάζει έντονα τα χαρακτηριστικά της ροής. Αυτό περιλαμβάνει την αρχική ζώνη εγκαθίδρυσης της ροής και είναι σε γενικές γραμμές ασήμαντη σε έκταση. Αυτή η κλίμακα μήκους έχει κρίσιμο ρόλο όταν συγκρίνεται με την κλίμακα μήκους δέσμης ροής - πλουμίου μιας και βοηθάει να προσδιοριστεί αν συμβαίνει ανάντη διείσδυση ή όχι.

3.5.2. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΔΕΣΜΗΣ ΡΟΗΣ - ΠΛΟΥΜΙΟΥ

Μετράει τη σχετική σημασία μεταξύ της αρχικής ορμής (M_0) και της αρχικής άνωσης (J_0). Ορίζεται $L_M = \frac{M_0^{3/4}}{J_0^{1/2}}$. Στην περιοχή όπου y << L_M η ορμή κυριαρχεί στη ροή οπότε η ανάμιξη επικρατεί. Όταν y >> L_M η άνωση κυριαρχεί και επικρατεί ισχυρή πλευρική εξάπλωση. Η κλίμακα μήκους είναι σημαντική για το σημείο όπου τελειώνει ο τομέας ανάμιξης και ξεκινάει η πλευρική εξάπλωση λόγω άνωσης.

3.5.3. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΔΕΣΜΗΣ ΡΟΗΣ – ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ

Μετράει τη σχετική σημασία μεταξύ της αρχικής ορμής (M_0) και της ταχύτητας περιβάλλοντος (u_a) στο σημείο της διασταυρούμενης ροής. Ορίζεται $L_m = \frac{M_0^{1/2}}{u_a}$. Είναι ένα μέτρο για το σημείο όπου η ροή αλλάζει από ασθενώς εκτρεπόμενη σε ισχυρά εκτρεπόμενη.

3.5.4. ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ ΠΛΟΥΜΙΟΥ – ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ

Μετράει τη σχετική σημασία μεταξύ της αρχικής άνωσης (J_0) και της ταχύτητας περιβάλλοντος (u_a)στο σημείο της διασταυρούμενης ροής. Ορίζεται $L_b = \frac{J_0}{u_a^3}$. Αυτή η κλίμακα μήκους έχει διαφορετική σημασία για επιφανειακά πλούμια απ' ότι για υποβρύχιες δέσμες υπό άνωση. Δεδομένου ότι η κλίμακα μήκους αντιπροσωπεύει μία

αλληλεπίδραση της αρχικής άνωσης της εκροής και της ταχύτητας της διασταυρούμενης ροής, ουσιαστικά μετράει την έκταση της ανάντη εξάπλωσης που μπορεί να παρουσιάσει ένα επιφανειακό πλούμιο.

3.6. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΗΚΟΥΣ

Όταν η ροή είναι αναμιγμένη σε ολόκληρο το βάθος του νερού μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι δύο διαστάσεων. Σε αυτή την περίπτωση όλες οι παράμετροι της ροής μπορούν να οριστούν ανά μονάδα βάθους. Οι ορισμοί της ροής για δισδιάστατες περιπτώσεις είναι:

$$q_0 = \frac{Q_0}{H}$$

$$m_0 = \frac{M_0}{H}$$

$$j_0 = \frac{J_0}{H}$$

όπου H είναι το τοπικό χαρακτηριστικό βάθος του περιβάλλοντος.

Έτσι, μπορούν να οριστούν και οι δισδιάστατες κλίμακες μήκους:

$$l_q = \frac{q_0^2}{m_0}$$

$$l_M = \frac{m_0}{j_0^{2/3}}$$

$$l_m = \frac{m_0}{u_a^2}$$

3.7. ΑΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Συνδυασμοί των κλιμάκων μήκους αποδίδουν ορισμένους αδιάστατους αριθμούς.

Πυκνομετρικός Αριθμός Froude

$$Fr_{0'} = \frac{u_0}{\sqrt{g_{0'} a_0^{1/2}}}$$

Αναλογία ταχύτητας

$$R = \frac{u_0}{u_a} = \frac{L_m}{L_Q}$$

Ποσότητα

$$\frac{Fr_{0'}}{R} = \left(\frac{L_m}{L_b}\right)^{1/2}$$

που είναι ένας σημαντικός παράγοντας για να καθοριστεί η τροχιά των ελεύθερων δεσμών ροής.

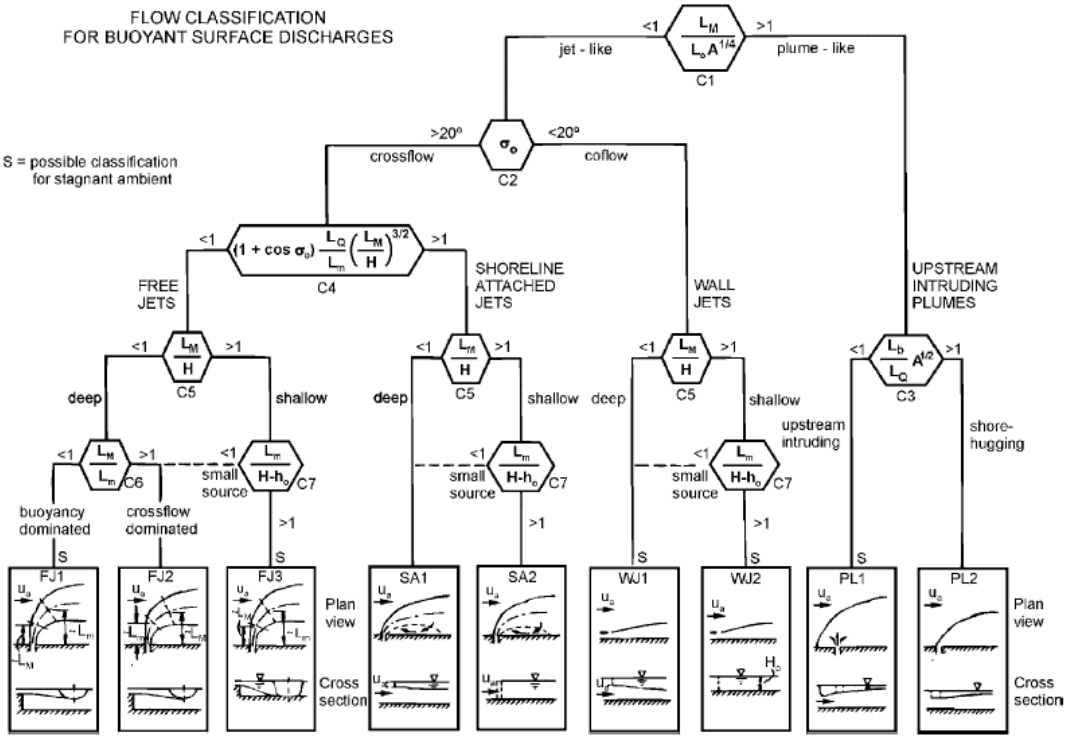
3.8. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Σύμφωνα με την ταξινόμηση ροής, το CORMIX3 χρησιμοποιεί μία μοντελοποιημένη μέθοδο πρόβλεψης για να καταλήξει σε μία ποσοτική πρόβλεψη των ιδιοτήτων της εκροής, όπως είναι η τροχιά και το πλάτος του πλουμίου ή τα επίπεδα αραίωσης της συγκέντρωσης συγκεκριμένων ρύπων. Η πρόβλεψη καλύπτει όλο το φάσμα των διεργασιών από το κοντινό στο μακρινό πεδίο για αποστάσεις που καθορίζονται από το χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται με διαίρεση του πλουμίου σε ξεχωριστές ζώνες, καθεμιά με ιδιαίτερη δυναμική ανάμιξης και περιγραφόμενη από συγκεκριμένο μοντέλο. Ανάλογα με την κατηγορία της ροής, ακολουθείται μία σειρά από μοντέλα πρόβλεψης (Εικόνα 12).

Χρησιμοποιώντας γραφική απεικόνιση, το σύστημα ελέγχει τα δεδομένα εισαγωγής για φυσική εγκυρότητα. Έτσι, όταν ο χρήστης εισάγει ένα αυθαίρετο προφίλ πυκνότητας, το σύστημα ελέγχει αν το προφίλ αυτό παραμένει σταθερό στο σημείο της εξόδου. Για μία ασταθή περίπτωση, χρησιμοποιείται η μέση κατακόρυφη τιμή της πυκνότητας. Για μία σταθερή περίπτωση, το σύστημα υπολογίζει το μέσο όρο της πυκνότητας του περιβάλλοντος στο ανώτερο στρώμα, πάνω από το προβλεπόμενο μέγιστο πάχος της δέσμης, μιας και μόνο η συγκεκριμένη τιμή της πυκνότητας και όχι των παρακείμενων στρωμάτων είναι σημαντική.

Το μοντέλο εξετάζει, ακόμα, την επίδραση του ανέμου στις διαδικασίες ανάμιξης και στην περίπτωση θερμικών αποθέσεων, την απώλεια θερμότητας της επιφάνειας, ως εκ τούτου την αλλαγή στη ροή της άνωσης, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει όχι μόνο τη θερμοκρασία αλλά και το ποσοστό ανάμιξης στο κοντινό και στο μακρινό

πεδίο. Επιπλέον, μίας πρώτης τάξης αποσύνθεση για ένα ρυπαντή μπορεί να προσδιοριστεί. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει μία σειρά ρυθμιστικών παραμέτρων όπως τα ειδικά επίπεδα συγκέντρωσης των υπό εξέταση ρύπων και τις ζώνες ανάμιξης και στη συνέχεια το σύστημα να ενημερώσει αν εφαρμόζονται ή όχι τα κριτήρια αυτά [13].



Εικόνα 12. Κατηγοριοποίηση ροής επιφανειακών απορρίψεων

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ CORMIX3

4.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Οι συνθήκες περιβάλλοντος καθορίζονται από τις γεωμετρικές και υδρογραφικές συνθήκες πλησίον της περιοχής που γίνεται η απόθεση. Οι αναλύσεις του CORMIX, όπως όλες οι αξιολογήσεις για ζώνες ανάμιξης υποθέτουν σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος. Αν και σε πραγματικές συνθήκες δεν υφίσταται σταθερή κατάσταση, η υπόθεση αυτή είναι επαρκής καθώς οι διαδικασίες ανάμιξης είναι αρκετά γρήγορες σε σχέση με την κλίμακα χρόνου των υδρογραφικών διακυμάνσεων.

Το πρώτο βήμα για να διευκρινιστούν οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι να καθοριστεί αν η υδάτινη μάζα είναι οριοθετημένη ή όχι. Αν η μάζα του νερού περιορίζεται από δύο πλευρές με όχθες όπως σε περιπτώσεις ποταμών, ρεμάτων, στενών εκβολών ποταμών και άλλων στενών ρευμάτων τότε θεωρείται οριοθετημένη. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις η εκροή των λυμάτων τοποθετείται κοντά σε μία όχθη ενώ η άλλη βρίσκεται μακριά. Όταν η αλληλεπίδραση του πλουμίου με την άλλη όχθη ή ακτή είναι αδύνατη ή απίθανη τότε η υδάτινη μάζα δεν είναι οριοθετημένη. Αυτό αφορά αποθέσεις σε λίμνες, παράκτιες περιοχές ή ευρείες εκβολές ποταμών.

4.1.1. ΟΡΙΟΘΕΤΗΜΕΝΗ ΥΔΑΤΙΝΗ ΜΑΖΑ

Τόσο τα γεωμετρικά (βαθυμετρικά) όσο και τα υδρογραφικά (δεδομένα περιβάλλοντος απορροής) δεδομένα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστεί η περιοχή απόρριψης.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

i. Μία συγκεκριμένη κατάσταση ροής, όπως οι απορροές ενός ποταμού, συνοδεύονται από επιφανειακή ανύψωση του νερού. Στην απλούστερη περίπτωση ενός ποταμού, αν το βάθος του είναι γνωστό για μία κατάσταση ροής από μελέτη πεδίου, τότε το βάθος του για μία σχεδιαστική παροχή μπορεί να προβλεφθεί από την εξίσωση του Manning: $HA_2 = HA_1 \left[\frac{QA_2}{QA_1}\right]^{3/5}$ όπου QA είναι η παροχή του ποταμού και HA το μέσο βάθος του. Στην περίπτωση αυτή υποθέτουμε ότι τόσο το πλάτος του καναλιού όσο και τα χαρακτηριστικά τριβής παραμένουν τα ίδια.

ii. Πρέπει να δοθούν τιμές για το πλάτος επιφάνειας (BS) και το μέσο βάθος HA. Όταν δίνεται η παροχή και η ταχύτητα πρέπει να ελεγχθεί η λογικότητα των δεδομένων.

iii. Το CORMIX απαιτεί το πραγματικό βάθος νερού H_D στην περιοχή απόρριψης προκειμένου να περιγραφούν τα τοπικά βαθυμετρικά χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με τον έλεγχο του προγράμματος το H_D δεν πρέπει να διαφέρει από το μέσο βάθος H_A περισσότερο από ±30%. Αυτός ο περιορισμός λαμβάνεται υπόψη προκειμένου να αποφευχθεί λανθασμένη χρήση του CORMIX σε περιπτώσεις που αφορούν μη ομοιόμορφα κανάλια. Σε περιπτώσεις μη ομοιόμορφης κατάστασης το H_D είναι η μεταβλητή που επηρεάζει την ανάμιξη στο κοντινό πεδίο ενώ το H_A είναι σημαντικό για το μακρινό πεδίο χωρίς να επηρεάζει το κοντινό.

iv. Η παροχή της απορροής Q_A και η μέση ταχύτητα περιβάλλοντος U_A μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθορίσουν την κατάσταση ροής. Ανάλογα τι εισάγεται, το πρόγραμμα θα υπολογίσει την τιμή της άλλης παραμέτρου και θα γίνει ο απαραίτητος έλεγχος για την ορθότητα της γεωμετρίας του βυθού. Η προσομοίωση στάσιμων συνθηκών πρέπει να αποφεύγεται. Αν εισαχθεί μία μικρή ή μηδενική τιμή για την ταχύτητα, το πρόγραμμα θα θεωρήσει ότι υπάρχουν συνθήκες στασιμότητας. Το CORMIX τότε θα κάνει προβλέψεις μόνο για το κοντινό πεδίο της απορροής μιας και οι διαδικασίες σταθερών συνθηκών για το μακρύτερο περιβάλλον απαιτούν μία μέση ταχύτητα μεταφοράς.

v. Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τραχύτητας του καναλιού πρέπει να εισαχθεί η τιμή του συντελεστή Manning n ή εναλλακτικά ο συντελεστής τριβής Darcy – Weisbach f. Οι συντελεστές τριβής είναι χρήσιμοι για εφαρμογές σε εργαστηριακές μελέτες. Αν δίνεται ο συντελεστής Manning το CORMIX τον μετατρέπει στο συντελεστή f σύμφωνα με την εξίσωση: $f = 8g\frac{n^2}{HA^{1/3}}$ όπου g = 9.81 m/s^2 και HA το μέσο βάθος.

Οι συντελεστές επηρεάζουν τις διαδικασίες ανάμιξης μόνο στο τελευταίο στάδιο αραίωσης του μακρινού πεδίου και δεν έχουν μεγάλη επιρροή στα αποτελέσματα. Γενικά, αν οι τιμές αυτές μπορούν να εκτιμηθούν σε εύρος ±30% οι προβλέψεις του μακρινού πεδίου θα διαφέρουν ±10%.

vi. Το είδος του καναλιού μπορεί να επηρεάσει την ανάμιξη του μακρινού πεδίου αυξάνοντας τη διάχυση χωρίς να επηρεάσει την ανάμιξη στο κοντινό περιβάλλον. Στο CORMIX υπάρχουν τρεις τύποι καναλιών. Ο Τύπος 1 αφορά κανάλια ομοιόμορφα που βρίσκονται σε ευθεία. Ο Τύπος 2 αφορά κανάλια μη ομοιόμορφα με ύπαρξη μαιάνδρων κατάντη. Ο Τύπος 3 αφορά κανάλια με έντονες στροφές.

4.1.2. ΜΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΜΕΝΗ ΥΔΑΤΙΝΗ ΜΑΖΑ

Στην περίπτωση αυτή υδρογραφικά και γεωμετρικά δεδομένα συνδέονται στενά.

i. Καθορίζεται το βάθος του νερού της υδάτινης μάζας που θα αναλυθεί.

ii. Εάν διατίθενται λεπτομερή υδρογραφικά δεδομένα από μετρήσεις πεδίου ή από υδραυλικούς υπολογισμούς μοντέλων, τότε καθορίζεται η απορροή προς την υδάτινη μάζα. Εισάγονται το μέσο βάθος HA και η ταχύτητα περιβάλλοντος U_A. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στις συνθήκες που επικρατούν κοντά στην περιοχή της απόρριψης.

iii. Ο προσδιορισμός του βάθους στο σημείο της απόρριψης H_D για το CORMIX3 σχετίζεται με το βάθος σε κάποια απόσταση από την ακτή, μετά την έξοδο. Δεν περιγράφει τις συνθήκες που επικρατούν ακριβώς μετά την έξοδο από το κανάλι. Όταν δεν υπάρχουν στοιχεία εισάγεται $H_D = H_A$.

iv. Μπορεί να δοθεί είτε ο συντελεστής Manning n είτε ο συντελεστής τριβής Darcy – Weisbach f για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τραχύτητας. Αν εξετάζεται λίμνη ή παράκτια περιοχή είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής τριβής f. Τυπικές τιμές για το f κυμαίνονται από 0.020 έως 0.030.

4.1.3. ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ

Όταν οι προβλέψεις γίνονται σε ένα ασταθές πεδίο ροής, είναι απαραίτητες πληροφορίες για τον παλιρροιακό κύκλο. Σε γενικές γραμμές, εκβολές ή παράκτιες περιοχές μπορεί να εμφανίζουν πολυπλοκότητα με διακυμάνσεις στην ταχύτητα, την κατεύθυνση και το βάθος του νερού.

Η παλιρροιακή περίοδος στις περισσότερες περιπτώσεις είναι 12.4 ώρες αλλά μπορεί να διαφέρει σε κάποιες περιοχές. Πρέπει να εισαχθεί στο πρόγραμμα η μέγιστη παλιρροιακή ταχύτητα u_{amax} που είναι ο μέσος όρος των δύο τιμών της παλίρροιας ανεξάρτητα από τη διεύθυνση. Ο σχεδιασμός του CORMIX μπορεί να γίνει για τις συνθήκες του περιβάλλοντος πριν ή μετά την αλλαγή της παλίρροιας. Έτσι, ο χρήστης πρέπει να εισάγει το χρόνο (σε ώρες) μαζί με την πραγματική ταχύτητα περιβάλλοντος u_a. Οι συνθήκες περιβάλλοντος που εισάγονται πρέπει να αντιστοιχούν με τη συγκεκριμένη ώρα.

Γενικά, για την αναπαράσταση παλιρροιακών περιπτώσεων πρέπει να επαναλαμβάνονται εκτιμήσεις ανά ώρα για να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά του πλουμίου σε μη σταθερές συνθήκες.

4.2. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πληροφορίες για τη διανομή της πυκνότητας μέσα στην υδάτινη μάζα είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη σωστή πρόβλεψη της συμπεριφοράς του πλουμίου. Αρχικά, το CORMIX απαιτεί να δηλωθεί αν το νερό είναι γλυκό ή όχι (υφάλμυρο ή αλατούχο). Αν το νερό είναι γλυκό και πάνω από 4° C, το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα να εισαχθούν θερμοκρασιακά δεδομένα ούτως ώστε να υπολογιστεί η πυκνότητα. Σε περίπτωση αλμυρού νερού υπάρχει η δυνατότητα αυτόματου υπολογισμού της πυκνότητας αν είναι γνωστή η αλατότητα του νερού σε ppt (μονάδες στη χιλιάδα).

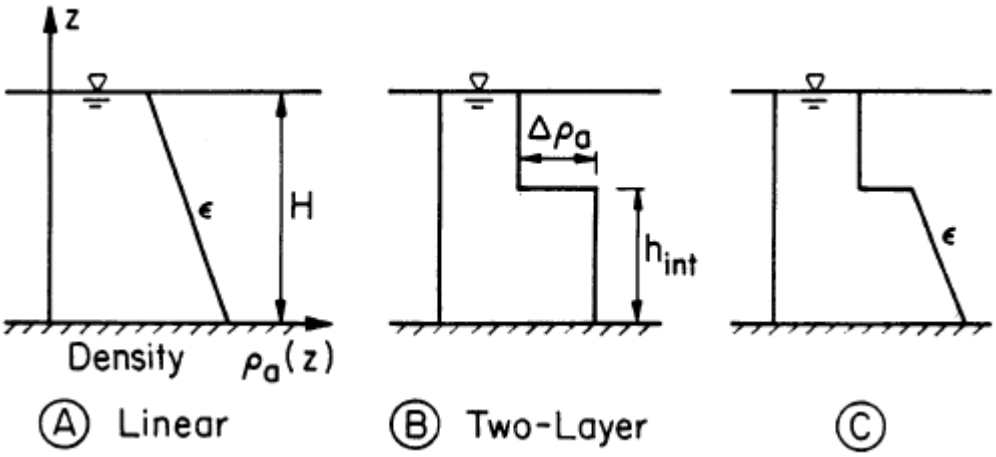
Έπειτα, δηλώνεται αν η πυκνότητα μπορεί να θεωρηθεί ομοιόμορφη ή μη μέσα στην υδάτινη μάζα και κυρίως στις περιοχές που θα εξαπλωθεί το πλούμιο. Κάθετη διακύμανση της πυκνότητας μικρότερη από 0.1 kg/m^3 ή της θερμοκρασίας μικρότερης από 1° C μπορεί να αγνοηθεί. Στην περίπτωση ομοιόμορφης κατάστασης η μέση πυκνότητα ή η μέση θερμοκρασία είναι απαραίτητο να εισαχθούν. Όταν δεν υπάρχουν ομοιόμορφες συνθήκες, το CORMIX απαιτεί η πραγματική κατακόρυφη πυκνότητα να προσεγγιστεί με ένα από τους τρεις τύπους στρωματοποίησης (Εικόνα 13). Αυτοί είναι:

Τύπος A: γραμμικό προφίλ πυκνότητας

Τύπος B: σύστημα δύο στρωμάτων με σταθερή πυκνότητα και άλμα πυκνότητας

Τύπος C: σταθερό επιφανειακό στρώμα πυκνότητας με γραμμικό προφίλ πυκνότητας

στον πυθμένα που χωρίζονται με άλμα πυκνότητας



Εικόνα 13. Τύποι στρωματοποίησης πυκνότητας

Έπειτα από την επιλογή της στρωματοποίησης εισάγονται τα ύψη του πυκνοκλινούς (HINT) για να καθοριστεί πλήρως το προφίλ. Το πυκνοκλινές ορίζεται ως η ζώνη έντονης αλλαγής της πυκνότητας που διαχωρίζει τα ανώτερα και τα κατώτερα όρια μιας στήλης ύδατος. Το πρόγραμμα έπειτα ελέγχει την πυκνότητα που έχει εισαχθεί προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι υπάρχει σταθερή στρωματοποίηση (η πυκνότητα στα ανώτερα στρώματα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτή στα κατώτερα).

4.3. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ

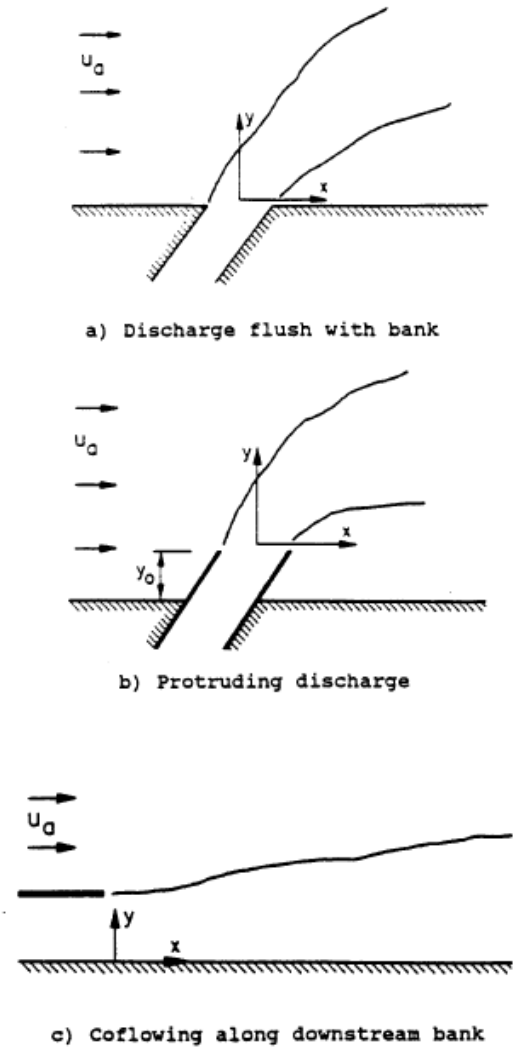
Η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να μην επηρεάζει την ανάμιξη στο κοντινό πεδίο αλλά παίζει καθοριστικό ρόλο στη συμπεριφορά του πλουμίου στο μακρινό πεδίο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιπτώσεις θερμικών αποθέσεων. Δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται πλησίον της περιοχής αρκούν. Οι τυπικές κατηγορίες της ταχύτητας ανέμου είναι:

- Αύρα 0 - 3 m/s
- Ελαφρύς αέρας 3 - 15 m/s
- Ισχυρός άνεμος 15 - 30 m/s

Αν δεν υπάρχουν δεδομένα από το πεδίο λαμβάνεται η τιμή 2 m/s που εκπροσωπεί συντηρητικές συνθήκες σχεδίασης. Η μηδενική τιμή είναι μη ρεαλιστική για πεδίο. Η τιμή των 15 m/s είναι η μέγιστη που επιτρέπει το CORMIX να εισαχθεί.

4.4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Σε γενικές γραμμές το CORMIX3 επιτρέπει διαφορετικές δομές ροής που κυμαίνονται από απλά ορθογώνια κανάλια μέχρι οριζόντιους κυκλικούς σωλήνες που μπορούν να βρίσκονται στην επιφάνεια ή κοντά σε αυτή. Επιπλέον, τρεις διαφορετικοί σχηματισμοί μπορούν να υπάρξουν.



Εικόνα 14. Τύποι επιφανειακών απορροών

Οι απορροές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14, μπορούν:

i. να είναι στο ίδιο επίπεδο με την ακτή ή την όχθη
ii. να προεξέχουν από την όχθη
iii. να συρρέουν κατά μήκος της ακτής

4.4.1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Για να δημιουργηθεί ένα αναφορικό σύστημα συντεταγμένων το CORMIX3 απαιτεί την εισαγωγή έξι δεδομένων:

- θέση της κοντινότερης ακτής (δεξιά/αριστερά) όπως αυτή φαίνεται από ένα παρατηρητή που κοιτάει κατάντη της κατεύθυνσης της ροής
- πλάτος του ορθογώνιου καναλιού (B_0)
- βάθος καναλιού πριν την έξοδο H_0
- βάθος υδάτινης μάζας στην έξοδο του καναλιού H_{D0}
- κλίση πυθμένα κοντά στην έξοδο του καναλιού
- οριζόντια γωνία απορροής σ (sigma) μετρούμενη με αντιωρολογιακή φορά από τον άξονα χ

Το CORMIX3 χρησιμοποιεί τη μεταβλητή HD_0 για το πραγματικό βάθος νερού ακριβώς μετά την έξοδο του καναλιού και απαιτεί επιπλέον λεπτομέρειες για την κλίση του πυθμένα πάλι στο σημείο αμέσως μετά την έξοδο, που επεκτείνεται στο εσωτερικό της υδάτινης μάζας που δέχεται τα λύματα. Οι διευκρινήσεις αυτές είναι σημαντικές ούτως ώστε να αναγνωριστούν περιπτώσεις όπου το πλούμιο μπορεί να προσκολληθεί στον πυθμένα.

Στην περίπτωση κυλινδρικού σωλήνα εξόδου το CORMIX3 υποθέτει ότι η εκροή δεν είναι βυθισμένη κάτω από την επιφάνεια του νερού περισσότερο από το ½ της διαμέτρου της εξόδου. Αν η έξοδος είναι σωλήνας που ρέει εν μέρει πλήρης τότε πρέπει να αναπαρασταθεί σχηματικά ως μια ορθογώνια έξοδος ίδιας διατομής και παρόμοιου βάθους με το κανάλι.

Για απορρίψεις ανοιχτών αγωγών, θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή κατά τον καθορισμό του βάθους του καναλιού μιας και αυτή η παράμετρος συνδέεται άμεσα με το βάθος της υδάτινης μάζας στην οποία γίνεται η απόρριψη.

Για να αποφευχθεί ακατάλληλη εφαρμογή του προγράμματος, το CORMIX3 επιτρέπει μόνο μία αναλογία βάθους - πλάτους καναλιού που κυμαίνεται από 0.05 έως 5.

4.4.2. ΕΚΡΟΗ

Για τα χαρακτηριστικά της εκροής το CORMIX3 απαιτεί την εισαγωγή των παρακάτω δεδομένων. Αυτά είναι:

i. Συνολική παροχή εκροής Q_0 ή ταχύτητα απόρριψης u_0
ii. Πυκνότητα λυμάτων ή θερμοκρασία αυτών
iii. Συγκέντρωση στα λύματα του υλικού που μας ενδιαφέρει να εξεταστεί

Η συγκέντρωση του υλικού που μας ενδιαφέρει (ρύπος, ιχνηθέτης, θερμοκρασία) ορίζεται ως η επιπλέον συγκέντρωση πάνω από οποιαδήποτε συγκέντρωση του ίδιου υλικού στο περιβάλλον. Η ποσότητα μπορεί να καθοριστεί σε διάφορες μονάδες όπως mg/l, ppm, ^{o}C, %. Αν δεν εξετάζεται κάποιος συγκεκριμένος ρύπος εισάγεται στη συγκέντρωση 100%.

4.5. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΡΥΠΑΝΤΩΝ

Το CORMIX επιτρέπει τρεις τύπους ρυπαντών:

i. Συντηρητικός ρυπαντής

Ο ρυπαντής δεν υφίσταται καμία διαδικασία ανάπτυξης ή αποσύνθεσης.

ii. Μη συντηρητικός ρυπαντής

Ο ρύπος υφίσταται μία πρώτης τάξης ανάπτυξη ή αποσύνθεση. Πρέπει να προσδιορισθεί ο συντελεστής ανάπτυξης ή αποσύνθεσης σε μονάδες /day

iii. Θερμικές απορροές

Η απορροή θα υποστεί απώλεια θερμότητας προς την ατμόσφαιρα σε περίπτωση που το πλούμιο έρθει σε επαφή με την επιφάνεια. Είναι αναγκαίο να προσδιορισθούν οι συνθήκες απόρριψης, η διαφορά θερμοκρασίας σε βαθμούς C και ο συντελεστής ανταλλαγής θερμότητας σε μονάδες $W/m^2 \cdot degC$. Οι τιμές του συντελεστή εξαρτώνται από τη θερμοκρασία νερού και την ταχύτητα ανέμου.

Συνήθως η συμπεριφορά στο κοντινό πεδίο δεν επηρεάζεται από την επιλογή αυτών των μεταβλητών, ωστόσο, μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα πρόβλεψης σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

4.6. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΖΩΝΗΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ

Ο χρήστης πρέπει να δηλώσει:

i. Αν η ζώνη τοξικής ανάμιξης TDZ εφαρμόζεται
ii. Αν υπάρχουν πρότυπα ποιότητας για το νερό
iii. Αν υπάρχει μία ζώνη κανονικής ανάμιξης RMZ
iv. Τη χωρική περιοχή ενδιαφέροντος ROI
v. Τον αριθμό περιοχών της ROI για τις οποίες θα εμφανίσει το πρόγραμμα αποτελέσματα

Όταν υπάρχει ζώνη τοξικής ανάμιξης TDZ πρέπει να εισαχθεί η κρίσιμη μέγιστη συγκέντρωση CMC και η κρίσιμη συνεχόμενη συγκέντρωση CCC που χρησιμοποιούνται για να προστατέψουν την υδρόβια ζωή από οξείες και χρόνιες επιδράσεις. Το CORMIX θα ελέγξει το όριο CMC στο τέλος της τοξικής ζώνης ανάλυσης και της ζώνης κανονικής ανάμιξης αν αυτή υπάρχει.

Όταν η ζώνη κανονικής ανάμιξης υπάρχει, μπορεί να καθοριστεί από:

- Την απόσταση από την τοποθεσία απόρριψης
- Την επιφάνεια που καταλαμβάνει το πλούμιο
- Το πλάτος του πλουμίου

Η χωρική περιοχή ενδιαφέροντος ROI είναι η περιοχή που ορίζεται από το χρήστη, στην οποία θα αναλυθούν οι συνθήκες ανάμιξης και ορίζεται ως η μέγιστη απόσταση ανάλυσης της κατεύθυνσης ροής των λυμάτων. Ο βαθμός λεπτομέρειας των δεδομένων και της υδραυλικής προσομοίωσης εξαρτάται από τον αριθμό των περιοχών της ROI. Το επιτρεπόμενο εύρος της παραμέτρου είναι από 3 έως 50 και ο αριθμός που θα επιλεχθεί δεν επηρεάζει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων, παρά μόνο τον όγκο αυτών.

4.7. ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Το CORMIX χρησιμοποιεί το μετρικό σύστημα. Όταν τα δεδομένα δίνονται σε μονάδες Αγγλικού συστήματος πρέπει να μετατραπούν στις αντίστοιχες του μετρικού. Όσων αφορά τις συγκεντρώσεις των ρύπων, αυτές μπορούν να εισαχθούν σε οποιεσδήποτε μονάδες όπως mg/l, %, ppm.

Όσον αφορά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων του CORMIX, τρία με τέσσερα ψηφία είναι αρκετά για τα περισσότερα δεδομένα εισόδου. Οι μόνες εξαιρέσεις είναι οι τιμές για την πυκνότητα των λυμάτων και την πυκνότητα περιβάλλοντος. Αυτές απαιτούν πέντε ψηφία ιδίως όταν υπάρχει απόρριψη σε στρωματοποιημένη υδάτινη μάζα.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

5.1. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1 – ΚΟΛΠΟΣ HUMBER BAY

Κατά την πρώτη εφαρμογή εξετάζεται η περίπτωση του κόλπου Humber Bay στον οποίο καταλήγει το ποτάμι Mimico Creek. Λόγω της μικρής ροής του ποταμού, η έρευνα πραγματοποιήθηκε έπειτα από βροχές που προκαλούν υψηλές αποθέσεις. Εξετάζονται, επομένως, δύο σενάρια για τη 17^{η} Ιουλίου. Το πρώτο αφορά ισόθερμη κατάσταση με ομοιόμορφο περιβάλλον και το δεύτερο αφορά μη ισόθερμη κατάσταση με θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του κόλπου και του ποταμού.

5.1.1. 17 ΙΟΥΛΙΟΥ – ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Παρακάτω φαίνονται τα δεδομένα για τις συνθήκες περιβάλλοντος του Humber Bay και του ποταμού Mimico Creek που εισήχθησαν στο CORMIX3.

<u>Συνθήκες περιβάλλοντος:</u>

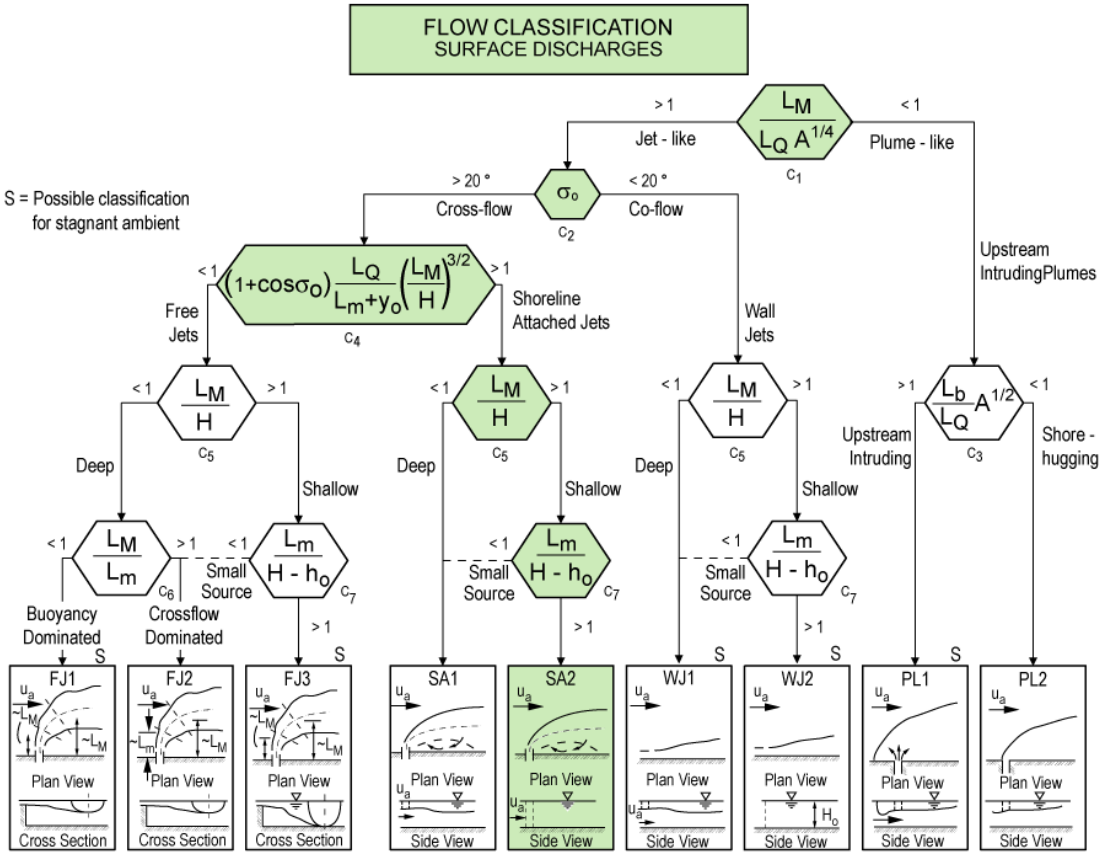
Μέσο βάθος	H_A = 10 m
Βάθος στην εκροή	H_D = 7.1 m
Ταχύτητα ανέμου	u_w = 3.5 m/sec
Ταχύτητα περιβάλλοντος	u_a = 0.05 m/sec
Πυκνότητα	ρ_a = 998.2051 kg/m^3
Αριθμός Darcy	f = 0.033

<u>Εκροή Mimico Creek</u>

Παροχή	Q = 40 m^3/sec
Πυκνότητα	ρ_0 = 998.2051 kg/m^3
Πλάτος Mimico Creek	b_0 = 80 m
Βάθος Mimico Creek	h_0 = 4 m
Γωνία εκροής	$\sigma = 90^o$
Κλίση πυθμένα	$\theta = 10^o$

Η εκροή είναι απότομη επιφανειακή (flush discharge), βρίσκεται στην αριστερή όχθη, ενώ για την υδάτινη μάζα θεωρήθηκε ότι είναι μη περιορισμένη (unbounded). Ο ρυπαντής επιλέχθηκε συντηρητικός, δηλαδή δεν υφίσταται οποιαδήποτε αποσύνθεση ή ανάπτυξη. Για την περίπτωση αυτή δεν ορίζονται όρια ποιότητας υδάτων. Η περιοχή που θα ελεγχθεί εκτείνεται στα 5000 m.

Η κατηγορία της ροής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 15. Κατηγορία ροής ισόθερμης περίπτωσης 17 Ιούλη

Το πλούμιο που δημιουργείται ανήκει στην κατηγορία SA2 (Εικόνα 15), δηλαδή μετά από κάποια απόσταση θα προσκολληθεί στην ακτή. Η τρισδιάστατη απεικόνιση του πλουμίου, καθώς επίσης και η όψη στους άξονες x – y, x – z παρουσιάζεται στην Εικόνα 16.

Οι μεταβλητές της ροής όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα είναι:

Παροχή εκροής $Q_0 = 40\ m^3/sec$

Ορμή εκροής $M_0 = 5\ m^4/sec^2$

Άνωση εκροής $J_0 = 0\ m^4/sec^3$

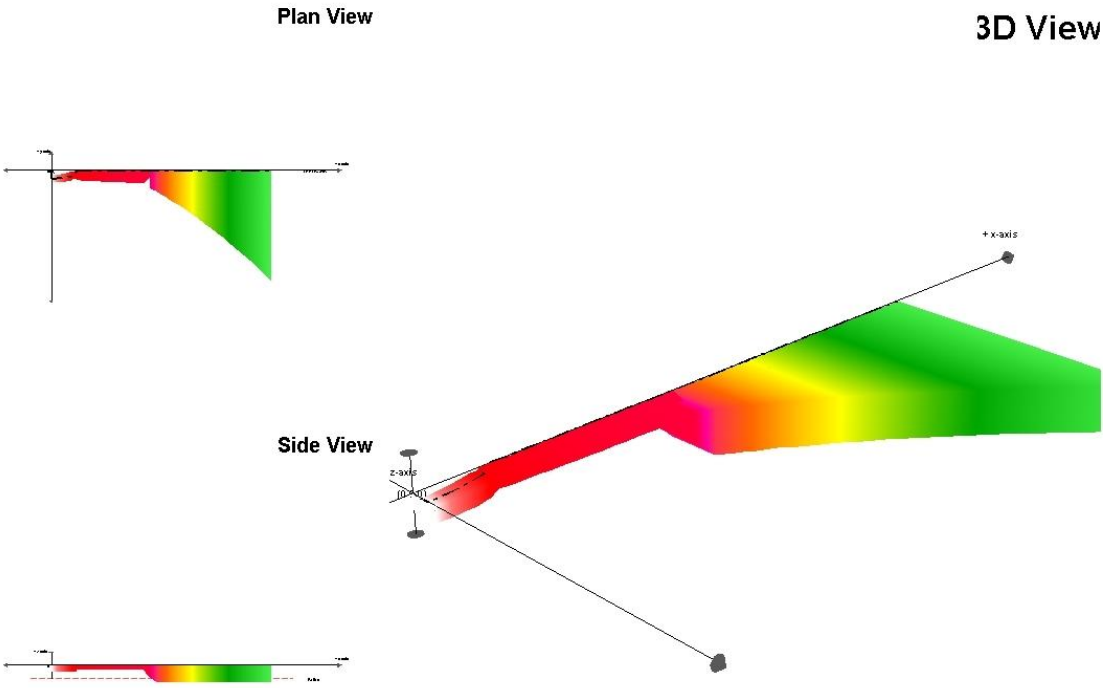
Οι κλίμακες μήκους, όπως δόθηκαν από το πρόγραμμα είναι οι ακόλουθες:

$L_Q = 17.89$ m

$L_m = 44.72$ m

$L_b = 0$ m

L_M = 99999 m



Εικόνα 16. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y, x-z

<u>Συνθήκες στο κοντινό πεδίο:</u>

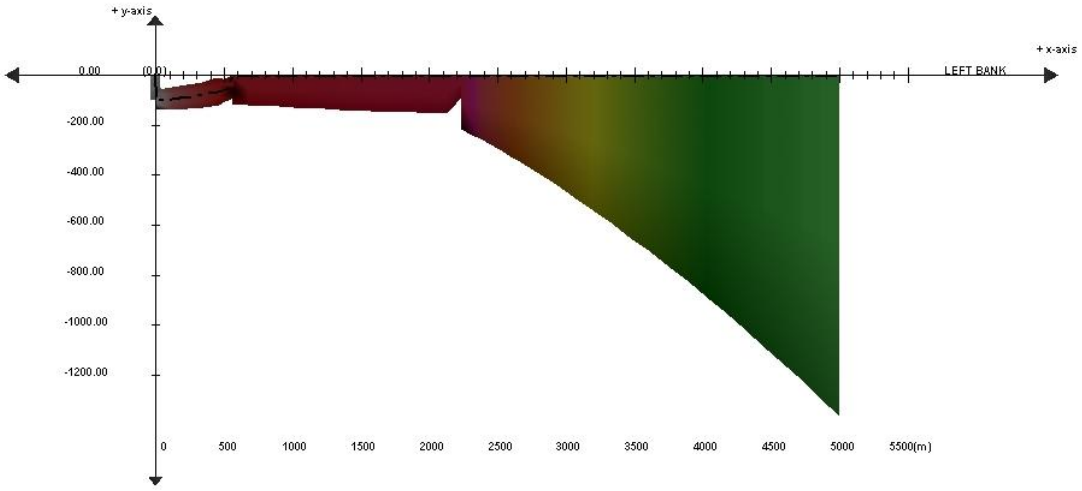
Στο κοντινό πεδίο είναι η ζώνη έντονης αρχικής ανάμιξης και δεν έχει καμία ρυθμιστική επίπτωση.

Η συγκέντρωση στο τέλος της ζώνης του κοντινού πεδίου έχει μειωθεί στο 52.6% και ο λόγος διάλυσης είναι s = 1.9. Στο σημείο με συντεταγμένες x = 2237.92 m, y = 0 m, z = 0 m, όπου και είναι το τέλος του κοντινού πεδίου, οι διαστάσεις του πλουμίου είναι: πάχος b_v = 5 m και το πλάτος b_h = 153.92 m. Ο συνολικός χρόνος για να φτάσει το πλούμιο στο σημείο αυτό είναι 9.23 ώρες (33233.6641 sec).

<u>Εκτίμηση άνωσης:</u>

Η πυκνότητα της εκροής είναι ίση με την πυκνότητα του νερού στο επίπεδο της απόρριψης. Επομένως, η άνωση της εκροής είναι ουσιαστικά ουδέτερη.

Το πλούμιο αναμιγνύεται κάθετα πλήρως στο κοντινό πεδίο σε απόσταση 2376.03 m κατάντη και συνεχίζει αναμιγμένο κάθετα στο μακρινό πεδίο.

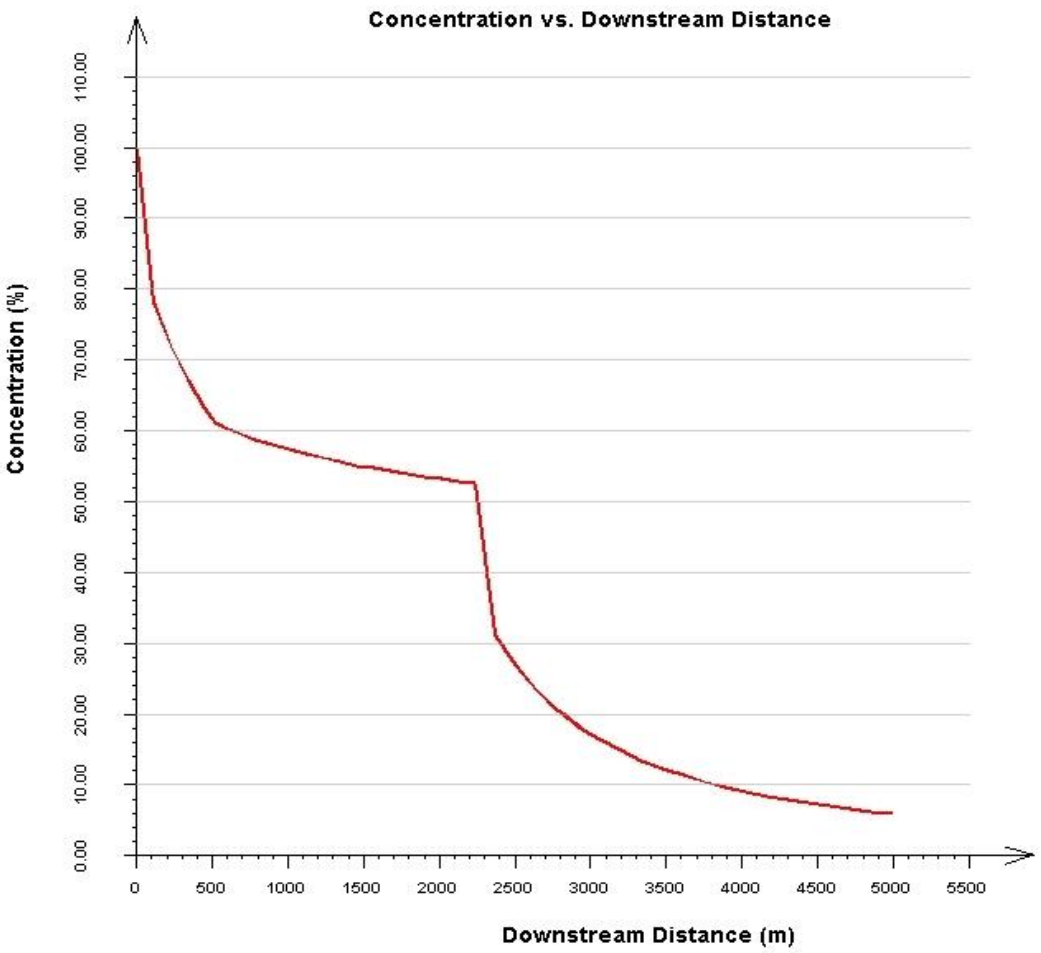


Εικόνα 17. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue

Αναλυτικότερα, το τέλος της αρχικής ζώνης ροής επιτυγχάνεται στις συντεταγμένες: x = 4.02 m, y = -96.94 m, z = 0 m με διάλυση s = 1 και ο απαιτούμενος χρόνος είναι 12.94 λεπτά (776.2197 sec). Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 7.1 m και πλάτος 40.58 m.

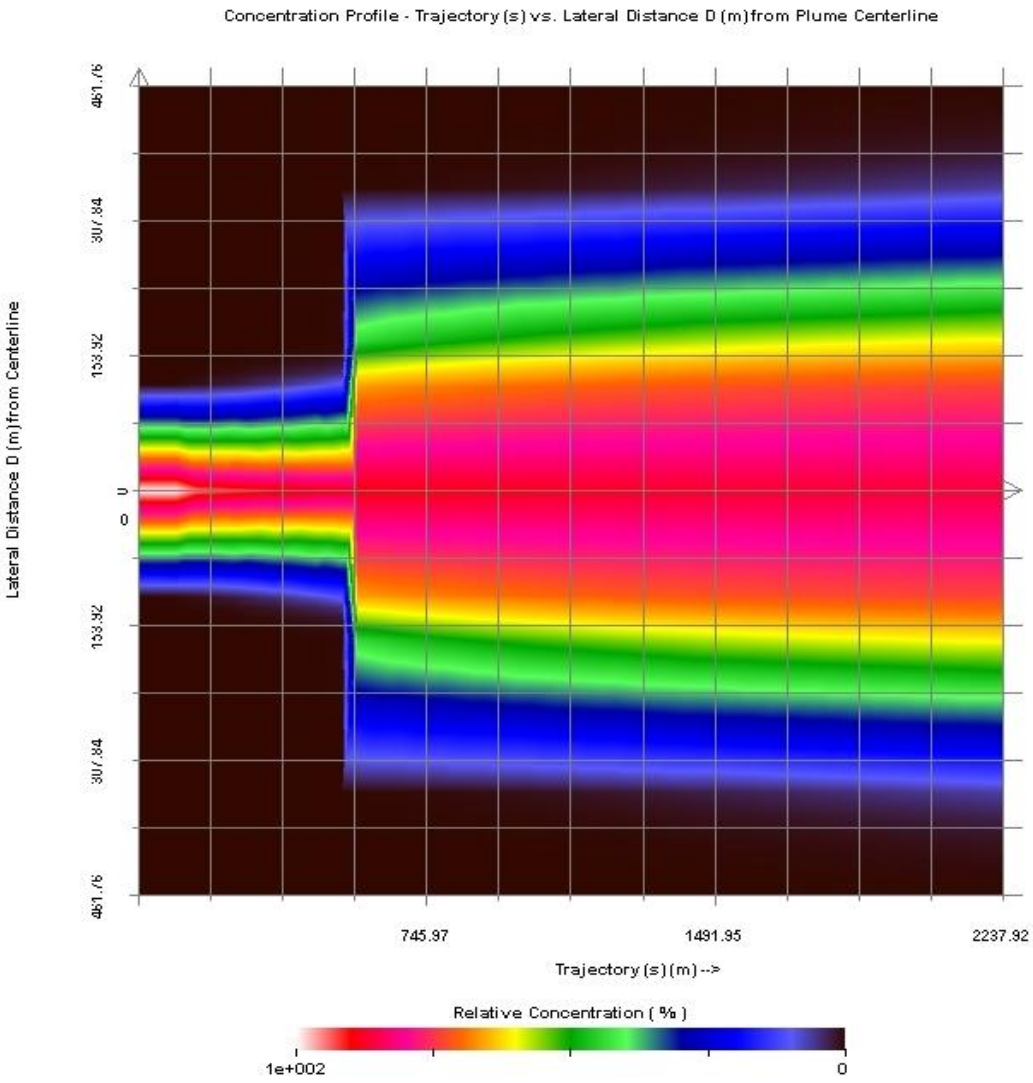
Όπως απεικονίζεται και στο διάγραμμα του CorVue (Εικόνα 17) σχηματίζεται μία ζώνη ανακυκλοφορίας. Το τέλος της ζώνης αυτής είναι στις συντεταγμένες: x = 525.09 m, y = -56.15 m, z = 0 m με διάλυση s = 2. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 7.1 m και πλάτος 56.68 m ενώ ο χρόνος για να φτάσει στο σημείο αυτό είναι 98 λεπτά (5881.2 sec). Από το σημείο αυτό κι έπειτα το πλούμιο προσκολλάται στην ακτή μέχρι το τέλος του κοντινού πεδίου. Το πλούμιο, στο τέλος του κοντινού πεδίου έχει μικρή άνωση ή καθόλου και διέπεται από πλήρη κατακόρυφη ανάμιξη. Επομένως, δεν παρατηρείται εξάπλωση λόγω άνωσης.

Κατά τη μετάβαση στο μακρινό πεδίο, παρατηρείται εξάπλωση του πλουμίου λόγω διάχυσης και ταυτόχρονα αλληλεπίδραση με το βυθό. Το πλούμιο συνεχίζει την πορεία του πλήρως αναμιγμένο κάθετα μέχρι και την απόσταση των 5000 m που έχει οριστεί στα δεδομένα εισόδου. Στο σημείο αυτό η συγκέντρωση είναι σε ποσοστό 5.88 % ενώ ο απαιτούμενος χρόνος για να ταξιδέψει το πλούμιο είναι 24.6 ώρες (88475.2344 sec).



Εικόνα 18. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση

Η συγκέντρωση στο πεδίο κοντά στην εκροή μέχρι και σε απόσταση 500 m κατάντη μειώνεται απότομα, επιτυγχάνοντας ένα ποσοστό 60% (Εικόνα 18). Στη συνέχεια, μέχρι το τέλος της ζώνης του κοντινού πεδίου δεν παρατηρείται μεγάλη μείωση. Κατά τη μετάβαση στη ζώνη του μακρινού πεδίου, όπου αρχίζει και η διάχυση, υπάρχει κατακόρυφη μείωση της συγκέντρωσης που σταδιακά ομαλοποιείται μέχρι και την απόσταση που έχει οριστεί στο πρόγραμμα να ελεγχθεί. Στην απόσταση των 5000 m η συγκέντρωση έχει μειωθεί, φτάνοντας το 5.8%. Στην Εικόνα 19 παρατηρείται η αραίωση πάνω στην κύρια γραμμή ροής.



Εικόνα 19. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής

5.1.2. 17 ΙΟΥΛΙΟΥ – ΜΗ ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Παρακάτω φαίνονται τα δεδομένα για τις συνθήκες περιβάλλοντος του Humber Bay και του ποταμού Mimico Creek που εισήχθησαν στο CORMIX3.

Συνθήκες περιβάλλοντος:

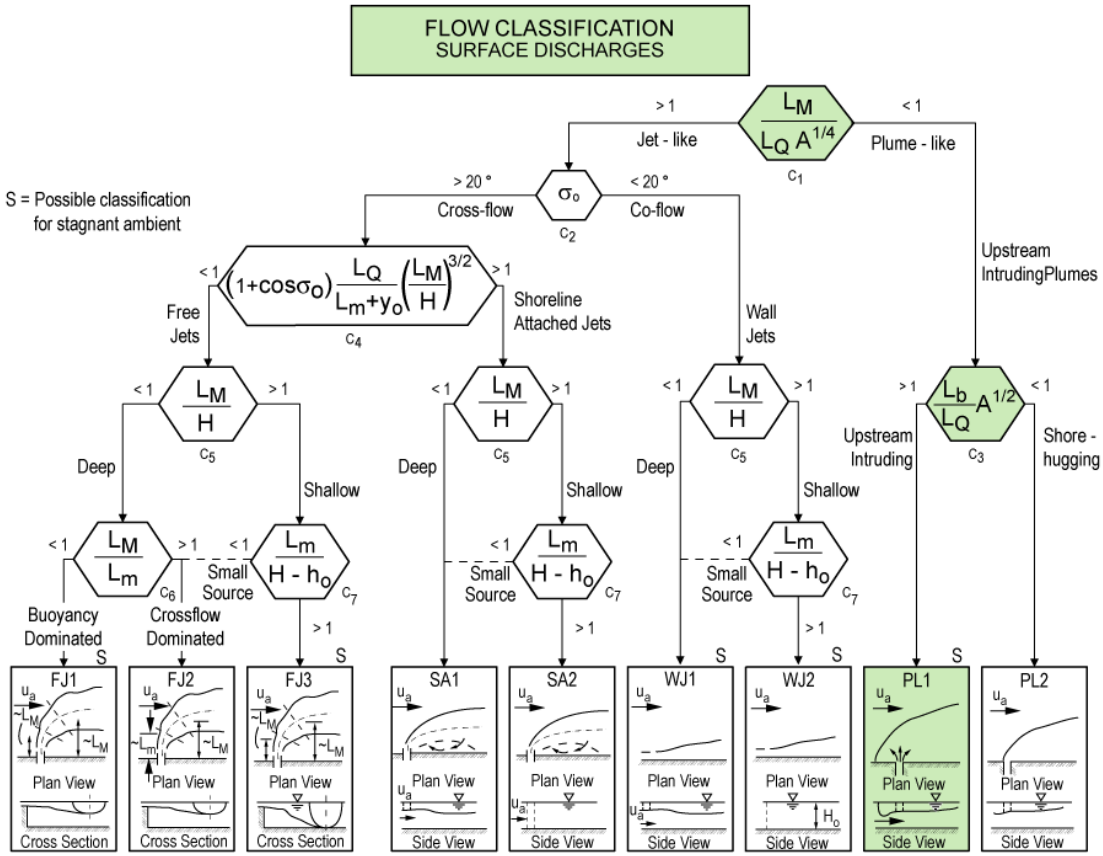
Μέσο βάθος	$H_A = 10$ m
Βάθος στην εκροή	$H_D = 7.1$ m
Ταχύτητα ανέμου	$u_w = 3.5$ m/sec
Ταχύτητα περιβάλλοντος	$u_a = 0.05$ m/sec
Θερμοκρασία Humber Bay	$T_a = 17^o$ C
Αριθμός Darcy	f = 0.033

Εκροή Mimico Creek

Παροχή	$Q = 40\ m^3/sec$
Θερμοκρασία ποταμού	$T_d = 20^o$ C
Πλάτος Mimico Creek	$b_0 = 80$ m
Βάθος Mimico Creek	$h_0 = 4$ m
Γωνία εκροής	$\sigma = 90^o$
Κλίση πυθμένα	$\theta = 10^o$

Η εκροή είναι απότομη επιφανειακή (flush discharge), βρίσκεται στην αριστερή όχθη, ενώ για την υδάτινη μάζα θεωρήθηκε ότι είναι μη περιορισμένη (unbounded).
Για την περίπτωση αυτή δεν ορίζονται όρια ποιότητας υδάτων.

Η κατηγορία της ροής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 20. Κατηγορία ροής μη ισόθερμης περίπτωσης 17 Ιούλη

Το πλούμιο που δημιουργείται ανήκει στην κατηγορία PL1, δηλαδή στα ανάντη διαχεόμενα πλούμια. Για να δημιουργηθεί η ροή αυτή, η εκροή έχει μικρή ταχύτητα και μεγάλη άνωση και γίνεται μέσα σε ένα περιβάλλον με σχετικά μικρή ταχύτητα. Για το λόγο αυτό, η εκροή εξαπλώνεται ανάντη κατά μήκος της ακτογραμμής, αντίθετα από το ρεύμα του περιβάλλοντος. Το νερό στο οποίο γίνεται η απόρριψη είναι βαθύ κοντά στο σημείο της εκροής οπότε δεν υπάρχει αλληλεπίδραση με το βυθό στο κοντινό πεδίο. Στην Εικόνα 21 παρουσιάζεται η τρισδιάστατη απεικόνιση του πλουμίου καθώς και η όψη στους άξονες x – y, x – z ενώ στην Εικόνα 22 απεικονίζεται το πλούμιο στους άξονες x – y.

Οι μεταβλητές της ροής όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα είναι:

Παροχή εκροής $Q_0 = 40\ m^3/sec$

Ορμή εκροής $M_0 = 5\ m^4/sec^2$

Άνωση εκροής $J_0 = 0.2243\ m^4/sec^3$

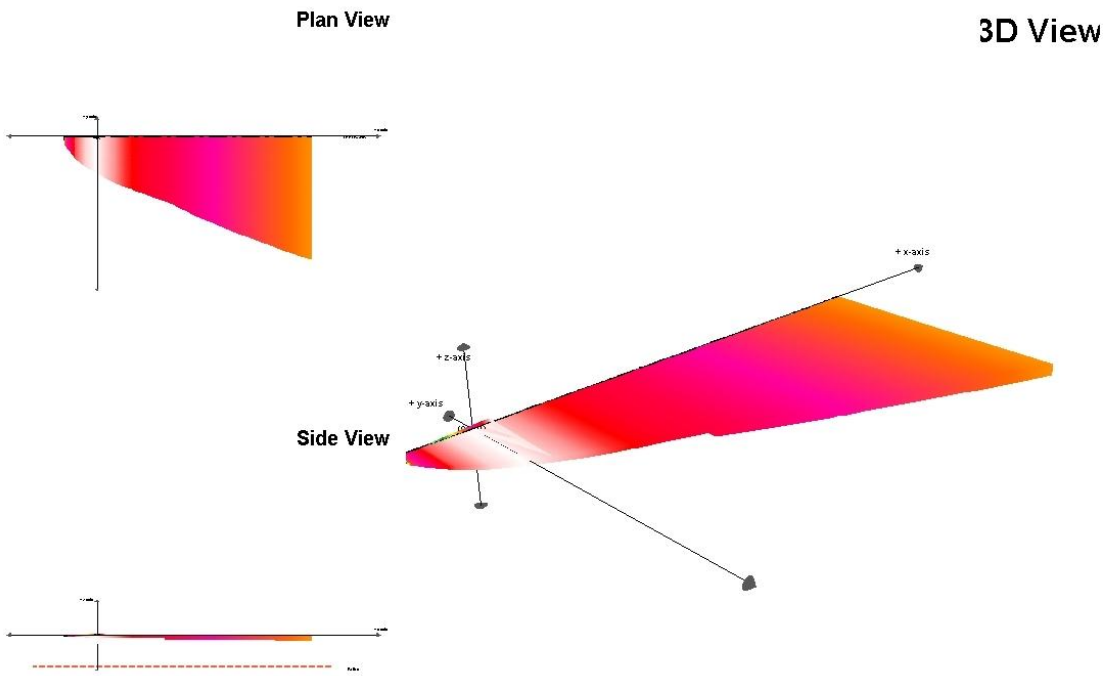
Οι κλίμακες μήκους, όπως δόθηκαν από το πρόγραμμα είναι οι ακόλουθες:

L_Q = 17.89 m

L_m = 44.72 m

L_b = 1794.17 m

L_M = 7.06 m



Εικόνα 21. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z

<u>Συνθήκες στο κοντινό πεδίο:</u>

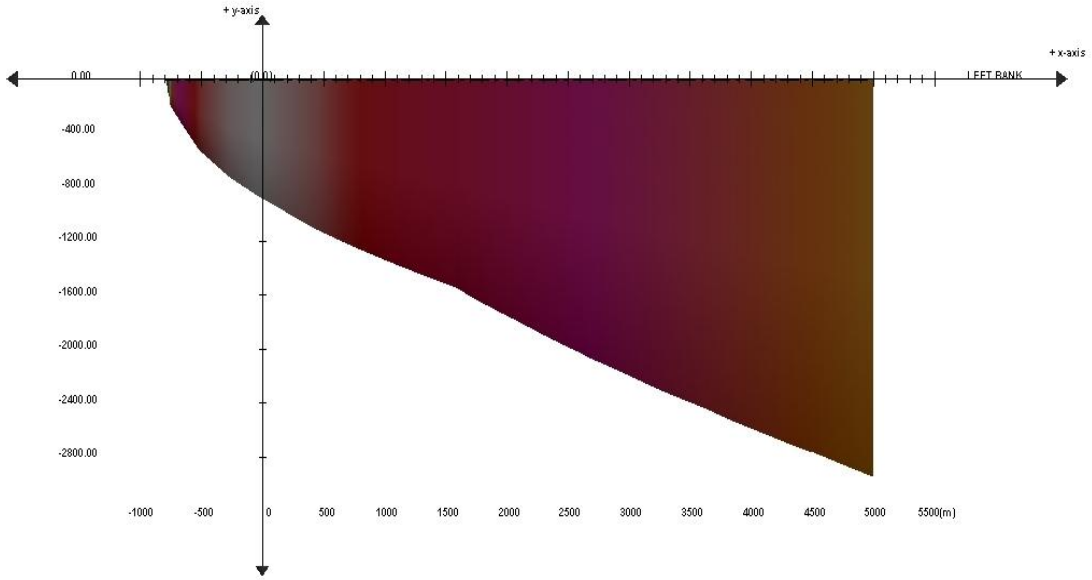
Στο κοντινό πεδίο είναι η ζώνη έντονης αρχικής ανάμιξης και δεν έχει καμία ρυθμιστική επίπτωση.

Η συγκέντρωση στο τέλος της ζώνης του κοντινού πεδίου έχει μειωθεί στο 51.77% και ο λόγος διάλυσης είναι s = 1.9. Το τέλος του κοντινού πεδίου είναι στις συντεταγμένες: x = 1582.05 m, y = 0 m, z = 0 m με το πλούμιο να έχει τα εξής χαρακτηριστικά: πάχος 1 m και πλάτος 1543.48 m. Ο απαιτούμενος χρόνος για να φτάσει στο σημείο αυτό είναι 8.8 ώρες (31672.0176 sec).

<u>Εκτίμηση άνωσης:</u>

Η πυκνότητα της εκροής είναι μικρότερη από του περιβάλλοντος στο επίπεδο της εκροής. Έτσι, η εκροή έχει θετική άνωση και τείνει να ανεβαίνει προς την επιφάνεια.

Η προσκόλληση του πλουμίου στην ακτή γίνεται σε απόσταση 791.03 m ανάντη.



Εικόνα 22. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue

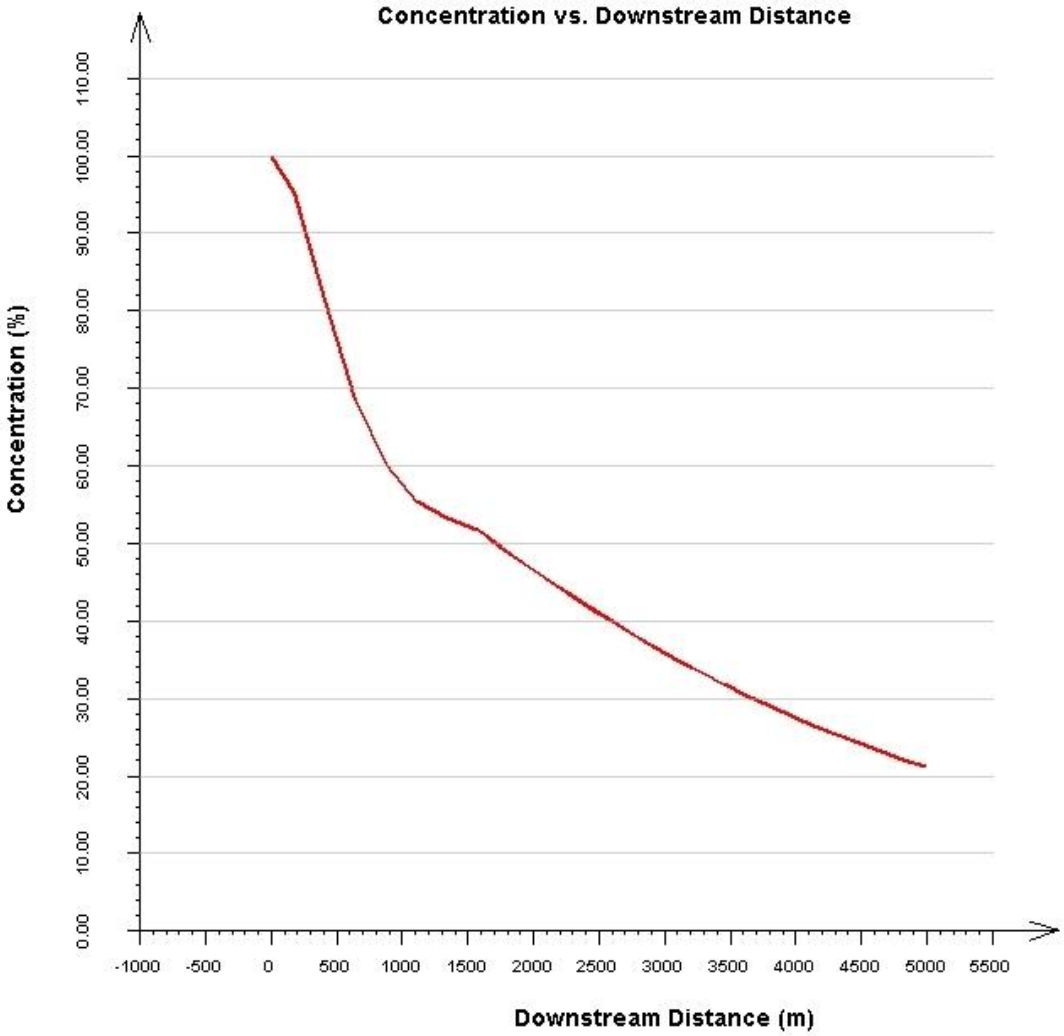
Πιο αναλυτικά, στην αρχική ζώνη της ροής, όπου η συγκέντρωση δεν έχει προλάβει να μειωθεί (100%) και ο λόγος διάλυσης είναι s = 1, τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι τα ακόλουθα: πάχος 3.80 m και πλάτος 42.60 m. Οι συντεταγμένες του σημείου αυτού είναι x = 0.18 m, y = -4.31 m, z = 0 m ενώ ο απαιτούμενος χρόνος για να φτάσει στο τέλος της ζώνης αυτής είναι μόλις 34.4883 sec.

Οι ιδιότητες της ανάντη προσχώρησης του πλουμίου είναι οι ακόλουθες:

Ανάντη μήκος προσχώρησης	791.03 m
Συντεταγμένη x	-791.03 m
Πάχος στην περιοχή προσχώρησης	1 m
Πλάτος κατάντη	1543.48 m
Πάχος κατάντη	1 m

Στην περίπτωση αυτή, η ανάντη προσχώρηση είναι πολύ μεγάλη, υπερβαίνοντας ακόμα και 10 φορές το τοπικό βάθος της υδάτινης μάζας. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε μικρές τιμές της ταχύτητας περιβάλλοντος, σε συνδυασμό με μεγάλη άνωση της εκροής.

Έπειτα από το κοντινό πεδίο, ξεκινάει η εξάπλωση λόγω άνωσης και συνεχίζει μέχρι το τέλος της περιοχής που έχει οριστεί να ελεγχθεί από το πρόγραμμα. Στην απόσταση των 5000 m ο λόγος διάλυσης είναι 4.7 και η συγκέντρωση έχει φτάσει το ποσοστό του 21.2%. Το πάχος του πλουμίου είναι 1.29 m ενώ το πλάτος 2942.12 m. Ο απαιτούμενος χρόνος για να φτάσει το πλούμιο στο σημείο αυτό είναι 27.79 ώρες (100030.9141 sec).



Εικόνα 23. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση

Η συγκέντρωση ως προς την απόσταση παρουσιάζει μία σταδιακή μείωση (Εικόνα 23). Μέχρι το σημείο των 5000 m που έχει εισαχθεί στο CORMIX να γίνει ο έλεγχος η συγκέντρωση έχει μειωθεί κατά 80%.

5.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2 – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ

Κατά την εφαρμογή αυτή θα εξεταστεί η εκροή ενός εργοστασίου, το οποίο είναι κοντά στις ακτές μίας λιμνοθάλασσας και χρησιμοποιεί φρέσκο νερό για διαδικασίες ψύξης. Στην εκροή παρατηρείται συγκέντρωση χαλκού, επομένως, θα εξετασθεί αν η περιοχή στην οποία γίνεται η εκροή παρουσιάζει σημάδια ρύπανσης. Το πρόβλημα πρέπει να εξεταστεί για δύο σενάρια. Αρχικά, θα θεωρηθούν σταθερές συνθήκες ενώ στη δεύτερη περίπτωση μη σταθερές. Το πρόβλημα είναι περίπλοκο καθώς η γεωμετρία του καναλιού και οι συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον εξαρτώνται από τα φαινόμενα παλίρροιας.

5.2.1. ΣΕΝΑΡΙΟ 1^{ο} – ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Συνθήκες περιβάλλοντος:

Μέσο βάθος	$H_A = 5.65$ m
Βάθος στην εκροή	$H_D = 5.65$ m
Ταχύτητα ανέμου	$u_w = 2$ m/sec
Ταχύτητα περιβάλλοντος	$u_a = 0.22$ m/sec
Πυκνότητα	$\rho_a = 1018$ kg/m^3
Αριθμός Darcy	$f = 0.025$

Εκροή

Παροχή	$Q = 2.2$ m^3/sec
Θερμοκρασία	$T = 22^o$ C
Συγκέντρωση χαλκού	$C_0 = 80$ μg/l
Πλάτος καναλιού	$b_0 = 2$ m
Βάθος καναλιού	$h_0 = 0.65$ m
Γωνία εκροής	$\sigma = 90^o$
Κλίση πυθμένα	$\theta = 11^o$

Η εκροή είναι απότομη επιφανειακή (flush discharge), βρίσκεται στη δεξιά όχθη, ενώ για την υδάτινη μάζα θεωρήθηκε ότι είναι μη περιορισμένη (unbounded). Ο ρυπαντής θεωρήθηκε συντηρητικός (conservative), δηλαδή δεν παρατηρείται σε αυτόν οποιαδήποτε ανάπτυξη ή αποσύνθεση. Ορίζεται να ελεγχθεί μία απόσταση 2000 m.

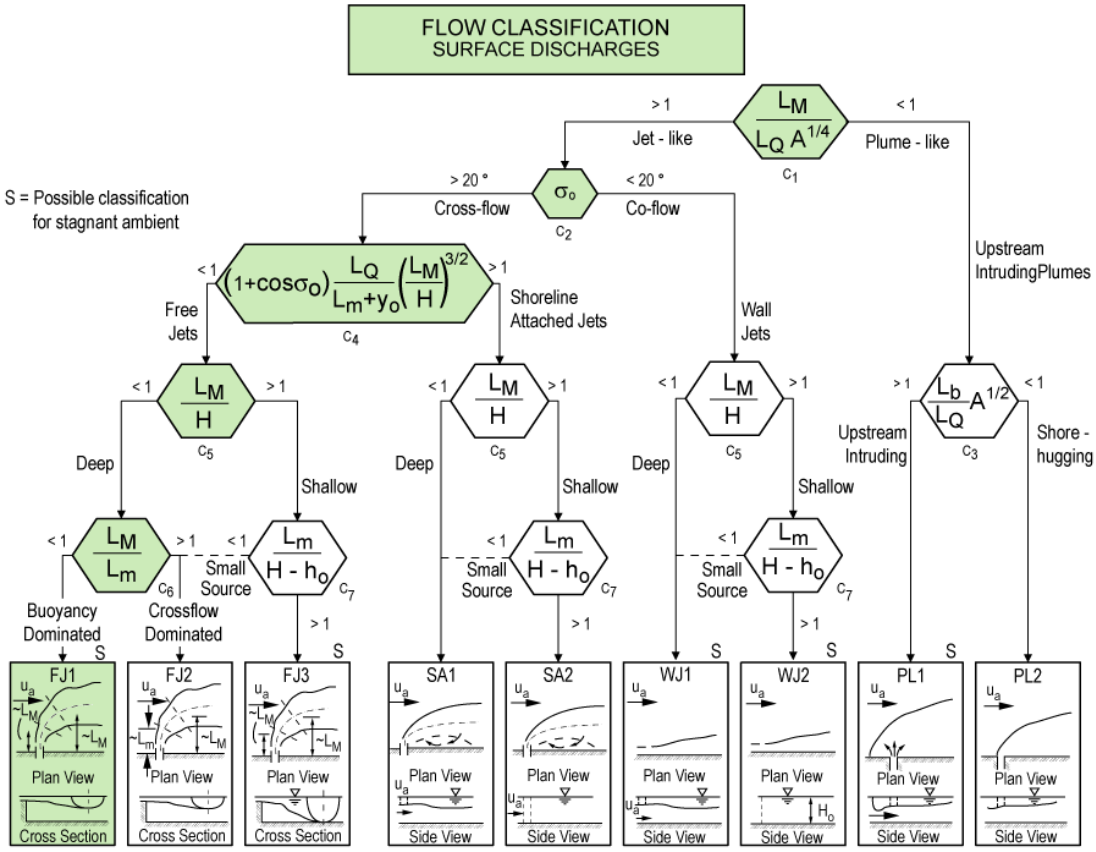
Προσδιορισμός ζώνης ανάμιξης

Σύμφωνα με τη νομοθεσία ορίζεται μία ζώνη ανάμιξης που εκτείνεται στα 250 m περιμετρικά της εκροής. Για το χαλκό ισχύει:

CMC = 25 μg/l

CCC = 15 μg/l

Η κατηγορία της ροής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 24. Κατηγορία ροής

Το πλούμιο που θα δημιουργηθεί, ανήκει στην κατηγορία FJ1, δηλαδή στις ελεύθερες δέσμες ροής και επηρεάζεται η πορεία του από την άνωση. Η ροή αυτή δεν παρουσιάζει αλληλεπίδραση με την ακτή ή το βυθό στο κοντινό πεδίο. Είναι προσανατολισμένη σε μία αρκετά μεγάλη γωνία από την κατάντη ακτογραμμή ούτως ώστε να μη δημιουργηθεί προσκόλληση Coanda. Στην Εικόνα 25 παρουσιάζεται η τρισδιάστατη απεικόνιση του πλουμίου καθώς και η όψη στους άξονες x – y, x – z ενώ στην Εικόνα 26 απεικονίζεται το πλούμιο στους άξονες x – y.

Οι μεταβλητές της ροής όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα είναι:

Παροχή εκροής $Q_0 = 2.2\ m^3/sec$

Ορμή εκροής $M_0 = 3.723\ m^4/sec^2$

Άνωση εκροής $J_0 = 0.4287\ m^4/sec^3$

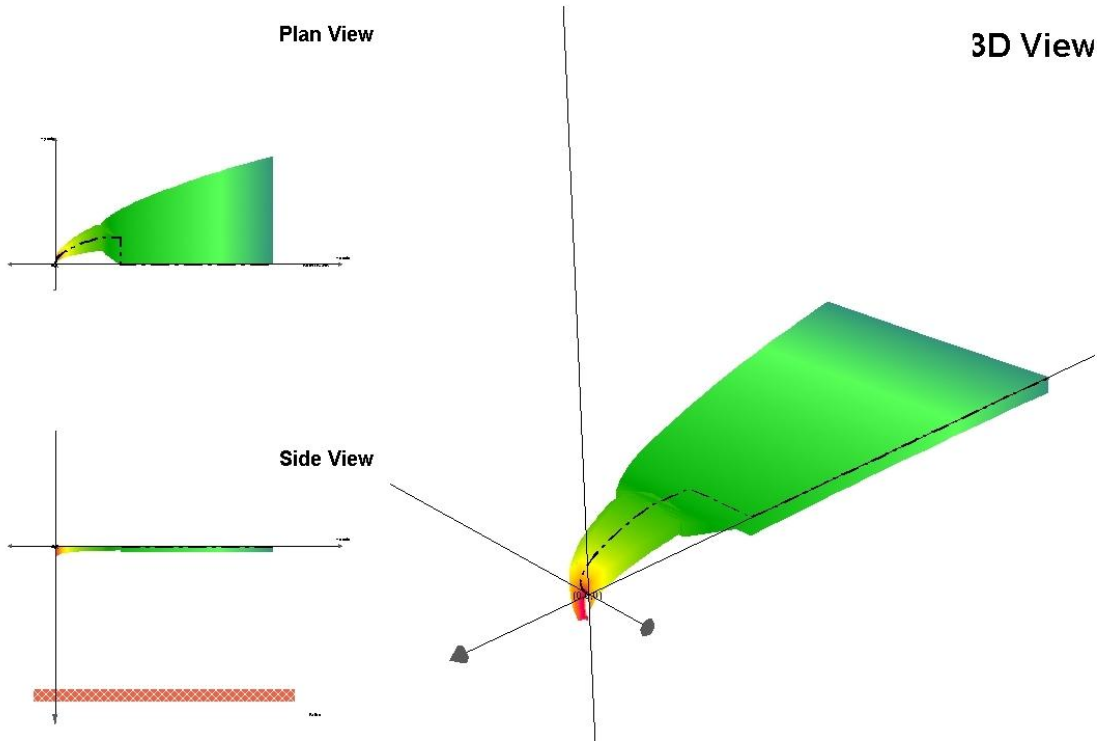
Οι κλίμακες μήκους, όπως δόθηκαν από το πρόγραμμα είναι οι ακόλουθες:

$L_Q = 1.114$ m

$L_m = 8.77$ m

$L_b = 40.26$ m

$L_M = 4.09$ m



Εικόνα 25. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z

<u>Συνθήκες στο κοντινό πεδίο:</u>

Στο κοντινό πεδίο είναι η ζώνη έντονης αρχικής ανάμιξης και δεν έχει καμία ρυθμιστική επίπτωση.

Το τέλος του κοντινού πεδίου βρίσκεται στις συντεταγμένες x = 438.89 m, y = 221.86 m, z = 0 m, με το πλούμιο να έχει τις ακόλουθες διαστάσεις: πάχος 0.33 m και πλάτος 111.33 m. Ο λόγος διάλυσης είναι 9.2 και η συγκέντρωση του χαλκού στο τέλος της

ζώνης του κοντινού πεδίου είναι 8.69 μg/l. Ο απαιτούμενος χρόνος για να φτάσει το πλούμιο στο σημείο αυτό είναι 28.38 λεπτά (1702.8542 sec).

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.

Το πλούμιο προσκολλάται στην ακτή στα 597.17 m κατάντη και συνεχίζει την πορεία του.

Κριτήρια τοξικής ζώνης διάλυσης

Το κριτήριο CMC = 25 μg/l συναντάται στις συντεταγμένες x = 5.15 m, y = 26.24 m, z = 0 m, με το πλούμιο να έχει τα εξής χαρακτηριστικά: πάχος 0.88 m και πλάτος 9.19 m. Ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 3.2. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως την τοποθεσία του CMC είναι 26.74 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1^{O}

  Η περιοχή αυτή είναι σε απόσταση έως 50 φορές της κλίμακας μήκους L_Q = 1.114 m

  Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2^{O}

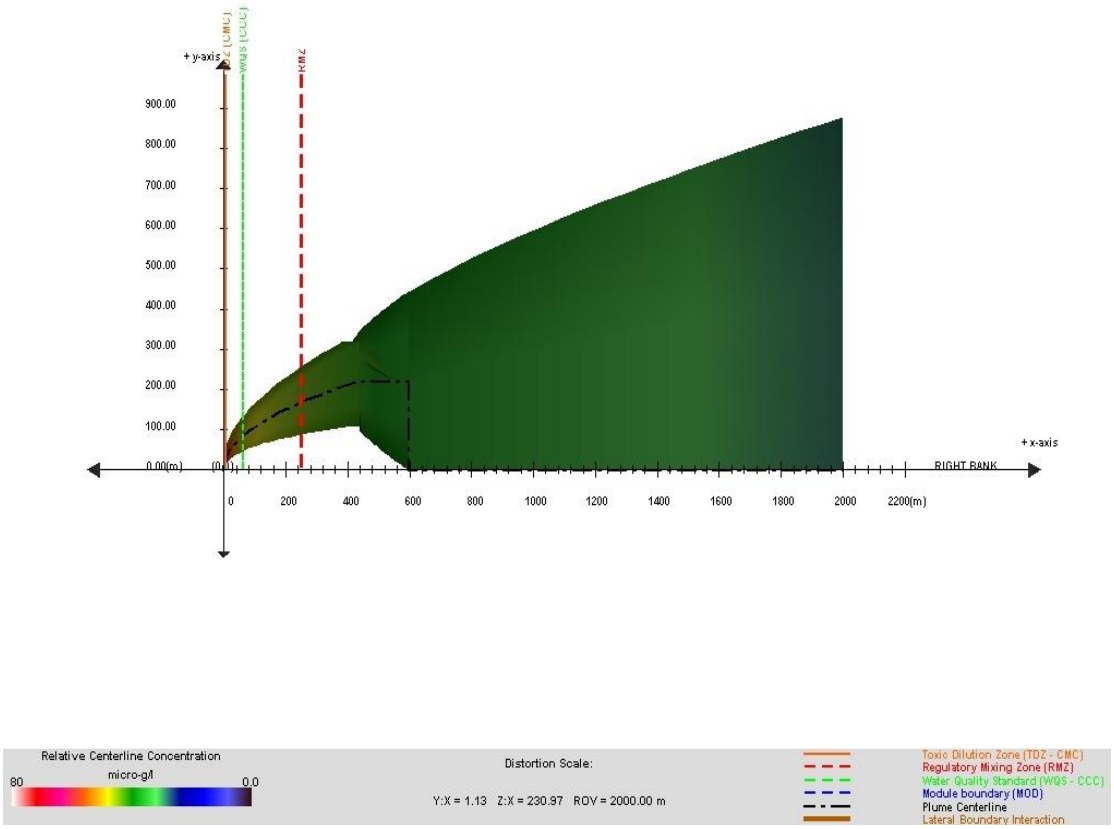
  Η περιοχή είναι σε απόσταση 5 φορές το βάθος του νερού H_D = 5.65 m

  Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3°

  Η περιοχή είναι σε απόσταση το 1/10 της έκτασης της RMZ σε οποιαδήποτε διεύθυνση από την έξοδο

  Το κριτήριο ικανοποιείται

Και τα τρία κριτήρια για την τοξική ζώνη ανάμιξης ικανοποιούνται.



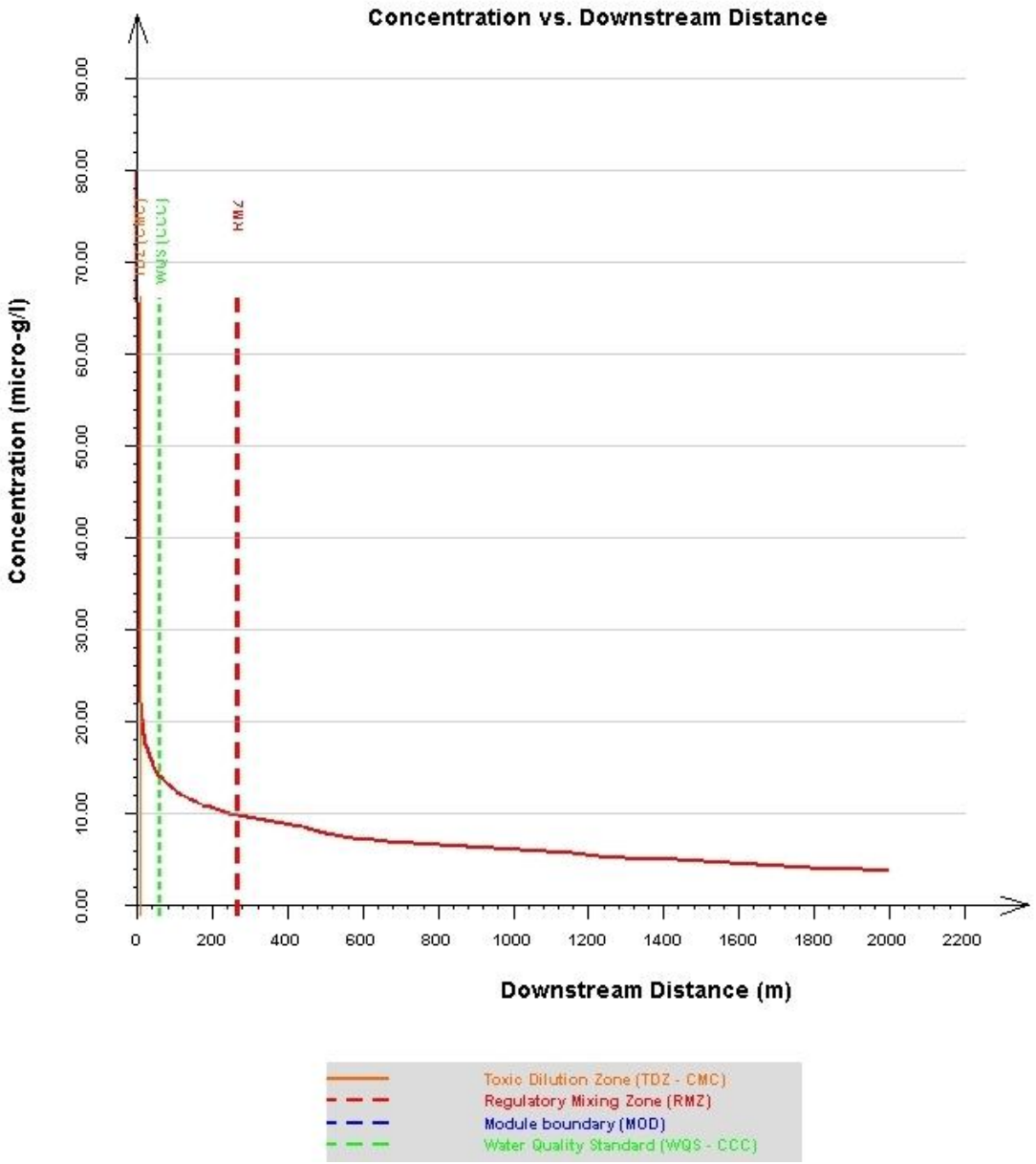
Εικόνα 26. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue

Αναλυτικότερα, η ζώνη εγκαθίδρυσης της ροής παρατηρείται στις συντεταγμένες x = 0.09 m, y = 6.54 m, z = 0 m και ο λόγος διάλυσης είναι 1. Η συγκέντρωση του χαλκού δεν έχει μειωθεί ακόμα. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.54 m και πλάτος 1.85 m. Ο απαιτούμενος χρόνος είναι 3.87 sec.

Οι συνθήκες στο τέλος της ζώνης RMZ διαμορφώνονται ως εξής: η συγκέντρωση του χαλκού έχει μειωθεί στα 10.06 μg/l με λόγο διάλυσης 7.9. Οι διαστάσεις του πλουμίου είναι: πάχος 0.39 m και πλάτος 80.15 m ενώ ο απαιτούμενος χρόνος για να φτάσει στο σημείο αυτό είναι λιγότερο από 28 λεπτά. Η ζώνη του RMZ βρίσκεται μέσα στο κοντινό πεδίο. Στο σημείο αυτό το πλούμιο δεν είναι σε επαφή με την όχθη.

Το κριτήριο CCC έχει επιτευχθεί μέσα στη ζώνη RMZ επομένως η εκροή είναι στα όρια της νομοθεσίας. Οι συντεταγμένες του πλουμίου είναι x = 47.65 m, y = 73.14 m, z = 0 m και τα χαρακτηριστικά του: πάχος 0.61 m και πλάτος 30.52 m. Ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 5.3.

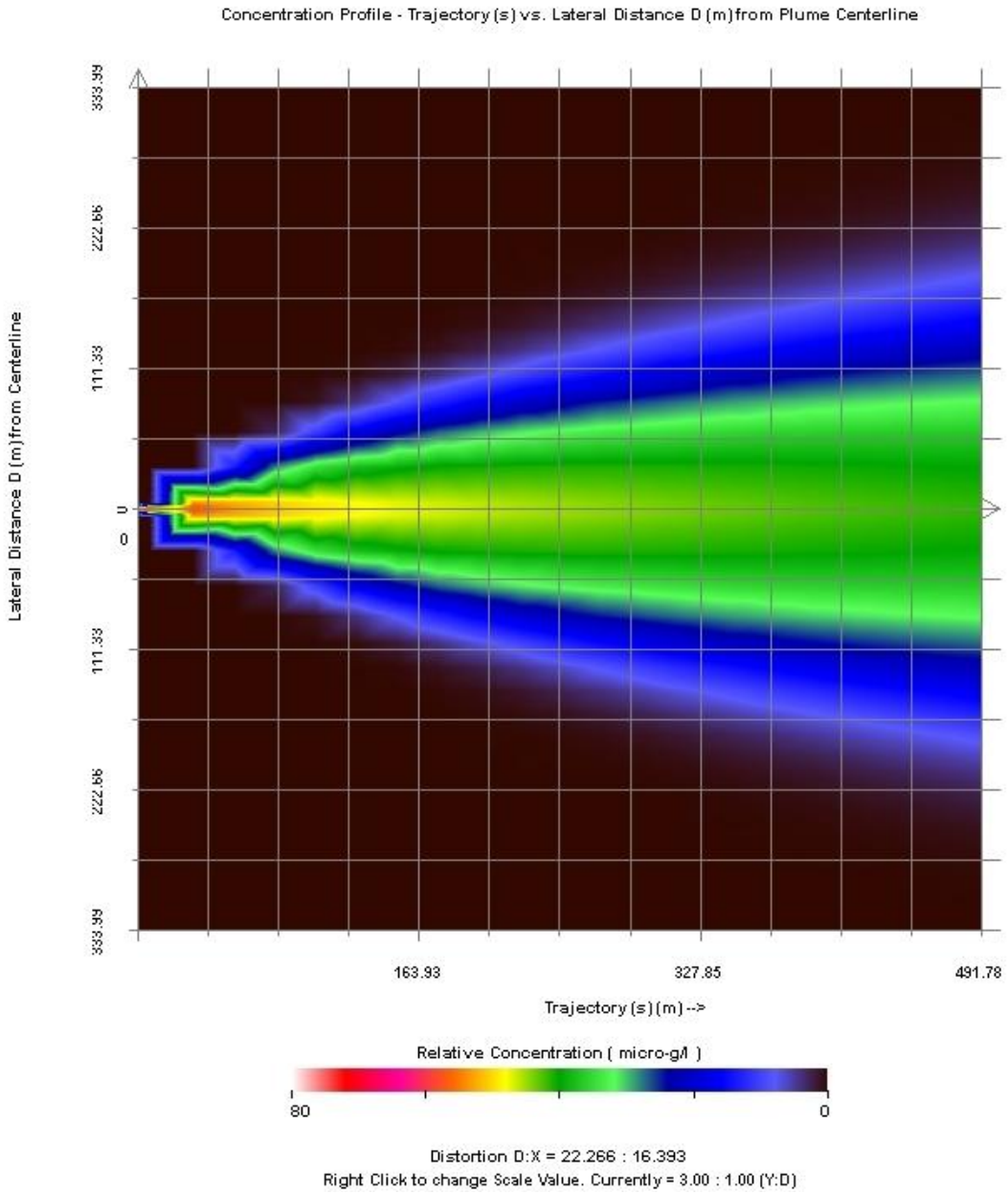
Το πλούμιο προσκολλάται στην ακτή σε απόσταση 597.17 m από την εκροή έπειτα από 40.37 λεπτά (2422.3 sec). Η συγκέντρωση του χαλκού έχει μειωθεί στα 7.27 μg/l και τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.25 m και πλάτος 443.71 m. Συνεχίζει την πορεία του προσκολλημένο στην ακτή έως την απόσταση των 2000 m που έχει οριστεί να γίνει ο έλεγχος.



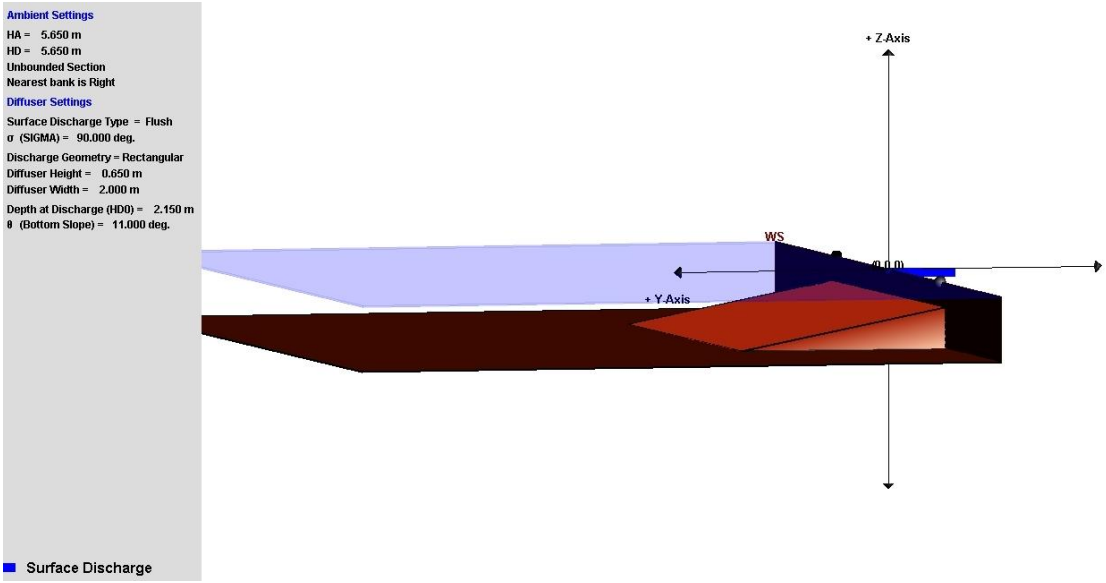
Εικόνα 27. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση

Όπως παρουσιάζεται και στο διάγραμμα (Εικόνα 27), τα κριτήρια CCC και CMC ικανοποιούνται καθώς βρίσκονται πριν από τη ζώνη ανάμιξης RMZ των 250 m. Στην

Εικόνα 28 παρουσιάζεται η απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής και στην Εικόνα 29 η απεικόνιση του περιβάλλοντος της εκροής.



Εικόνα 28. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής



Εικόνα 29. Απεικόνιση του περιβάλλοντος εκροής

5.2.2. 2^{O} ΣΕΝΑΡΙΟ – ΜΗ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Συνθήκες περιβάλλοντος:

Μέσο βάθος	H_A = 5.65 m
Βάθος στην εκροή	H_D = 5.65 m
Ταχύτητα ανέμου	u_w = 2 m/sec
Πυκνότητα	ρ_a = 1018 kg/m^3
Αριθμός Darcy	f = 0.025

Στο σενάριο αυτό υπάρχει η υπόθεση μη σταθερών συνθηκών στο περιβάλλον. Η μέγιστη ταχύτητα είναι 0.75 m/sec για περίοδο 12.4 ωρών. Η ταχύτητα περιβάλλοντος σε κανονικές συνθήκες είναι 0.22 m/sec και το σενάριο θα εξεταστεί μία ώρα μετά την αλλαγή της παλίρροιας.

Εκροή

Παροχή	Q = 2.2 m^3/sec
Θερμοκρασία	T = 22° C
Συγκέντρωση χαλκού	C_0 = 80 μg/l
Πλάτος καναλιού	b_0 = 2 m
Βάθος καναλιού	h_0 = 0.65 m
Γωνία εκροής	σ = 90°
Κλίση πυθμένα	θ = 11°

Η εκροή είναι απότομη επιφανειακή (flush discharge), βρίσκεται στη δεξιά όχθη, ενώ για την υδάτινη μάζα θεωρήθηκε ότι είναι μη περιορισμένη (unbounded). Ο ρυπαντής θεωρήθηκε συντηρητικός (conservative) δηλαδή δεν παρατηρείται σε αυτόν οποιαδήποτε ανάπτυξη ή αποσύνθεση. Ορίζεται να ελεγχθεί μία απόσταση 2000 m.

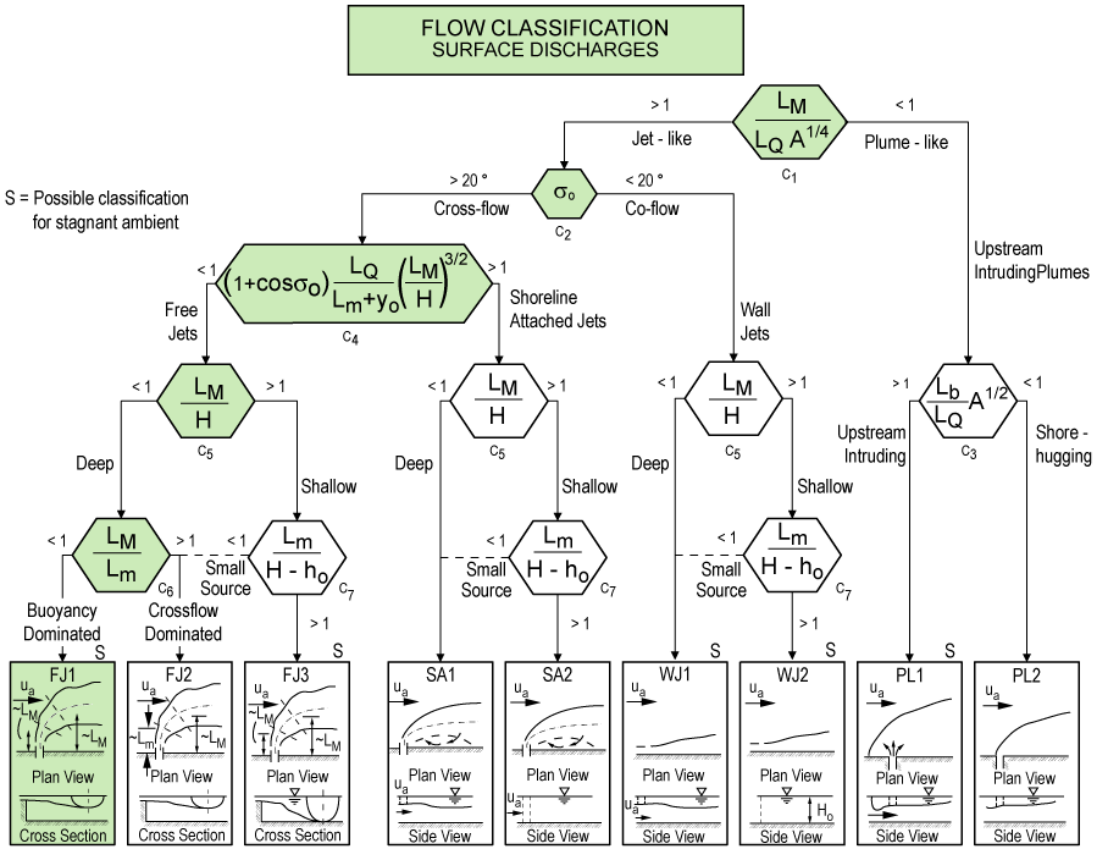
Προσδιορισμός ζώνης ανάμιξης

Σύμφωνα με τη νομοθεσία ορίζεται μία ζώνη ανάμιξης που εκτείνεται στα 250 m περιμετρικά της εκροής. Για το χαλκό ισχύει:

CMC = 25 μg/l

CCC = 15 μg/l

Η κατηγορία της ροής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 30. Κατηγορία ροής

Το πλούμιο ανήκει στην κατηγορία FJ1, στις ελεύθερες δέσμες ροής και κυριαρχείται από δυνάμεις άνωσης.

Οι μεταβλητές της ροής όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα είναι:

Παροχή εκροής $Q_0 = 2.2\ m^3/sec$

Ορμή εκροής $M_0 = 3.723\ m^4/sec^2$

Άνωση εκροής $J_0 = 0.4287\ m^4/sec^3$

Οι κλίμακες μήκους, όπως δόθηκαν από το πρόγραμμα είναι οι ακόλουθες:

$L_Q = 1.1402$ m

$L_m = 8.77$ m

$L_b = 40.26$ m

$L_M = 4.09$ m

Οι μη σταθερές παλιρροιακές κλίμακες είναι:

T_u = 0.2229 hours

L_u = 39.35 m

L_{min} = 2.57 m

Συνθήκες στο κοντινό πεδίο:

Στο κοντινό πεδίο είναι η ζώνη έντονης αρχικής ανάμιξης και δεν έχει καμία ρυθμιστική επίπτωση.

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.

Το πλούμιο δεν έρχεται σε επαφή με καμία όχθη.

Μη σταθερή παλιρροιακή εκτίμηση

Εξαιτίας της αστάθειας του ρεύματος περιβάλλοντος κατά την παλιρροιακή διακύμανση, οι προβλέψεις του CORMIX τερματίζονται στις συντεταγμένες.:
x = 290.22 m, y = 180.52 m, z = 0 m.
Αναμιγμένο νερό από τον προηγούμενο μισό κύκλο της παλίρροιας εισέρχεται πάλι στο κοντινό πεδίο της εκροής, αυξάνοντας τις συγκεντρώσεις της ρύπανσης σε σύγκριση με τις προβλέψεις για σταθερές συνθήκες.

Κριτήρια τοξικής ζώνης διάλυσης

Το κριτήριο CMC των 25 μg/l συναντάται στις συντεταγμένες: x = 9.55 m, y = 34.26 m, z = 0 m και ο λόγος διάλυσης στο σημείο αυτό είναι 3.2 (Εικόνα 31). Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 0.82 m και πλάτος 12.59 m. Η υπολογισμένη απόσταση από την έξοδο έως και την τοποθεσία του CMC είναι 35.56 m.

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1^O

  Η τοποθεσία είναι έως και 50 φορές την κλίμακα μήκους L_Q = 1.14 m

  Το κριτήριο ικανοποιείται
- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2^O

Η τοποθεσία είναι λιγότερο από 5 φορές το βάθος του νερού H_D = 5.65 m

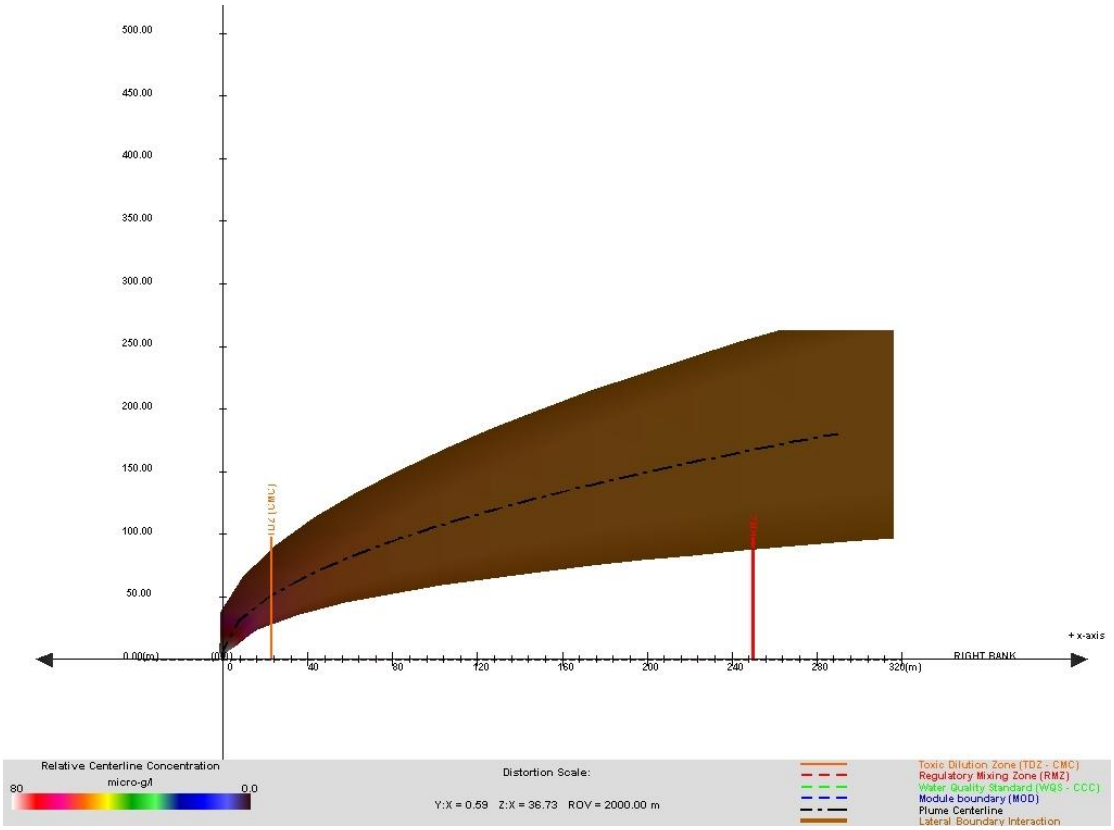
Το κριτήριο δεν ικανοποιείται

- ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3°

  Η τοποθεσία είναι λιγότερο από το 1/10 σε απόσταση της έκτασης της ζώνης RMZ σε οποιαδήποτε διεύθυνση από την εκροή

  Το κριτήριο δεν ικανοποιείται

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



Εικόνα 31. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue

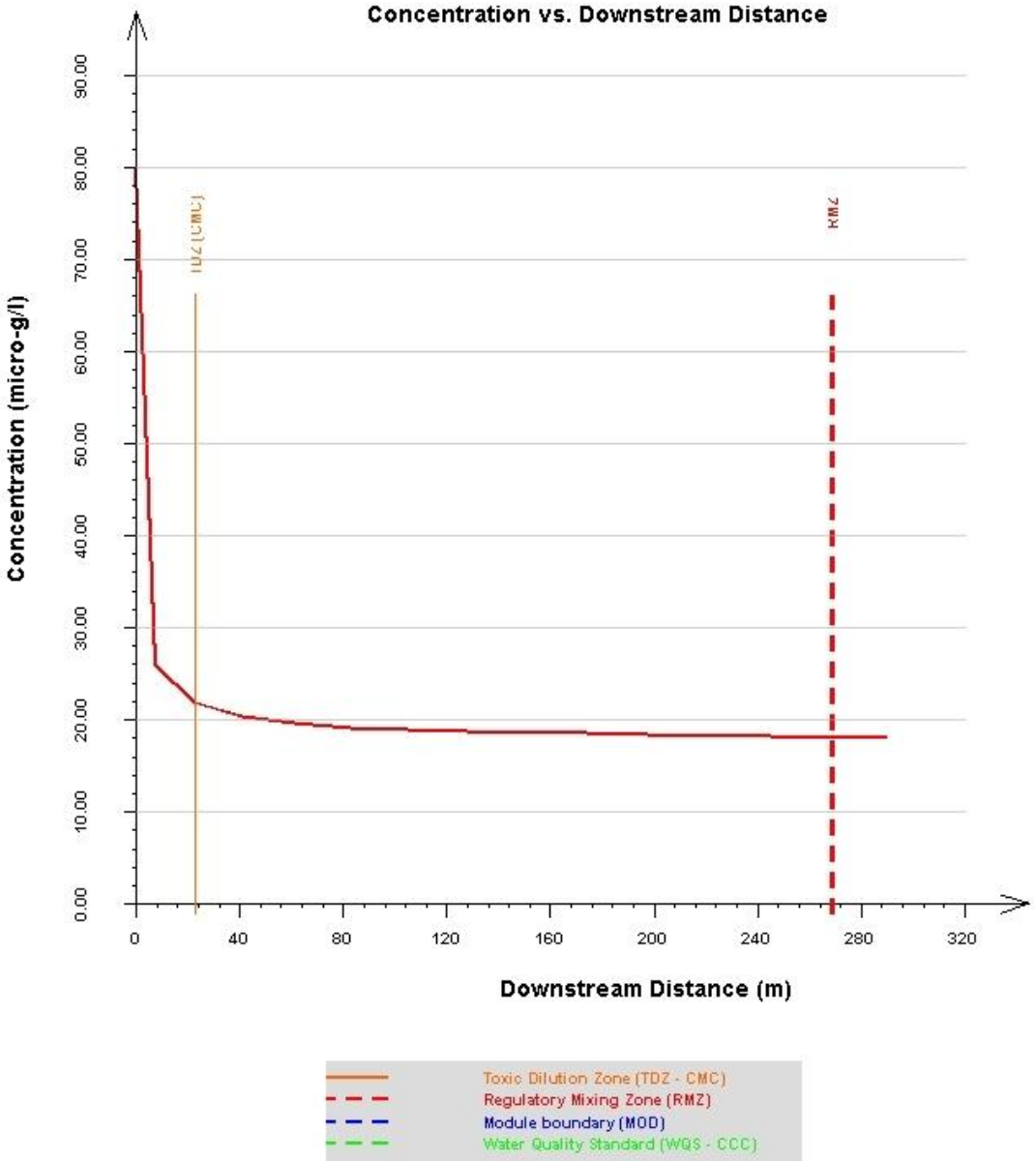
Η ζώνη εγκαθίδρυσης της ροής παρατηρείται στις συντεταγμένες x = 0.09 m, y = 6.54 m, z = 0 m. Ο λόγος διάλυσης στο σημείο είναι 1 και τα χαρακτηριστικά του πλουμίου: πάχος 0.54 m και πλάτος 1.85 m. Ο χρόνος για να φτάσει στο σημείο αυτό είναι 3.87 sec.

Το τέλος της ζώνης RMZ παρατηρείται στις συντεταγμένες x = 249.71 m, y = 167.45 m, z = 0 m με το πλούμιο να έχει τα εξής χαρακτηριστικά: πάχος 0.39 m και πλάτος

80.15 m. Η συγκέντρωση του χαλκού στο τέλος της ζώνης είναι 18.28 μg/l και ο λόγος διάλυσης είναι 4.4.

Στο σημείο αυτό το πλούμιο δεν είναι σε επαφή με καμία όχθη.

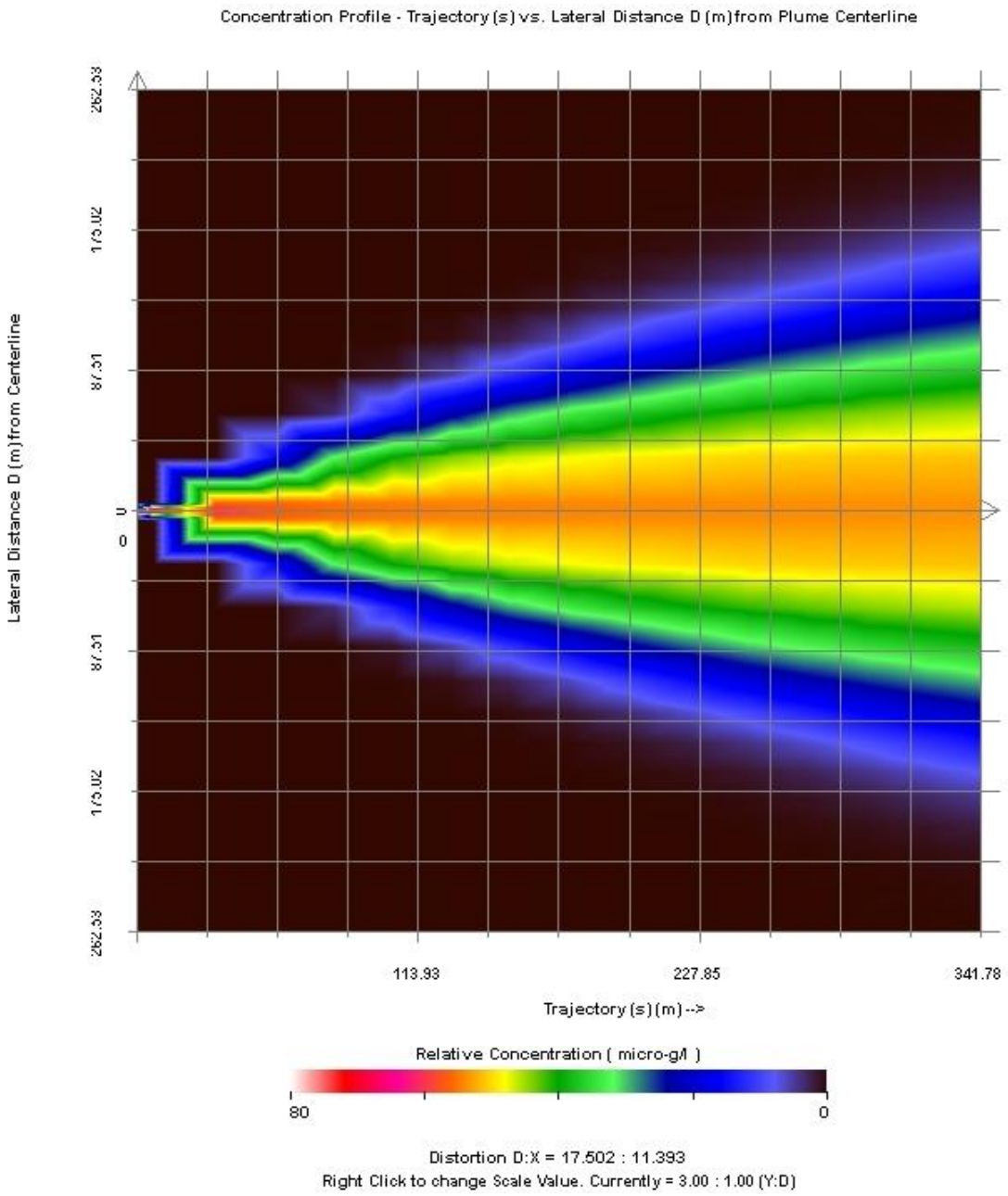
Το κριτήριο CCC για τον ρυπαντή δεν συναντήθηκε μέσα στην περιοχή εξέτασης.



Εικόνα 32. Απεικόνιση της συγκέντρωσης ως προς την απόσταση

Η συγκέντρωση του χαλκού μειώνεται απότομα στα πρώτα μέτρα της εκροής και συνεχίζει την πορεία της έχοντας σχεδόν σταθεροποιηθεί. Οι προβλέψεις σταματάνε

λόγω της διακύμανσης της παλίρροιας (Εικόνα 32). Στην Εικόνα 33 παρουσιάζεται η απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής.



Εικόνα 33. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής

Επειδή το κριτήριο CCC δε συναντάται μέσα στη ζώνη RMZ προτείνεται η αλλαγή σχεδιαστικών δεδομένων του αγωγού εκροής. Διατηρώντας τα ίδια δεδομένα και μειώνοντας το πλάτος του αγωγού σε 1.5 m από 2 m που ήταν προηγουμένως, επιτυγχάνεται καλύτερη διαλυτότητα και το κριτήριο CCC συναντάται μέσα στη ζώνη RMZ.

5.3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ 3 – ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η εφαρμογή αφορά την υποθετική περίπτωση ενός εργοστασίου παραγωγής ενέργειας που απορρίπτει το νερό που χρησιμοποιείται για ψύξη, σε εκβολές. Είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί η ελαχιστοποίηση τυχόν δυσμενών επιπτώσεων από την εκροή του ζεστού νερού στο υδάτινο περιβάλλον. Ακολουθούν τα δεδομένα του προβλήματος.

Συνθήκες περιβάλλοντος:

Μέσο βάθος	$H_A = 7.7$ m
Βάθος στην εκροή	$H_D = 7.7$ m
Ταχύτητα ανέμου	$u_w = 2$ m/sec
Ταχύτητα περιβάλλοντος	$u_a = 0.3$ m/sec
Θερμοκρασία αποδέκτη	$T_a = 15^o$ C
Συντελεστής Manning	n = 0.02

Εκροή

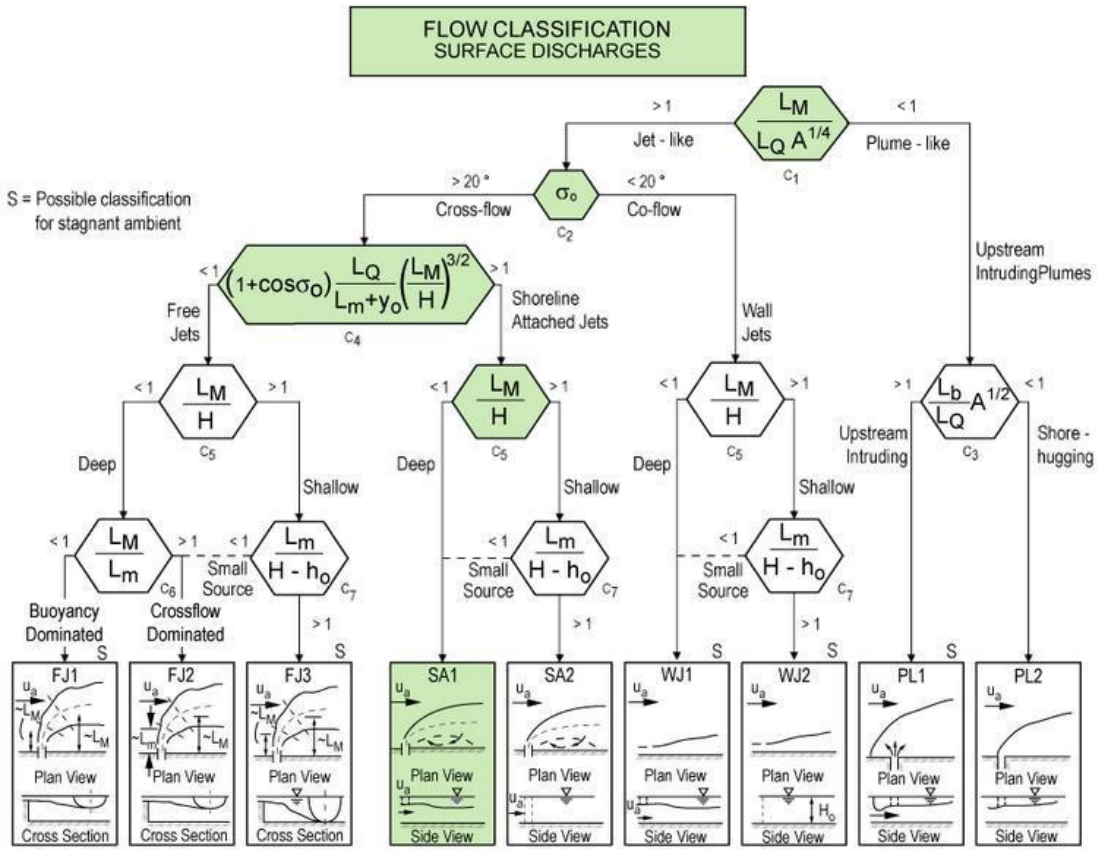
Παροχή	$Q = 25\ m^3/sec$
Θερμοκρασία	$T_0 = 26^o$ C
Θερμοκρασιακή διαφορά	$T = 11^o$ C
Πλάτος καναλιού	$b_0 = 10$ m
Βάθος καναλιού	$h_0 = 2.2$ m
Γωνία εκροής	$\sigma = 90^o$
Κλίση πυθμένα	$\theta = 30^o$
Τοπικό βάθος στην εκροή	$H_{D0} = 3.7$ m

Η εκροή είναι απότομη επιφανειακή (flush discharge), βρίσκεται στη δεξιά όχθη, ενώ για την υδάτινη μάζα θεωρήθηκε ότι είναι μη περιορισμένη (unbounded). Ο ρυπαντής θεωρήθηκε συντηρητικός (conservative) δηλαδή δεν παρατηρείται σε αυτόν οποιαδήποτε ανάπτυξη ή αποσύνθεση. Ορίζεται να ελεγχθεί μία απόσταση 3000 m.

Προσδιορισμός ζώνης ανάμιξης

Σύμφωνα με τη νομοθεσία, η θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν μπορεί να ξεπεράσει τους 3° C σε μία ακτίνα 300 m από το σημείο εκροής.

Η κατηγορία της ροής φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 34. Κατηγορία ροής

Το πλούμιο που δημιουργείται ανήκει στην κατηγορία SA1. Η ροή προσκολλάται δυναμικά στην όχθη, κατά μήκος της οποίας δημιουργείται μία ζώνη ανακυκλοφορίας που μειώνει τη διάλυση. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει αλληλεπίδραση με τον πυθμένα. Η τρισδιάστατη απεικόνιση του πλουμίου και η όψη του στους άξονες x – y, x – z παρουσιάζεται στην Εικόνα 35 ενώ στην Εικόνα 36 παρουσιάζεται η απεικόνιση του πλουμίου στους άξονες x – y.

Οι μεταβλητές της ροής όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα είναι:

Παροχή εκροής $Q_0 = 25\ m^3/sec$

Ορμή εκροής $M_0 = 28.41\ m^4/sec^2$

Άνωση εκροής $J_0 = 0.5685\ m^4/sec^3$

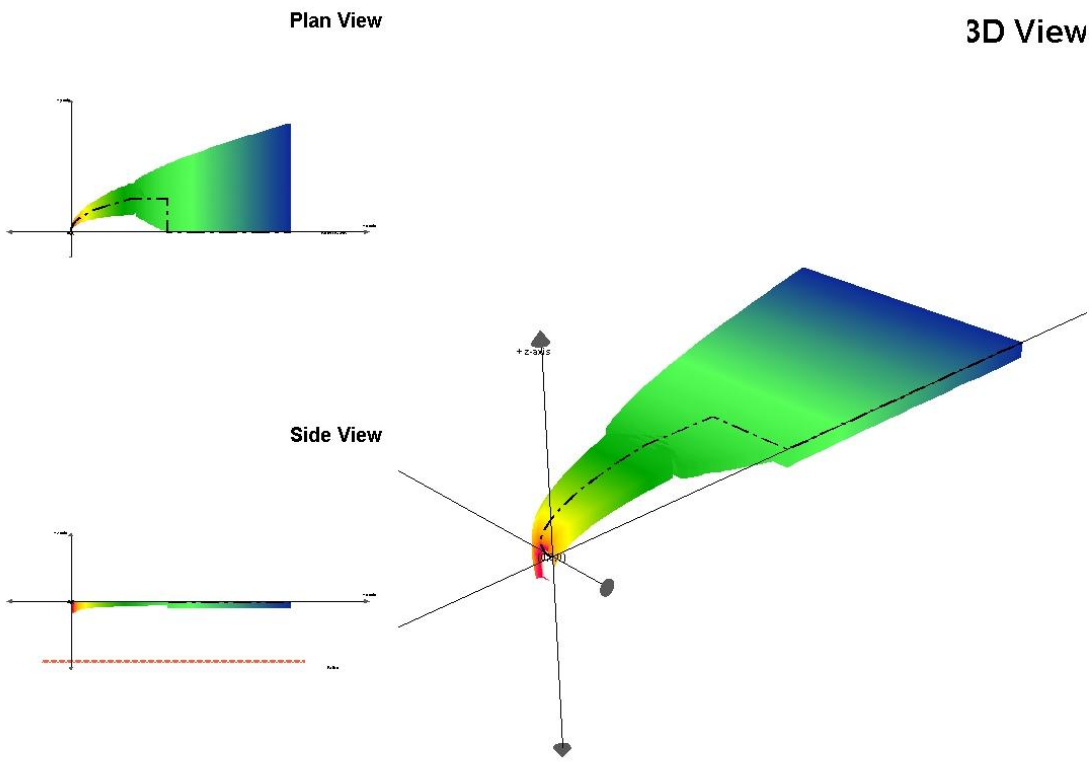
Οι κλίμακες μήκους που υπολογίστηκαν από το CORMIX είναι οι εξής:

$L_Q = 4.69$ m

$L_m = 17.77$ m

L_b = 21.06 m

L_M = 16.32 m



Εικόνα 35. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z

<u>Συνθήκες στο κοντινό πεδίο</u>

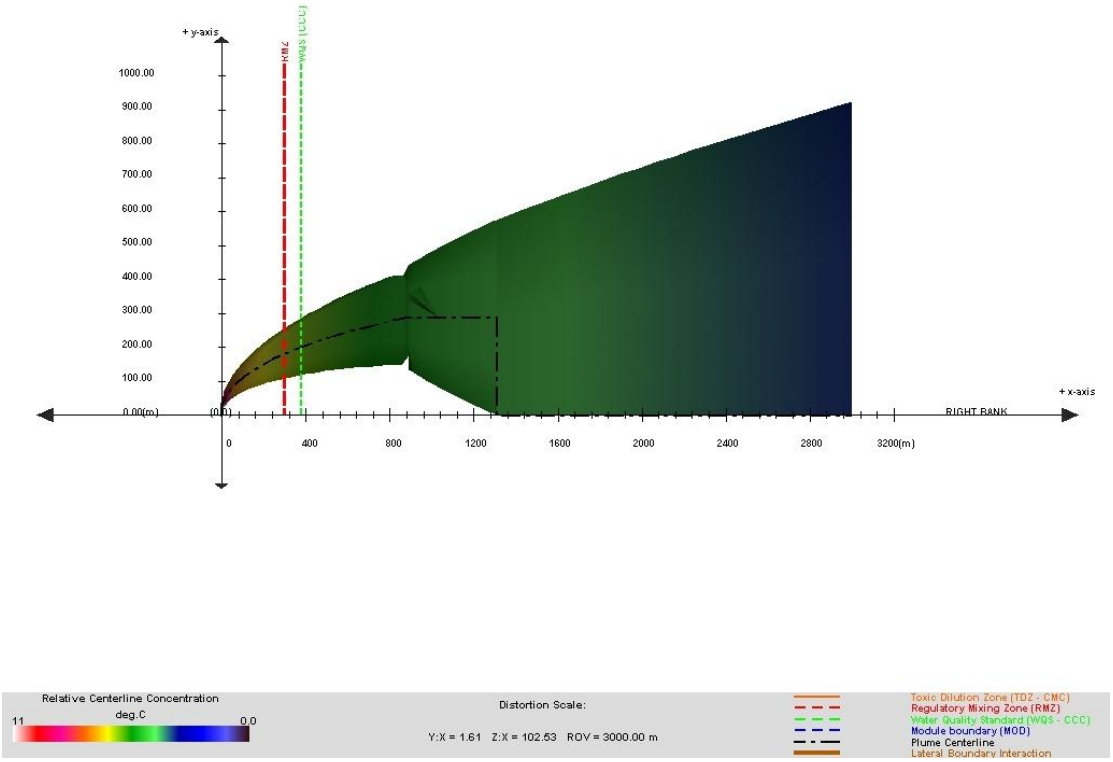
Στο κοντινό πεδίο είναι η αρχική ζώνη ισχυρής ανάμιξης και δεν έχει ρυθμιστικές επιπτώσεις. Το τέλος του κοντινού πεδίου βρίσκεται στις συντεταγμένες x = 888.81 m, y = 288.22 m, z = 0 m με λόγο διάλυσης 4.9. η θερμοκρασία του ύδατος στο σημείο αυτό είναι 2.26^o C. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι: πάχος 1.18 m και πλάτος 137.6 m. Ο απαιτούμενος χρόνος για να φτάσει στο σημείο αυτό είναι 40.2 min (2415.7554 sec).

<u>Εκτίμηση άνωσης:</u>

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

Προσκόλληση πλουμίου:

Το πλούμιο προσκολλάται στην κοντινότερη όχθη στα 1311.01 m κατάντη και συνεχίζει την πορεία του ενώ είναι προσκολλημένο.



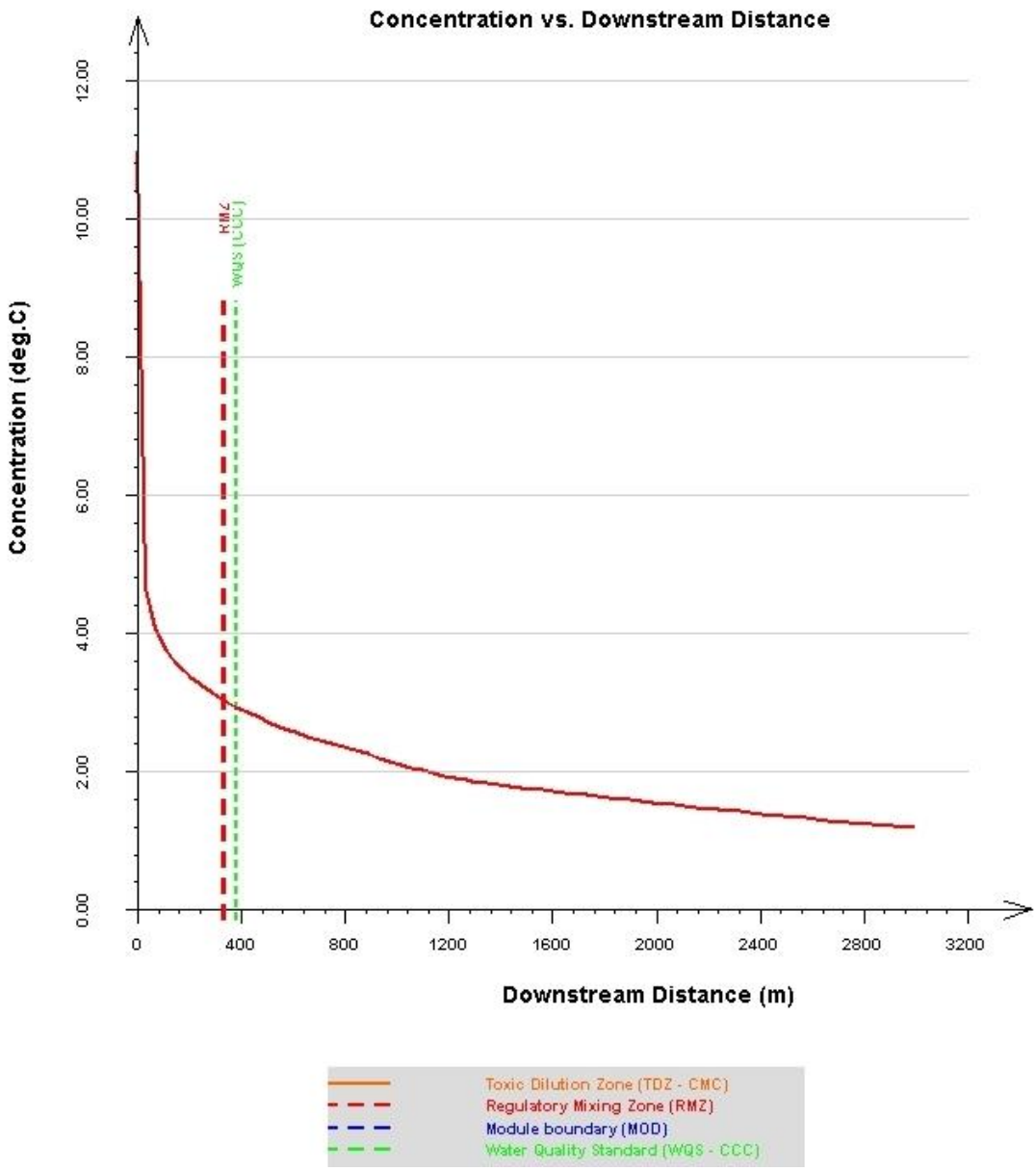
Εικόνα 36. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue

Η αρχική ζώνη εγκαθίδρυσης της ροής συμβαίνει στις συντεταγμένες x = 0.74 m, y = 26.98 m, z = 0 m όπου ο λόγος διάλυσης είναι 1. Το πάχος του πλουμίου είναι 2.06 m και το πλάτος 8.18 m. Ο απαιτούμενος χρόνος είναι 23.7499 sec.

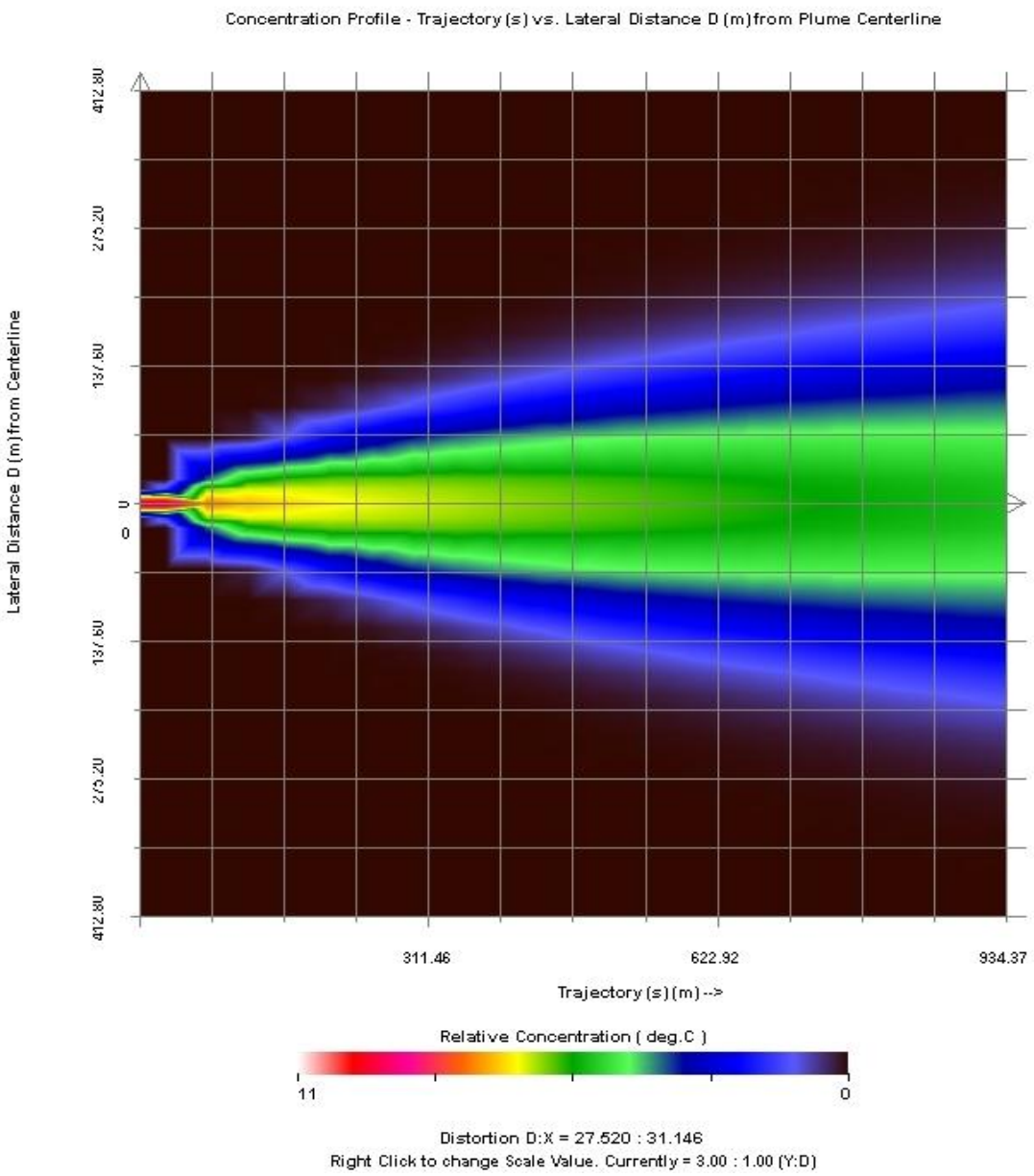
Τα χαρακτηριστικά στο τέλος της ζώνης RMZ είναι τα ακόλουθα: η θερμοκρασιακή διαφορά είναι 3.12^{o} C και ο λόγος διάλυσης 3.5. Οι συντεταγμένες του πλουμίου είναι x = 298.46 m, y = 180.46 m, z = 0 m. Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι τα εξής: πάχος 1.58 m και πλάτος 71.69 m. Ο απαιτούμενος χρόνος είναι μικρότερος από 40.2 min καθώς η ζώνη RMZ βρίσκεται μέσα στο κοντινό πεδίο ανάμιξης. Στο σημείο αυτό το πλούμιο δεν είναι σε επαφή με την όχθη. Τα όρια ποιότητας δεν έχουν επιτευχθεί.

Τα όρια της θερμοκρασιακής διαφοράς των 3° C επιτυγχάνονται στις συντεταγμένες: x = 351.79 m, y = 194.42 m, z = 0 m. Στο σημείο αυτό ο λόγος διάλυσης είναι 3.7, το πάχος του πλουμίου 1.50 m και το πάχος του 78.87 m.

Στην Εικόνα 37 απεικονίζεται η μείωση της θερμοκρασίας ως προς την απόσταση και στην Εικόνα 38 η αραίωση πάνω στην κύρια γραμμή ροής.



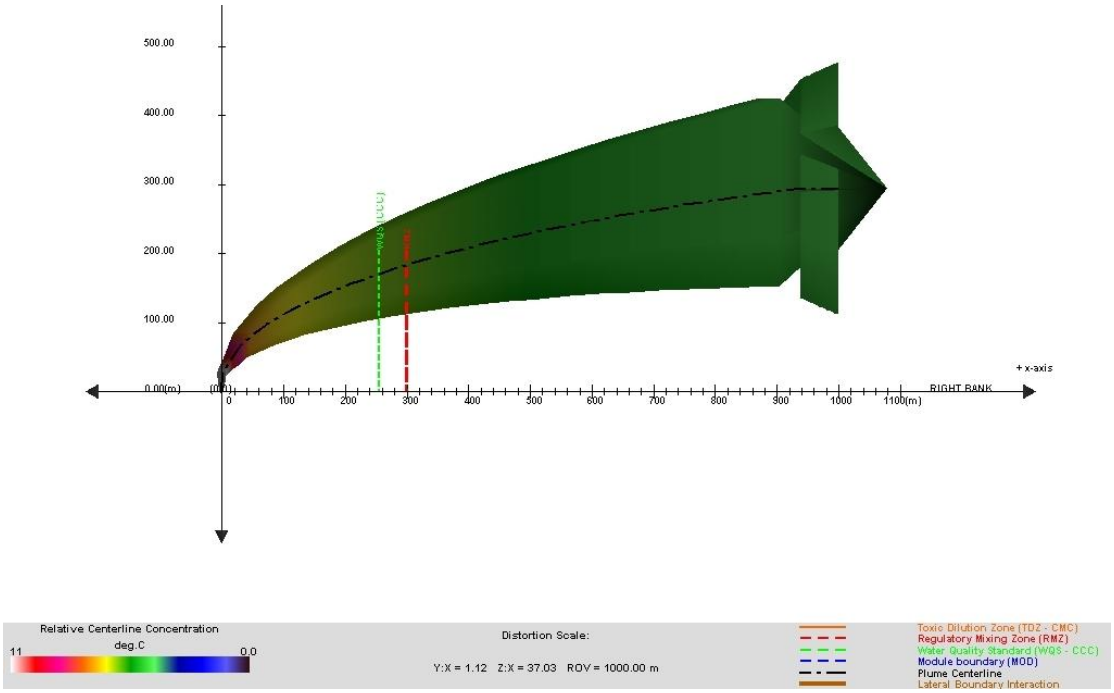
Εικόνα 37. Απεικόνιση της θερμοκρασίας ως προς την απόσταση



Εικόνα 38. Απεικόνιση της αραίωσης πάνω στην κύρια γραμμή ροής

Στην εφαρμογή αυτή δεν τηρούνται τα όρια που προβλέπονται από τη νομοθεσία για τη θερμοκρασία μέσα στη ζώνη RMZ των 300 m. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι το εργοστάσιο ενέργειας επιβαρύνει το περιβάλλον και μπορεί να δημιουργήσει μακροχρόνια προβλήματα στην υδρόβια ζωή πλησίον της εκροής. Για να συνεχίσει να λειτουργεί το εργοστάσιο πρέπει να αλλάξουν τα σχεδιαστικά δεδομένα της εκροής, ούτως ώστε να αλλάξει και η συμπεριφορά του πλουμίου. Τα μόνα δεδομένα που μπορούν να διαφοροποιηθούν είναι οι διαστάσεις του αγωγού απόρριψης. Μειώνοντας το πλάτος του αγωγού λιγότερο από 10 m και διατηρώντας το ίδιο βάθος, τα 2.2 m, το όριο των 3° C εμφανίζεται μέσα στα όρια της ζώνης RMZ.

Πιο συγκεκριμένα, για τα ίδια δεδομένα εισαγωγής και αλλάζοντας μόνο το πλάτος του αγωγού σε 9 m το πλούμιο που δημιουργείται είναι αυτό που φαίνεται στην εικόνα



Εικόνα 39. Απεικόνιση πλουμίου στους άξονες x-y μέσω του CorVue

Το πλούμιο που δημιουργείται ανήκει στην κατηγορία SA1 (Εικόνα 39), δηλαδή στα πλούμια που προσκολλώνται στην ακτή και έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την προηγούμενη περίπτωση.

Οι μεταβλητές της ροής όπως υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα είναι:

Παροχή εκροής $Q_0 = 25\ m^3/sec$

Ορμή εκροής $M_0 = 31.57\ m^4/sec^2$

Άνωση εκροής $J_0 = 0.5685\ m^4/sec^3$

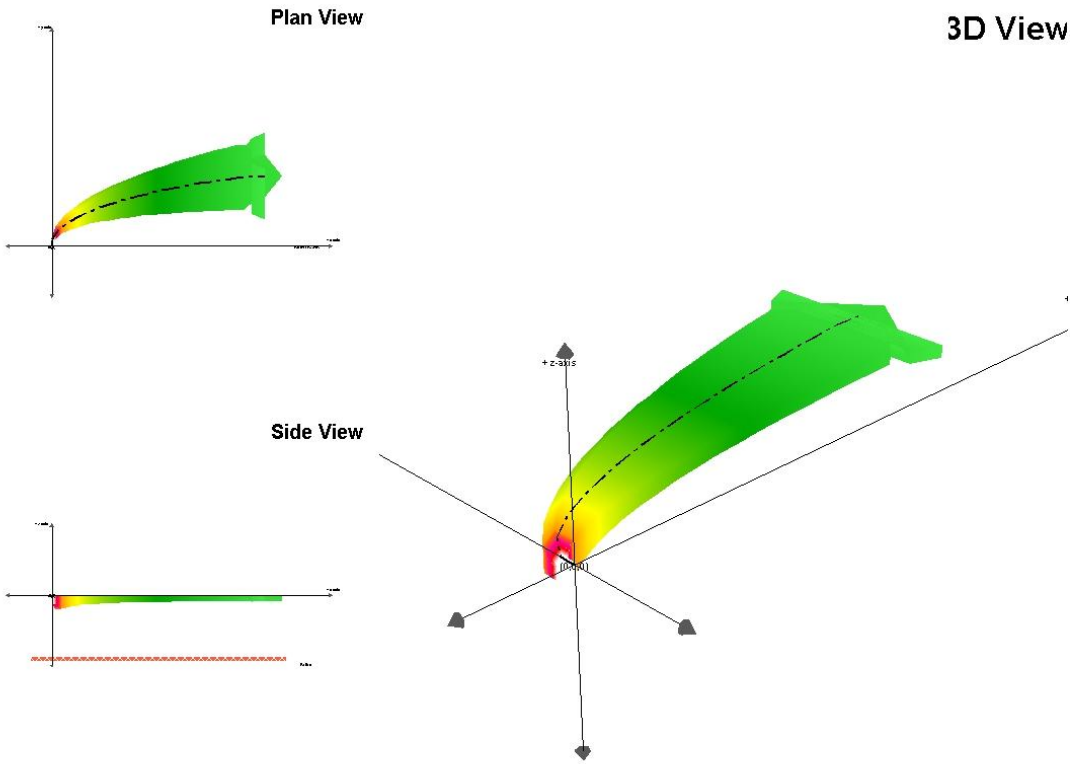
Οι κλίμακες μήκους που υπολογίστηκαν από το CORMIX είναι οι εξής:

$L_Q = 4.45$ m

$L_m = 18.73$ m

$L_b = 21.06$ m

$L_M = 17.66$ m

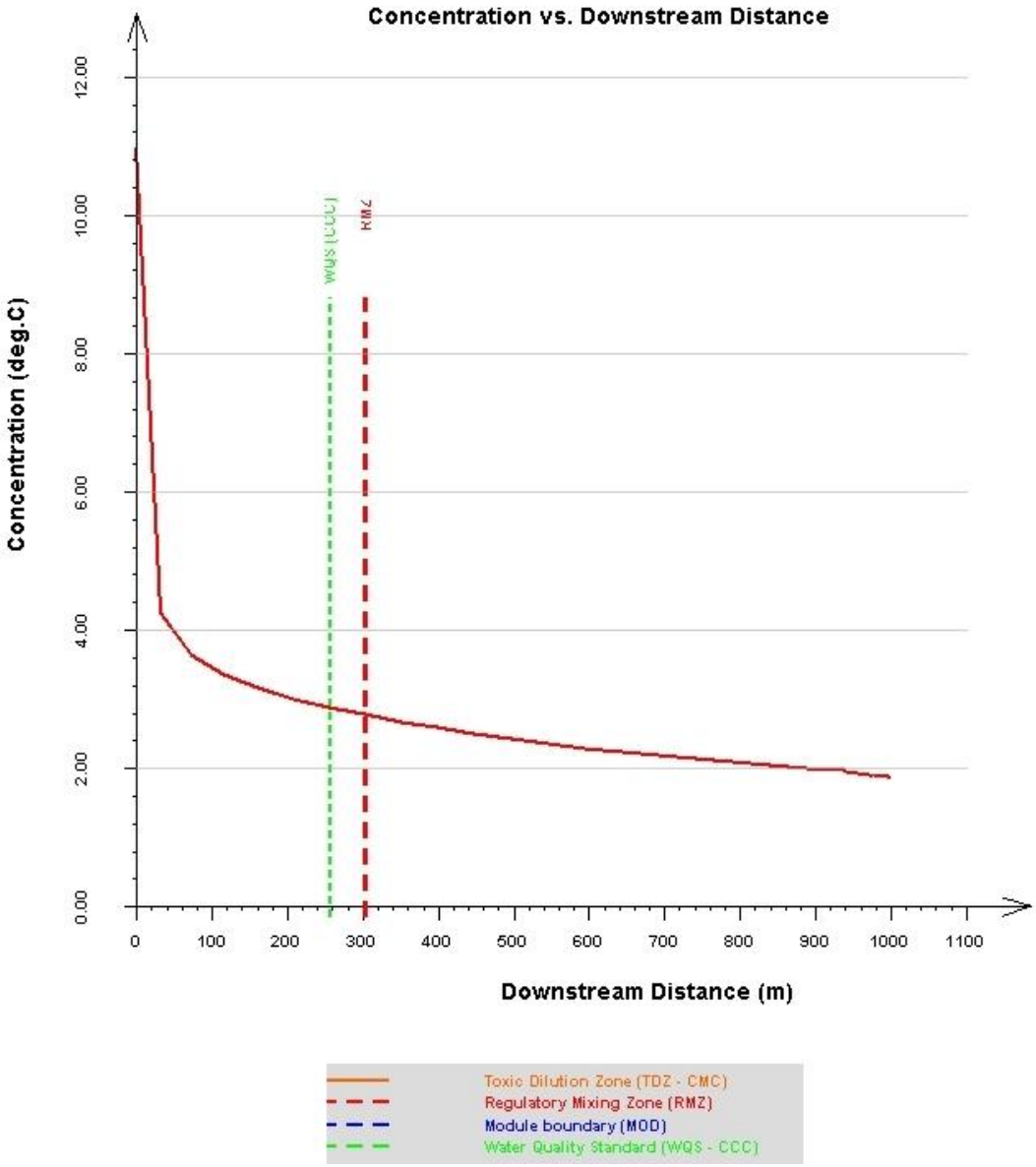


Εικόνα 40. Τρισδιάστατη απεικόνιση πλουμίου και όψη στους άξονες x-y,x-z

Τα χαρακτηριστικά του πλουμίου στο τέλος της ζώνης RMZ, δηλαδή στα 300 m είναι τα ακόλουθα: η θερμοκρασιακή διαφορά είναι 2.78^{o} C και ο λόγος διάλυσης 4. Το πλάτος του πλουμίου είναι 70.95 m και το πάχος 1.77 m. Στο σημείο αυτό το πλούμιο δεν είναι σε επαφή με καμία όχθη.

Το όριο των 3° C για την ποιότητα του νερού παρατηρείται στις συντεταγμένες: x = 213.59 m, y = 157.51 m, z = 0 m. Στο σημείο αυτό ο λόγος διάλυσης είναι 3.7 ενώ τα χαρακτηριστικά του πλουμίου είναι τα εξής: πλάτος 58.32 m και πάχος 1.98 m.

Στην Εικόνα 40 παρουσιάζεται η τρισδιάστατη απεικόνιση του πλουμίου και η όψη του στους άξονες x – y και x – z ενώ στην Εικόνα 41 παρουσιάζεται η μείωση της θερμοκρασίας ως προς την απόσταση.



Εικόνα 41. Απεικόνιση της θερμοκρασίας ως προς την απόσταση

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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 CORMIX3, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική, μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις επιφανειακών απορρίψεων υδάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί για διεργασίες ψύξης. Οι πηγές απόρριψης από εργοστάσια ενέργειας μπορούν να έχουν μεγάλες παροχές και συνήθως η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι λίγο μεγαλύτερη από του περιβάλλοντος.

Η απόδοση των εναλλακτών θερμότητας πλήττεται σε μεγάλο βαθμό εάν το νερό εισροής είναι μολυσμένο από την αντίστοιχη εκροή, στο κοντινό ή στο μακρινό πεδίο. Είναι, λοιπόν, απαραίτητη η πρόβλεψη της συμπεριφοράς του πλουμίου όχι μόνο για το σχεδιασμό της εκροής, προκειμένου να βρίσκεται εντός των ορίων της νομοθεσίας, αλλά και για το σχεδιασμό της εισροής.

Ωστόσο, το CORMIX παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα. Υποθέτει ότι η απόρριψη στο περιβάλλον είναι συνεχής. 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.

Μελλοντικά, λοιπόν, είναι απαραίτητη η δημιουργία δισδιάστατων και τρισδιάστατων υδροδυναμικών μοντέλων διάχυσης ρυπαντών που θα μπορούν να προσομοιώσουν εφαρμογές με μεταβλητά μετεωρολογικά και υδροδυναμικά δεδομένα.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Akar, P. J. and Jirca, G. H. 1991. *CORMIX2: An Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Multiport Diffuser Dischargers,* EPA/600/3-91/073, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
2. Albertson, M. L., Dai, Y. B., Jensen, R. A. and Rouse, H. 1948. *Diffusion of Submerged Jets,* Trans. ASCE. Vol. 115, pp. 639-697.
3. Baumgartner, D. J., Frick, W. E. and Roberts, P. J. W. 1993. *Dilution Models for Effluent Discharges (Second Edition),* EPA/600-R-93/139, U.S. Environmental Protection Agency, ERL-Narragansett, Newport, Oregon.
4. Botts, L. et al., 1987. The Great Lakes : An Environmental Atlas and Resource Book, EPA-905/9-87-002, U.S. Environmental Protection Agency, Chicago, Illinois.
5. Harleman, D.R.F., Jirka, G. and Stolzenbach, K.D., June 1971. *A Study of Submerged Multiport Diffusers for Condenser Water Discharge with Application to the Shoreham Nuclear Power Station*, Technical Report No. 139, M.I.T. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics
6. 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.
7. Jirca, G. H., March 2005. *Integral Model for Turbulent Buoyant Jets in Unbounded Stratified Flows Part 2: Plane Jet Dynamics Resulting from Multiport Diffuser Jets*, Institute for Hydromechanics, University of Karlsruhe, Germany
8. Jirca, G. H. *Submerged Multiport Diffusers,* Lecture Notes, Short Course 'Hydraulics of Sea Outfalls', Institute of Hydromechanics, University of Karlsruhe, Germany
9. Jirca, G. H. and Harleman, D. R. F. 1973. *The Mechanics of Submerged Multiport Diffusers for Buoyant Discharges in Shallow Water,* Technical Report No 169, R. M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

10. Jirca, 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, part 2, pp. 275-304
11. Jirca, G. H., Doneker R. L. and Hinton, S. W., September 1996. *User's Manual for Cormix: A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Disharges into Surface Waters,* DeFrees Hydraulics Laboratory, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, New York
12. Jones, G. R., Nash, J. D. and Jirca G. H., August 1996. *CORMIX3:An Expert System for Mixing Zone Analysis and Prediction of Buoyant Surface Discharges,* DeFrees Hydraulics Laboratory, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, New York
13. Jones, G. R., Nash, J. D., Doneker R. L. and Jirca G. H., September 2007. *Buoyant Surface Discharges into Water Bodies. I: Flow Classification and Prediction Methodology,* Journal of Hudraulic Engineering
14. Kim, D.G. *Modeling Mixing of Thermal Effluent from Multiport Diffuser,* Dept. of Civil Engineering, Seoul, Korea
15. Kim, D. G. and Seo, I. W. *Modeling the Mixing of Heated Water Discharged from a Submerged Multiport Diffuser,* Seoul, Korea
16. 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.
17. Lee, J. H., Jirca G. H. and Harleman, D. R. F., July 1977. *Modeling of Unidirectional Thermal Diffusers in Shallow Water,* Energy Laboratory Report No. MIT-EL 77-016, Energy Laboratory and Ralph M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, Department of Civil Engineering Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Massachusetts
18. 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 Institute of Technology, Pasadena, California.
19. Seo, I. W., Yu, D. Y. and Kim H. S. *Near Field Mixing of Submerged Multiport Diffusers in Shallow Water with Strong Currents*
20. Tsanis, I. K. and Valeo, C. *Environmental Hydraulics Vol I, Mixing Zone Models for Submerged Discharges,* Computational Mechanics Publications, Southampton, Boston

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Α. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX HUMBER BAY - ΙΣΟΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

CORMIX SESSION REPORT:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL: Humber Bay

DESIGN CASE: July 17-Isothermal case

FILE NAME: G:\project\project 2\isothermal\isothermal.prd

Using subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

Start of session: 08/24/2010--16:00:39

****
**

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 10 m

Depth at discharge HD = 7.1 m

Ambient velocity UA = 0.05 m/s

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.033

Wind velocity UW = 3.5 m/s

Stratification Type STRCND = U

Surface density RHOAS = 998.2051 kg/m^3

Bottom density RHOAB = 998.2051 kg/m^3

DISCHARGE PARAMETERS: Surface Discharge

Discharge located on		= left bank/shoreline
Discharge configuration		= flush discharge
Distance from bank to outlet	DISTB	= 0 m
Discharge angle	SIGMA	= 90 deg
Depth near discharge outlet	HD0	= 5 m
Bottom slope at discharge	SLOPE	= 10 deg
Rectangular discharge:		
Discharge cross-section area	A0	= 320 m^2
Discharge channel width	B0	= 80 m
Discharge channel depth	H0	= 4 m
Discharge aspect ratio	AR	= 0.05
Discharge flowrate	Q0	= 40 m^3/s
Discharge velocity	U0	= 0.13 m/s
Discharge density	RHO0	= 998.2051 kg/m^3
Density difference	DRHO	= 0 kg/m^3
Buoyant acceleration	GP0	= 0 m/s^2
Discharge concentration	C0	= 100 %
Surface heat exchange coeff.	KS	= 0 m/s
Coefficient of decay	KD	= 0 /s

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 17.89 m Lm = 44.72 m Lbb = 0 m

LM = 99999 m

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Densimetric Froude number FR0 = 99999 (based on LQ)

Channel densimetric Froude no. FRCH = 99999 (based on H0)

Velocity ratio R = 2.5

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

Toxic discharge = no

Water quality standard specified = no

Regulatory mixing zone = no

Region of interest = 5000 m downstream

****

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = SA2 |

****

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at water surface and at centerline of discharge channel:

0 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 = 52.612500 %

Dilution at edge of NFR	s = 1.9
NFR Location:	x = 2237.92 m
(centerline coordinates)	y = 0 m
	z = 0 m
NFR plume dimensions:	half-width (bh) = 153.92 m
	thickness (bv) = 5 m
Cumulative travel time:	33233.6641 sec.

Buoyancy assessment:

The effluent density is equal or about about equal to the surrounding ambient water density at the discharge level.

Therefore, the effluent behaves essentially as NEUTRALLY BUOYANT.

FAR-FIELD MIXING SUMMARY:

Plume becomes vertically fully mixed ALREADY IN NEAR-FIELD at 2376.03 m downstream and continues as vertically mixed into the far-field.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 0 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 **********

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.

CORMIX3 PREDICTION FILE:

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label:	Humber Bay
Design case:	July 17-Isothermal case
FILE NAME:	G:\project\project 2\isothermal\isothermal.prd
Time stamp:	Tue Aug 24 16:00:39 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 10.00 HD = 7.10

UA = 0.050 F = 0.033 USTAR =0.3211E-02

UW = 3.500 UWSTAR=0.3987E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 998.2051

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = LEFT DISTB = 0.00 Configuration: flush_discharge

SIGMA = 90.00 HDO = 5.00 SLOPE = 10.00 deg.

Rectangular channel geometry:

B0 = 80.000 H0 = 4.000 A0 =0.3200E+03 AR = 0.050

U0 = 0.125 Q0 = 40.000 =0.4000E+02

```
RHO0  =  998.2051      DRHO0 =0.0000E+00   GP0   =0.0000E+00

C0    =0.1000E+03      CUNITS=  %

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


FLUX VARIABLES (metric units)

Q0    =0.4000E+02      M0    =0.5000E+01       J0    =0.0000E+00

Associated length scales (meters)

LQ    =     17.89      LM    =  99999.00       Lm    =     44.72          Lb    =      0.00

LQ2D  =     32.00      LM2D  =  99999.00       Lm2D  =    200.00


NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0   =  99999.00      FRCH  =  99999.00       R     =      2.50


FLOW CLASSIFICATION

3333333333333333333333333333333333333333333333

3  Flow class (CORMIX3)     =    SA2    3

3  Applicable layer depth HS =     7.10  3

3333333333333333333333333333333333333333333333


MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

C0    =0.1000E+03      CUNITS=  %

NTOX  =  0

NSTD  =  0

REGMZ =  0

XINT  =   5000.00  XMAX  =   5000.00


X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

   ORIGIN is located at the WATER SURFACE and at center of discharge
```

channel/outlet: 0.00 m from the LEFT bank/shore.

X-axis points downstream

Y-axis points to left as seen by an observer looking downstream

Z-axis points vertically upward (in CORMIX3, all values Z = 0.00)

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD301: DISCHARGE MODULE

Efflux conditions:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.100E+03	4.00	40.00	.00000E+00

END OF MOD301: DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.100E+03	4.00	40.00	.00000E+00

VERTICAL MIXING occurs in the initial zone of flow establishment.

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

Control volume outflow: SIGMAE= 359.65

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
4.02	-96.94	0.00	1.0	0.100E+03	7.10	40.58	.77622E+03

Cumulative travel time = 776.2197 sec

END OF MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

BEGIN CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

Surface jet in shallow crossflow with shoreline-attachment.

Profile definitions:

BV = water depth (vertically mixed)

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
4.02	-96.94	0.00	1.0	0.100E+03	7.10	40.58	.77622E+03

Maximum lateral extent of recirculation bubble.

120.27	-95.33	0.00	1.3	0.782E+02	7.10	44.48	.19516E+04
231.92	-89.56	0.00	1.4	0.720E+02	7.10	48.07	.31810E+04
343.30	-79.89	0.00	1.5	0.672E+02	7.10	51.47	.44941E+04

454.30	-66.54	0.00	1.6	0.632E+02	7.10	54.70	.58812E+04
525.09	-56.15	0.00	1.6	0.611E+02	7.10	56.68	.58812E+04

End of recirculation bubble at the above position.

Dilution in recirculation bubble = 2.0

Corresponding concentration = 0.504E+02

Flow continues as WALL JET/PLUME.

565.34	0.00	0.00	1.7	0.606E+02	5.00	114.84	.73347E+04
677.15	0.00	0.00	1.7	0.597E+02	5.00	118.79	.88374E+04
788.95	0.00	0.00	1.7	0.588E+02	5.00	122.47	.10381E+05
900.75	0.00	0.00	1.7	0.581E+02	5.00	125.93	.11962E+05
1012.56	0.00	0.00	1.7	0.574E+02	5.00	129.17	.13581E+05
1124.36	0.00	0.00	1.8	0.567E+02	5.00	132.21	.15234E+05
1236.16	0.00	0.00	1.8	0.562E+02	5.00	135.06	.16920E+05
1347.97	0.00	0.00	1.8	0.556E+02	5.00	137.73	.18637E+05
1459.77	0.00	0.00	1.8	0.551E+02	5.00	140.24	.20384E+05
1571.57	0.00	0.00	1.8	0.547E+02	5.00	142.59	.22158E+05
1683.38	0.00	0.00	1.8	0.543E+02	5.00	144.80	.23959E+05
1795.18	0.00	0.00	1.9	0.539E+02	5.00	146.87	.25785E+05
1906.98	0.00	0.00	1.9	0.535E+02	5.00	148.82	.27634E+05
2018.79	0.00	0.00	1.9	0.532E+02	5.00	150.65	.29506E+05
2130.59	0.00	0.00	1.9	0.529E+02	5.00	152.37	.31398E+05
2237.92	0.00	0.00	1.9	0.526E+02	5.00	153.92	.33234E+05

Cumulative travel time = 33233.6641 sec

END OF CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

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

```
-------------------------------------------------------------------------------

 The initial plume WIDTH/THICKNESS VALUE in the next far-field module will be
  CORRECTED by a factor  1.41 to conserve the mass flux in the far-field!

 Some bank/shore interaction occurs at end of near-field.

 In the next prediction module, the jet/plume centerline will be set
   to follow the bank/shore.
-------------------------------------------------------------------------------
BEGIN MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

 Plume is ATTACHED to LEFT  bank/shore.
   Plume width is now determined from LEFT  bank/shore.

 Plume condition is non-buoyant or weakly buoyant, or, at the end of the NFR
   it is governed by full vertical mixing over the ambient depth,
   or by complete lateral mixing over the channel width.
 Thus, the BUOYANT SPREADING REGIME is ABSENT.

END OF MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING
-------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------------------------
BEGIN MOD361: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

  Vertical diffusivity (initial value)   = 0.918E-02 m^2/s
  Horizontal diffusivity (initial value) = 0.195E+01 m^2/s
```

Profile definitions:

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

= or equal to water depth, if fully mixed

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

measured horizontally in Y-direction

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

Plume Stage 2 (bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
2237.92	0.00	0.00	1.9	0.526E+02	7.03	216.36	.33234E+05

Plume interacts with BOTTOM.

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

2376.03	0.00	0.00	3.2	0.312E+02	10.00	256.58	.35996E+05
2514.13	0.00	0.00	3.7	0.268E+02	10.00	299.02	.38758E+05
2652.23	0.00	0.00	4.3	0.233E+02	10.00	343.58	.41520E+05
2790.34	0.00	0.00	4.9	0.205E+02	10.00	390.16	.44282E+05
2928.44	0.00	0.00	5.5	0.182E+02	10.00	438.67	.47044E+05
3066.55	0.00	0.00	6.1	0.164E+02	10.00	489.03	.49806E+05
3204.65	0.00	0.00	6.8	0.148E+02	10.00	541.19	.52568E+05
3342.75	0.00	0.00	7.4	0.134E+02	10.00	595.08	.55330E+05
3480.86	0.00	0.00	8.1	0.123E+02	10.00	650.66	.58092E+05
3618.96	0.00	0.00	8.8	0.113E+02	10.00	707.86	.60854E+05
3757.07	0.00	0.00	9.6	0.104E+02	10.00	766.64	.63617E+05
3895.17	0.00	0.00	10.3	0.967E+01	10.00	826.97	.66379E+05
4033.27	0.00	0.00	11.1	0.900E+01	10.00	888.80	.69141E+05

4171.38	0.00	0.00	11.9	0.840E+01	10.00	952.10	.71903E+05
4309.48	0.00	0.00	12.7	0.787E+01	10.00	1016.84	.74665E+05
4447.59	0.00	0.00	13.5	0.739E+01	10.00	1082.98	.77427E+05
4585.69	0.00	0.00	14.4	0.695E+01	10.00	1150.49	.80189E+05
4723.79	0.00	0.00	15.2	0.656E+01	10.00	1219.36	.82951E+05
4861.90	0.00	0.00	16.1	0.620E+01	10.00	1289.54	.85713E+05
5000.00	0.00	0.00	17.0	0.588E+01	10.00	1361.02	.88475E+05

Cumulative travel time = 88475.2344 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 5000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD361: PASSIVE AMBIENT MIXING IN UNIFORM AMBIENT

CORMIX3: Buoyant Surface Discharges End of Prediction File

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

B. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX HUMBER BAY - ΜΗ ΙΣΟΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

CORMIX SESSION REPORT:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL: Humber Bay

DESIGN CASE: July 17-Non isothermal case

FILE NAME: G:\project\project 2 on isothermal\Non isothermal.prd

Using subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

Start of session: 08/24/2010--16:06:11

****

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 10 m

Depth at discharge HD = 7.1 m

Ambient velocity UA = 0.05 m/s

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.033

Wind velocity UW = 3.5 m/s

Stratification Type STRCND = U

Surface temperature = 17 degC

Bottom temperature = 17 degC

Calculated FRESH-WATER DENSITY values:

Surface density RHOAS = 998.7761 kg/m^3

Bottom density	RHOAB	= 998.7761 kg/m^3

DISCHARGE PARAMETERS: Surface Discharge

Discharge located on		= left bank/shoreline
Discharge configuration		= flush discharge
Distance from bank to outlet	DISTB	= 0 m
Discharge angle	SIGMA	= 90 deg
Depth near discharge outlet	HD0	= 5 m
Bottom slope at discharge	SLOPE	= 10 deg
Rectangular discharge:		
Discharge cross-section area	A0	= 320 m^2
Discharge channel width	B0	= 80 m
Discharge channel depth	H0	= 4 m
Discharge aspect ratio	AR	= 0.05
Discharge flowrate	Q0	= 40 m^3/s
Discharge velocity	U0	= 0.13 m/s
Discharge temperature (freshwater)		= 20 degC
Corresponding density	RHO0	= 998.2051 kg/m^3
Density difference	DRHO	= 0.5710 kg/m^3
Buoyant acceleration	GP0	= 0.0056 m/s^2
Discharge concentration	C0	= 100 %
Surface heat exchange coeff.	KS	= 0 m/s
Coefficient of decay	KD	= 0 /s

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

LQ = 17.89 m Lm = 44.72 m Lbb = 1794.17 m

LM = 7.06 m

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Densimetric Froude number FR0 = 0.39 (based on LQ)

Channel densimetric Froude no. FRCH = 0.83 (based on H0)

Velocity ratio R = 2.5

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

Toxic discharge = no

Water quality standard specified = no

Regulatory mixing zone = no

Region of interest = 5000 m downstream

****

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = PL1 |

****

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at water surface and at centerline of discharge channel:

0 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 = 51.7759 %
Dilution at edge of NFR	s = 1.9
NFR Location:	x = 1582.05 m
(centerline coordinates)	y = 0 m
	z = 0 m
NFR plume dimensions:	half-width (bh) = 1543.48 m
	thickness (bv) = 1.00 m
Cumulative travel time:	31672.0176 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.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at -791.03 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 **********

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.

CORMIX3 PREDICTION FILE:

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label: Humber Bay

Design case: July 17-Non isothermal case

FILE NAME: G:\project\project 2\non isothermal\Non isothermal.prd

Time stamp: Tue Aug 24 16:06:11 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 10.00 HD = 7.10

UA = 0.050 F = 0.033 USTAR =0.3211E-02

UW = 3.500 UWSTAR=0.3987E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 998.7761

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = LEFT DISTB = 0.00 Configuration: flush_discharge

SIGMA = 90.00 HDO = 5.00 SLOPE = 10.00 deg.

Rectangular channel geometry:

B0 = 80.000 H0 = 4.000 A0 =0.3200E+03 AR = 0.050

U0 = 0.125 Q0 = 40.000 =0.4000E+02

RHO0 = 998.2051 DRHO0 =0.5710E+00 GP0 =0.5607E-02

C0 =0.1000E+03 CUNITS= %

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

FLUX VARIABLES (metric units)

Q0 =0.4000E+02 M0 =0.5000E+01 J0 =0.2243E+00

Associated length scales (meters)

LQ = 17.89 LM = 7.06 Lm = 44.72 Lb = 1794.17

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0 = 0.39 FRCH = 0.83 R = 2.50

FLOW CLASSIFICATION

3333333333333333333333333333333333333333333

3 Flow class (CORMIX3) = PL1 3

3 Applicable layer depth HS = 7.10 3

3333333333333333333333333333333333333333333

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

C0 =0.1000E+03 CUNITS= %

NTOX = 0

NSTD = 0

REGMZ = 0

XINT = 5000.00 XMAX = 5000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the WATER SURFACE and at center of discharge

channel/outlet: 0.00 m from the LEFT bank/shore.

X-axis points downstream

Y-axis points to left as seen by an observer looking downstream

Z-axis points vertically upward (in CORMIX3, all values Z = 0.00)

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD301: DISCHARGE MODULE

Efflux conditions:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.100E+03	4.00	40.00	.00000E+00

END OF MOD301: DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.100E+03	4.00	40.00	.00000E+00

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

Control volume outflow: SIGMAE= 336.85

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.18	-4.31	0.00	1.0	0.100E+03	3.80	42.60	.34488E+02

Cumulative travel time = 34.4883 sec

END OF MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

BEGIN MOD331: UPSTREAM INTRUDING PLUME

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.18	-4.31	0.00	1.0	0.100E+03	3.80	42.60	.34488E+02

UPSTREAM INTRUSION PROPERTIES:

Upstream intrusion length	=	791.03 m
X-position of upstream stagnation point	=	-791.03 m
Thickness in intrusion region	=	1.00 m
Half-width at downstream end	=	1543.48 m
Thickness at downstream end	=	1.00 m

In this case, the upstream INTRUSION IS VERY LARGE, exceeding 10 times the local water depth.

This may be caused by a very small ambient velocity, perhaps in combination with large discharge buoyancy.

If the ambient conditions are strongly transient (e.g. tidal), then the CORMIX steady-state predictions of upstream intrusion are probably unrealistic.

Profile definitions:

BV = top-hat thickness,measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally from bank/shoreline

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
-791.03	0.00	0.00	9999.9	0.000E+00	0.00	0.00	.34488E+02
-743.57	0.00	0.00	3.3	0.307E+02	0.31	218.28	.34488E+02
-511.00	0.00	0.00	1.4	0.726E+02	0.73	530.20	.34488E+02
-278.44	0.00	0.00	1.1	0.922E+02	0.92	717.34	.34488E+02
-45.88	0.00	0.00	1.0	0.998E+02	1.00	864.90	.34488E+02
186.68	0.00	0.00	1.1	0.952E+02	1.00	990.71	.37646E+04
419.24	0.00	0.00	1.2	0.814E+02	1.00	1102.26	.84158E+04
651.81	0.00	0.00	1.5	0.685E+02	1.00	1203.52	.13067E+05
884.37	0.00	0.00	1.7	0.601E+02	1.00	1296.89	.17718E+05
1116.93	0.00	0.00	1.8	0.554E+02	1.00	1383.97	.22370E+05
1349.49	0.00	0.00	1.9	0.532E+02	1.00	1465.90	.27021E+05
1582.05	0.00	0.00	1.9	0.518E+02	1.00	1543.48	.31672E+05

Cumulative travel time = 31672.0176 sec

END OF MOD331: UPSTREAM INTRUDING PLUME

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

BEGIN MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness,measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally from bank/shoreline

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	TT
1582.05	0.00	0.00	1.9	0.518E+02	1.00	1543.48	.31672E+05
1752.95	0.00	0.00	2.0	0.496E+02	0.99	1632.85	.35090E+05
1923.85	0.00	0.00	2.1	0.475E+02	0.98	1718.39	.38508E+05
2094.75	0.00	0.00	2.2	0.455E+02	0.98	1800.66	.41926E+05
2265.64	0.00	0.00	2.3	0.436E+02	0.98	1880.07	.45344E+05
2436.54	0.00	0.00	2.4	0.417E+02	0.98	1957.00	.48762E+05
2607.44	0.00	0.00	2.5	0.399E+02	0.99	2031.74	.52180E+05
2778.34	0.00	0.00	2.6	0.381E+02	1.00	2104.55	.55598E+05
2949.23	0.00	0.00	2.7	0.364E+02	1.01	2175.64	.59016E+05
3120.13	0.00	0.00	2.9	0.348E+02	1.02	2245.19	.62434E+05
3291.03	0.00	0.00	3.0	0.333E+02	1.04	2313.36	.65851E+05
3461.92	0.00	0.00	3.1	0.318E+02	1.06	2380.28	.69269E+05
3632.82	0.00	0.00	3.3	0.304E+02	1.08	2446.08	.72687E+05
3803.72	0.00	0.00	3.4	0.290E+02	1.10	2510.86	.76105E+05
3974.62	0.00	0.00	3.6	0.277E+02	1.12	2574.71	.79523E+05
4145.51	0.00	0.00	3.8	0.265E+02	1.15	2637.71	.82941E+05

4316.41	0.00	0.00	4.0	0.253E+02	1.17	2699.92	.86359E+05
4487.31	0.00	0.00	4.1	0.242E+02	1.20	2761.42	.89777E+05
4658.21	0.00	0.00	4.3	0.231E+02	1.23	2822.25	.93195E+05
4829.10	0.00	0.00	4.5	0.221E+02	1.26	2882.47	.96613E+05
5000.00	0.00	0.00	4.7	0.212E+02	1.29	2942.12	.10003E+06

Cumulative travel time = 100030.9141 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 5000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

CORMIX3: Buoyant Surface Discharges End of Prediction File

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ – ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

CORMIX SESSION REPORT:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL:	C-Plant Estuary
DESIGN CASE:	Steady-state 1 hour after slack
FILE NAME:	C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample3.prd
Using subsystem CORMIX3:	Buoyant Surface Discharges
Start of session:	08/24/2010--15:34:47

****
**

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section		= unbounded
Average depth	HA	= 5.65 m
Depth at discharge	HD	= 5.65 m
Ambient velocity	UA	= 0.22 m/s
Darcy-Weisbach friction factor	F	= 0.025
Wind velocity	UW	= 2 m/s
Stratification Type	STRCND	= U
Surface density	RHOAS	= 1018 kg/m^3
Bottom density	RHOAB	= 1018 kg/m^3

DISCHARGE PARAMETERS: Surface Discharge

```
Discharge located on                        = right bank/shoreline
Discharge configuration                     = flush discharge
Distance from bank to outlet     DISTB  = 0 m
Discharge angle                  SIGMA  = 90 deg
Depth near discharge outlet      HD0    = 2.15 m
Bottom slope at discharge        SLOPE = 11 deg
Rectangular discharge:
  Discharge cross-section area   A0     = 1.3 m^2
  Discharge channel width        B0     = 2 m
  Discharge channel depth        H0     = 0.65 m
  Discharge aspect ratio         AR     = 0.325
Discharge flowrate               Q0     = 2.2 m^3/s
Discharge velocity               U0     = 1.69 m/s
Discharge temperature (freshwater)      = 22 degC
Corresponding density            RHO0   = 997.7714 kg/m^3
Density difference               DRHO   = 20.2286 kg/m^3
Buoyant acceleration             GP0    = 0.1949 m/s^2
Discharge concentration          C0     = 80 micro-g/l
Surface heat exchange coeff.     KS     = 0 m/s
Coefficient of decay             KD     = 0 /s
-------------------------------------------------------------------------------
DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:
LQ  = 1.14 m        Lm  = 8.77 m        Lbb = 40.26 m
LM  = 4.09 m
-------------------------------------------------------------------------------
NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:
Densimetric Froude number        FR0    = 3.59 (based on LQ)
Channel densimetric Froude no.   FRCH= 4.76 (based on H0)
```

Velocity ratio R = 7.69

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

Toxic discharge = yes

CMC concentration CMC = 25 micro-g/l

CCC concentration CCC = 15 micro-g/l

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = distance

Regulatory mixing zone value = 250 m (m^2 if area)

Region of interest = 2000 m

****

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = FJ1 |

****

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at water surface and at centerline of discharge channel:

0 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 = 8.687100 micro-g/l
Dilution at edge of NFR	s = 9.2
NFR Location:	x = 438.89 m
(centerline coordinates)	y = 221.86 m
	z = 0 m
NFR plume dimensions:	half-width (bh) = 111.33 m
	thickness (bv) = 0.33 m
Cumulative travel time:	1702.8542 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.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 597.17 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) = 25 micro-g/l

Corresponding dilution = 3.2

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location: x = 5.15 m

(centerline coordinates) y = 26.24 m

z = 0 m

Plume dimension: half-width (bh) = 9.19 m

thickness (bv) = 0.88 m

Computed distance from port opening to CMC location = 26.74 m.

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

Lq = 1.14 m.

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

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 26.74 m.

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

HD = 5.65 m.

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

Computed distance from port opening to CMC location = 26.74 m.

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

of the Regulatory Mixing Zone of 300.66 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 1.69 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 = 10.062959 micro-g/l

Corresponding dilution s = 7.9

Plume location: x = 249.71 m

(centerline coordinates) y = 167.45 m

z = 0 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 80.15 m

thickness (bv) = 0.39 m

Cumulative travel time < 1702.8542 sec. (RMZ is within NFR)

At this position, the plume is NOT IN CONTACT with any 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 = 15 micro-g/l

Corresponding dilution = 5.3

Plume location: x = 47.65 m

(centerline coordinates) y = 73.14 m

z = 0 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 30.52 m

thickness (bv) = 0.61 m

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 **********

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.

CORMIX3 PREDICTION FILE:

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label: C-Plant Estuary

Design case: Steady-state 1 hour after slack

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample3.prd

Time stamp: Tue Aug 24 15:34:47 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 5.65 HD = 5.65

UA = 0.220 F = 0.025 USTAR =0.1230E-01

UW = 2.000 UWSTAR=0.2198E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 1018.0000

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = RIGHT DISTB = 0.00 Configuration: flush_discharge

SIGMA = 90.00 HDO = 2.15 SLOPE = 11.00 deg.

Rectangular channel geometry:

B0 = 2.000 H0 = 0.650 A0 =0.1300E+01 AR = 0.325

U0 = 1.692 Q0 = 2.200 =0.2200E+01

RHO0 = 997.7714 DRHO0 =0.2023E+02 GP0 =0.1949E+00

C0 =0.8000E+02 CUNITS= micro-g/l

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

FLUX VARIABLES (metric units)

Q0 =0.2200E+01 M0 =0.3723E+01 J0 =0.4287E+00

Associated length scales (meters)

LQ = 1.14 LM = 4.09 Lm = 8.77 Lb = 40.26

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS

FR0 = 3.59 FRCH = 4.76 R = 7.69

FLOW CLASSIFICATION

3333333333333333333333333333333333333333333

3 Flow class (CORMIX3) = FJ1 3

3 Applicable layer depth HS = 5.65 3

3333333333333333333333333333333333333333333

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS

C0 =0.8000E+02 CUNITS= micro-g/l

NTOX = 1 CMC =0.2500E+02 CCC = CSTD

NSTD = 1 CSTD =0.1500E+02

REGMZ = 1

REGSPC= 1 XREG = 250.00 WREG = 0.00 AREG = 0.00

XINT = 2000.00 XMAX = 2000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the WATER SURFACE and at center of discharge

channel/outlet: 0.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream

Y-axis points to left as seen by an observer looking downstream

Z-axis points vertically upward (in CORMIX3, all values Z = 0.00)

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD301: DISCHARGE MODULE

Efflux conditions:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.800E+02	0.65	1.00	.00000E+00

END OF MOD301: DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.800E+02	0.65	1.00	.00000E+00

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

Control volume outflow: SIGMAE= 89.20

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.09	6.54	0.00	1.0	0.800E+02	0.54	1.85	.38660E+01

Cumulative travel time = 3.8660 sec

END OF MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

BEGIN CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

Surface jet in deep crossflow with strong buoyancy effects.

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.09	6.54	0.00	1.0	0.800E+02	0.54	1.85	.38660E+01

** CMC HAS BEEN FOUND **

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.250E+02

in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

7.56	30.92	0.00	3.5	0.229E+02	0.84	11.15	.44725E+02
22.78	51.16	0.00	4.5	0.178E+02	0.71	20.12	.10693E+03

41.14 68.05 0.00 5.2 0.155E+02 0.63 28.06 .17747E+03

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

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard

or CCC value of 0.150E+02 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality

standard or CCC value.

61.61 83.04 0.00 5.7 0.141E+02 0.57 35.37 .25467E+03

83.16 96.43 0.00 6.1 0.132E+02 0.53 42.10 .33561E+03

105.07 108.40 0.00 6.4 0.124E+02 0.50 48.25 .41791E+03

127.84 119.62 0.00 6.7 0.119E+02 0.47 54.12 .50366E+03

150.98 130.04 0.00 7.0 0.114E+02 0.45 59.67 .59110E+03

174.02 139.67 0.00 7.3 0.110E+02 0.43 64.86 .67850E+03

197.66 148.90 0.00 7.5 0.107E+02 0.42 69.89 .76851E+03

221.48 157.66 0.00 7.7 0.104E+02 0.40 74.71 .85953E+03

245.06 165.87 0.00 7.9 0.101E+02 0.39 79.28 .94995E+03

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region **

In this prediction interval the plume DOWNSTREAM distance meets or exceeds

the regulatory value = 250.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

269.15 173.86 0.00 8.1 0.987E+01 0.38 83.75 .10426E+04

293.35 181.51 0.00 8.3 0.966E+01 0.37 88.07 .11360E+04

317.24 188.76 0.00 8.5 0.947E+01 0.37 92.19 .12285E+04

341.61 195.86 0.00 8.6 0.928E+01 0.36 96.25 .13230E+04

366.04 202.73 0.00 8.8 0.912E+01 0.35 100.20 .14181E+04

390.14 209.26 0.00 8.9 0.897E+01 0.34 103.98 .15121E+04

414.69 215.70 0.00 9.1 0.882E+01 0.34 107.73 .16080E+04

438.89 221.86 0.00 9.2 0.869E+01 0.33 111.33 .17029E+04

Cumulative travel time = 1702.8542 sec

END OF CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

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

The initial plume WIDTH/THICKNESS VALUE in the next far-field module will be

CORRECTED by a factor 1.11 to conserve the mass flux in the far-field!

BEGIN MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness,measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally from bank/shoreline

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	TT
438.89	221.86	0.00	9.2	0.869E+01	0.37	123.91	.17029E+04
446.80	221.86	0.00	9.3	0.857E+01	0.36	130.00	.17388E+04
454.72	221.86	0.00	9.4	0.847E+01	0.35	135.91	.17748E+04
462.63	221.86	0.00	9.6	0.837E+01	0.34	141.65	.18108E+04
470.55	221.86	0.00	9.7	0.828E+01	0.33	147.23	.18467E+04
478.46	221.86	0.00	9.8	0.819E+01	0.32	152.67	.18827E+04
486.37	221.86	0.00	9.9	0.811E+01	0.31	157.97	.19187E+04

494.29	221.86	0.00	10.0	0.803E+01	0.31	163.16	.19547E+04
502.20	221.86	0.00	10.1	0.796E+01	0.30	168.22	.19906E+04
510.12	221.86	0.00	10.1	0.789E+01	0.29	173.18	.20266E+04
518.03	221.86	0.00	10.2	0.782E+01	0.29	178.03	.20626E+04
525.94	221.86	0.00	10.3	0.776E+01	0.28	182.78	.20985E+04
533.86	221.86	0.00	10.4	0.770E+01	0.28	187.45	.21345E+04
541.77	221.86	0.00	10.5	0.764E+01	0.27	192.03	.21705E+04
549.68	221.86	0.00	10.6	0.758E+01	0.27	196.52	.22065E+04
557.60	221.86	0.00	10.6	0.753E+01	0.26	200.94	.22424E+04
565.51	221.86	0.00	10.7	0.747E+01	0.26	205.28	.22784E+04
573.43	221.86	0.00	10.8	0.742E+01	0.26	209.55	.23144E+04
581.34	221.86	0.00	10.9	0.737E+01	0.25	213.76	.23503E+04
589.25	221.86	0.00	10.9	0.732E+01	0.25	217.90	.23863E+04
597.17	221.86	0.00	11.0	0.727E+01	0.25	221.97	.24223E+04

Cumulative travel time = 2422.2896 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	TT
597.17	0.00	0.00	11.0	0.727E+01	0.25	443.71	.24223E+04
667.31	-0.00	0.00	11.4	0.704E+01	0.24	473.40	.27411E+04
737.45	-0.00	0.00	11.7	0.682E+01	0.23	501.47	.30599E+04
807.59	-0.00	0.00	12.1	0.661E+01	0.23	528.17	.33788E+04
877.73	-0.00	0.00	12.5	0.641E+01	0.23	553.68	.36976E+04
947.88	-0.00	0.00	12.9	0.622E+01	0.22	578.17	.40164E+04

1018.02	-0.00	0.00	13.3	0.602E+01	0.22	601.76	.43352E+04
1088.16	-0.00	0.00	13.7	0.584E+01	0.22	624.57	.46541E+04
1158.30	-0.00	0.00	14.1	0.566E+01	0.22	646.67	.49729E+04
1228.44	-0.00	0.00	14.6	0.548E+01	0.22	668.15	.52917E+04
1298.58	-0.00	0.00	15.1	0.530E+01	0.22	689.07	.56105E+04
1368.72	-0.00	0.00	15.6	0.514E+01	0.22	709.48	.59294E+04
1438.87	-0.00	0.00	16.1	0.497E+01	0.22	729.44	.62482E+04
1509.01	-0.00	0.00	16.6	0.481E+01	0.22	748.98	.65670E+04
1579.15	-0.00	0.00	17.2	0.466E+01	0.22	768.15	.68858E+04
1649.29	-0.00	0.00	17.8	0.450E+01	0.23	786.98	.72047E+04
1719.43	-0.00	0.00	18.4	0.436E+01	0.23	805.49	.75235E+04
1789.57	-0.00	0.00	19.0	0.421E+01	0.23	823.71	.78423E+04
1859.72	-0.00	0.00	19.6	0.408E+01	0.23	841.66	.81611E+04
1929.86	-0.00	0.00	20.3	0.394E+01	0.24	859.37	.84800E+04
2000.00	-0.00	0.00	21.0	0.381E+01	0.24	876.85	.87988E+04

Cumulative travel time = 8798.8037 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 2000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

CORMIX3: Buoyant Surface Discharges End of Prediction File

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

Δ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ – ΜΗ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

CORMIX SESSION REPORT:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL: C-Plant Estuary

DESIGN CASE: Tidal-1 hour after slack

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample3t.prd

Using subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

Start of session: 08/24/2010--16:11:49

****

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section = unbounded

Average depth HA = 5.65 m

Depth at discharge HD = 5.65 m

Darcy-Weisbach friction factor F = 0.025

Wind velocity UW = 2 m/s

TIDAL SIMULATION at time Tsim = 1 hours

Instantaneous ambient velocity UA = 0.22 m/s

Maximum tidal velocity UaMAX = 0.75 m/s

Rate of tidal reversal dUA/dt = 0.22 (m/s)/hour

Period of reversal T = 12.4 hours

Stratification Type STRCND = U

```
  Surface density              RHOAS       = 1018 kg/m^3

  Bottom density               RHOAB       = 1018 kg/m^3

-----------------------------------------------------------------------------

DISCHARGE PARAMETERS:                      Surface Discharge

  Discharge located on                     = right bank/shoreline

  Discharge configuration                  = flush discharge

  Distance from bank to outlet     DISTB  = 0 m

  Discharge angle                  SIGMA= 90 deg

  Depth near discharge outlet      HD0     = 2.15 m

  Bottom slope at discharge        SLOPE = 11 deg

  Rectangular discharge:

    Discharge cross-section area   A0      = 1.3 m^2

    Discharge channel width        B0      = 2 m

    Discharge channel depth        H0      = 0.65 m

    Discharge aspect ratio         AR      = 0.325

  Discharge flowrate               Q0      = 2.2 m^3/s

  Discharge velocity               U0      = 1.69 m/s

  Discharge temperature (freshwater)     = 22 degC

  Corresponding density            RHO0   = 997.7714 kg/m^3

  Density difference               DRHO   = 20.2286 kg/m^3

  Buoyant acceleration             GP0     = 0.1949 m/s^2

  Discharge concentration          C0      = 80 micro-g/l

  Surface heat exchange coeff.     KS      = 0 m/s

  Coefficient of decay             KD      = 0 /s

-----------------------------------------------------------------------------

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

  LQ  = 1.14 m        Lm  = 8.77 m        Lbb = 40.26 m

  LM  = 4.09 m
```

UNSTEADY TIDAL SCALES:

Tu = 0.2229 hours Lu = 39.35 m Lmin= 2.57 m

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Densimetric Froude number FR0 = 3.59 (based on LQ)

Channel densimetric Froude no. FRCH = 4.76 (based on H0)

Velocity ratio R = 7.69

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

Toxic discharge = yes

CMC concentration CMC = 25 micro-g/l

CCC concentration CCC = 15 micro-g/l

Water quality standard specified = given by CCC value

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = distance

Regulatory mixing zone value = 250 m (m^2 if area)

Region of interest = 2000 m

****

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = FJ1 |

****

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at water surface and at centerline of discharge channel:

0 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 micro-g/l
Dilution at edge of NFR	s = 0
NFR Location:	x = 0 m
(centerline coordinates)	y = 0 m
	z = 0 m
NFR plume dimensions:	half-width (bh) = 0 m
	thickness (bv) = 0 m
Cumulative travel time:	0 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.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section does not contact bank in this simulation.

UNSTEADY TIDAL ASSESSMENT:

Because of the unsteadiness of the ambient current during the tidal reversal, CORMIX predictions have been TERMINATED at:

x = 290.22 m

y = 180.52 m

z = 0 m.

For this condition AFTER TIDAL REVERSAL, mixed water from the previous half-cycle becomes re-entrained into the near field of the discharge, increasing pollutant concentrations compared to steady-state predictions. A pool of mixed water formed at slack tide will be advected downstream in this phase.

********** 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) = 25 micro-g/l

Corresponding dilution = 3.2

The CMC was encountered at the following plume position:

Plume location:	x = 9.55 m
(centerline coordinates)	y = 34.26 m
	z = 0 m
Plume dimension:	half-width (bh) = 12.59 m
	thickness (bv) = 0.82 m

Computed distance from port opening to CMC location = 35.56 m.

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

Lq = 1.14 m.

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

Computed horizontal distance from port opening to CMC location = 35.56 m.

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

HD = 5.65 m.

++++++++++ The ambient depth TEST for the TDZ has FAILED. ++++++++++

Computed distance from port opening to CMC location = 35.56 m.

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

of the Regulatory Mixing Zone of 300.66 m in any

spatial direction from the port opening.

+++++ The Regulatory Mixing Zone TEST for the TDZ has FAILED. ++++++

The diffuser discharge velocity is equal to 1.69 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 **********

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

Pollutant concentration	c = 18.279970 micro-g/l
Corresponding dilution	s = 4.4
Plume location:	x = 249.71 m
(centerline coordinates)	y = 167.45 m
	z = 0 m
Plume dimensions:	half-width (bh) = 80.15 m
	thickness (bv) = 0.39 m

Cumulative travel time < 0 sec. (RMZ is within NFR)

At this position, the plume is NOT IN CONTACT with any bank.

However, the CCC for the toxic pollutant was not encountered within the

predicted plume region.

********** 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 +-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.

CORMIX3 PREDICTION FILE:

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label: C-Plant Estuary

Design case: Tidal-1 hour after slack

FILE NAME: C:\Program Files\CORMIX 6.0\Sample Files\Sample3t.prd

Time stamp: Tue Aug 24 16:11:49 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 5.65 HD = 5.65

Tidal Simulation at TIME = 1.000 h

PERIOD= 12.40 h UAmax = 0.750 dUa/dt= 0.220 (m/s)/h

UA = 0.220 F = 0.025 USTAR =0.1230E-01

UW = 2.000 UWSTAR=0.2198E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 1018.0000

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = RIGHT DISTB = 0.00 Configuration: flush_discharge

SIGMA = 90.00 HDO = 2.15 SLOPE = 11.00 deg.

Rectangular channel geometry:

```
B0   =    2.000        H0   =    0.650        A0   =0.1300E+01      AR   =    0.325
U0   =    1.692        Q0   =    2.200      =0.2200E+01
RHO0  =  997.7714      DRHO0 =0.2023E+02   GP0   =0.1949E+00
C0   =0.8000E+02       CUNITS=  micro-g/l
IPOLL =  1             KS   =0.0000E+00     KD   =0.0000E+00

FLUX VARIABLES (metric units)
Q0   =0.2200E+01       M0   =0.3723E+01     J0   =0.4287E+00
Associated length scales (meters)
LQ   =    1.14         LM   =    4.09       Lm   =    8.77       Lb   =   40.26
Tidal:                 Tu   =  0.2229 h     Lu   =   39.347      Lmin  =    2.573

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS
FR0  =    3.59         FRCH  =    4.76      R    =    7.69

FLOW CLASSIFICATION
3333333333333333333333333333333333333333333
3  Flow class (CORMIX3)     =   FJ1    3
3  Applicable layer depth HS =    5.65  3
3333333333333333333333333333333333333333333

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS
C0   =0.8000E+02       CUNITS=  micro-g/l
NTOX  =  1             CMC   =0.2500E+02    CCC   =  CSTD
NSTD  =  1             CSTD  =0.1500E+02
REGMZ =  1
REGSPC=  1             XREG  =   250.00     WREG  =    0.00      AREG  =    0.00
XINT  =  2000.00       XMAX  =  2000.00
```

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:

ORIGIN is located at the WATER SURFACE and at center of discharge channel/outlet: 0.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream

Y-axis points to left as seen by an observer looking downstream

Z-axis points vertically upward (in CORMIX3, all values Z = 0.00)

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD301: DISCHARGE MODULE

Efflux conditions:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.800E+02	0.65	1.00	.00000E+00

END OF MOD301: DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.800E+02	0.65	1.00	.00000E+00

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

Control volume outflow: SIGMAE= 89.20

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.09	6.54	0.00	1.0	0.800E+02	0.54	1.85	.38660E+01

Cumulative travel time = 3.8660 sec

END OF MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

BEGIN CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

Surface jet in deep crossflow with strong buoyancy effects.

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.09	6.54	0.00	1.0	0.800E+02	0.54	1.85	.38660E+01
7.56	30.92	0.00	3.1	0.260E+02	0.84	11.15	.44725E+02

** CMC HAS BEEN FOUND **

The pollutant concentration in the plume falls below CMC value of 0.250E+02

in the current prediction interval.

This is the extent of the TOXIC DILUTION ZONE.

22.78	51.16	0.00	3.7	0.219E+02	0.71	20.12	.10693E+03
41.14	68.05	0.00	3.9	0.203E+02	0.63	28.06	.17747E+03
61.61	83.04	0.00	4.1	0.196E+02	0.57	35.37	.25467E+03
83.16	96.43	0.00	4.2	0.192E+02	0.53	42.10	.33561E+03
105.07	108.40	0.00	4.2	0.190E+02	0.50	48.25	.41791E+03
127.84	119.62	0.00	4.3	0.188E+02	0.47	54.12	.50366E+03
150.98	130.04	0.00	4.3	0.187E+02	0.45	59.67	.59110E+03
174.02	139.67	0.00	4.3	0.186E+02	0.43	64.86	.67850E+03
197.66	148.90	0.00	4.3	0.185E+02	0.42	69.89	.76851E+03
221.48	157.66	0.00	4.3	0.184E+02	0.40	74.71	.85953E+03
245.06	165.87	0.00	4.4	0.183E+02	0.39	79.28	.94995E+03

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region **

In this prediction interval the plume DOWNSTREAM distance meets or exceeds

the regulatory value = 250.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

269.15	173.86	0.00	4.4	0.182E+02	0.38	83.75	.10426E+04
290.22	180.52	0.00	4.4	0.181E+02	0.37	87.51	

Cumulative travel time = 1123.9457 sec

CORMIX prediction has been TERMINATED at last prediction interval.

Limiting distance due to TIDAL REVERSAL has been reached.

END OF CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

CORMIX3: Buoyant Surface Discharges End of Prediction File

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

Ε. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX – ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

CORMIX SESSION REPORT:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL:

DESIGN CASE: Power Plant-Low tide

FILE NAME: C:\Documents and Settings\katerina\Desktop\Power plant-low tide.prd

Using subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

Start of session: 09/01/2010--12:55:19

****

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section		= unbounded
Average depth	HA	= 7.7 m
Depth at discharge	HD	= 7.7 m
Ambient velocity	UA	= 0.3 m/s
Darcy-Weisbach friction factor	F	= 0.0159
Calculated from Manning's	n	= 0.02
Wind velocity	UW	= 2 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/m^3

  Bottom density                   RHOAB  = 999.1011 kg/m^3

-----------------------------------------------------------------------------

DISCHARGE PARAMETERS:              Surface Discharge

  Discharge located on                      = right bank/shoreline

  Discharge configuration                   = flush discharge

  Distance from bank to outlet     DISTB  = 0 m

  Discharge angle                  SIGMA  = 90 deg

  Depth near discharge outlet      HD0    = 3.7 m

  Bottom slope at discharge        SLOPE  = 30 deg

  Rectangular discharge:

    Discharge cross-section area   A0     = 22 m^2

    Discharge channel width        B0     = 10 m

    Discharge channel depth        H0     = 2.2 m

    Discharge aspect ratio         AR     = 0.22

  Discharge flowrate               Q0     = 25.000000 m^3/s

  Discharge velocity               U0     = 1.14 m/s

  Discharge temperature (freshwater)      = 26 degC

  Corresponding density            RHO0   = 996.7843 kg/m^3

  Density difference               DRHO   = 2.3168 kg/m^3

  Buoyant acceleration             GP0    = 0.0227 m/s^2

  Discharge concentration          C0     = 11 deg.C

  Surface heat exchange coeff.     KS     = 0 m/s

  Coefficient of decay             KD     = 0 /s

-----------------------------------------------------------------------------

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

  LQ  = 4.69 m        Lm  = 17.77 m        Lbb = 21.06 m

  LM  = 16.32 m
```

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Densimetric Froude number FR0 = 3.48 (based on LQ)

Channel densimetric Froude no. FRCH = 5.08 (based on H0)

Velocity ratio R = 3.79

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

Toxic discharge = no

Water quality standard specified = yes

Water quality standard CSTD = 3 deg.C

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = distance

Regulatory mixing zone value = 300 m (m^2 if area)

Region of interest = 3000 m

****

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = SA1 |

****

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at water surface and at centerline of discharge channel:

0 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 = 2.2626 deg.C
Dilution at edge of NFR	s = 4.9
NFR Location:	x = 888.81 m
(centerline coordinates)	y = 288.22 m
	z = 0 m
NFR plume dimensions:	half-width (bh) = 137.60 m
	thickness (bv) = 1.18 m
Cumulative travel time:	2415.7554 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.

PLUME BANK CONTACT SUMMARY:

Plume in unbounded section contacts nearest bank at 1311.01 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 = 3.119104 deg.C

Corresponding dilution s = 3.5

Plume location: x = 298.46 m

(centerline coordinates) y = 180.46 m

z = 0 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 71.69 m

thickness (bv) = 1.58 m

Cumulative travel time < 2415.7554 sec. (RMZ is within NFR)

At this position, the plume is NOT IN CONTACT with any bank.

However, the specified water quality standard has not been met

within the RMZ. In particular:

The ambient water quality standard was encountered at the following

plume position:

Water quality standard = 3 deg.C

Corresponding dilution s = 3.7

Plume location: x = 351.79 m

(centerline coordinates) y = 194.42 m

z = 0 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 78.87 m

thickness (bv) = 1.50 m

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 **********

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.

CORMIX3 PREDICTION FILE:

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label:

Design case: Power Plant-Low tide

FILE NAME: C:\...ettings\katerina\Desktop\Power plant-low tide.prd

Time stamp: Wed Sep 1 12:55:19 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 7.70 HD = 7.70

UA = 0.300 F = 0.016 USTAR =0.1338E-01

UW = 2.000 UWSTAR=0.2198E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 999.1011

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = RIGHT DISTB = 0.00 Configuration: flush_discharge

SIGMA = 90.00 HDO = 3.70 SLOPE = 30.00 deg.

Rectangular channel geometry:

B0 = 10.000 H0 = 2.200 A0 =0.2200E+02 AR = 0.220

U0 = 1.136 Q0 = 25.000 =0.2500E+02

```
RHO0  =  996.7843      DRHO0 =0.2317E+01   GP0   =0.2274E-01
C0    =0.1100E+02      CUNITS=  deg.C
IPOLL =  1             KS    =0.0000E+00   KD    =0.0000E+00

FLUX VARIABLES (metric units)
Q0    =0.2500E+02      M0    =0.2841E+02   J0    =0.5685E+00
Associated length scales (meters)
LQ    =     4.69       LM    =    16.32    Lm    =    17.77    Lb    =    21.06

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS
FR0   =     3.48       FRCH  =     5.08    R     =     3.79

FLOW CLASSIFICATION
3333333333333333333333333333333333333333333
3  Flow class (CORMIX3)     =    SA1    3
3  Applicable layer depth HS =     7.70  3
3333333333333333333333333333333333333333333

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS
C0    =0.1100E+02  CUNITS=  deg.C
NTOX  =  0
NSTD  =  1        CSTD  =0.3000E+01
REGMZ =  1
REGSPC=  1        XREG  =    300.00  WREG  =     0.00  AREG  =     0.00
XINT  =   3000.00  XMAX  =   3000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:
   ORIGIN is located at the WATER SURFACE and at center of discharge
```

channel/outlet: 0.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream

Y-axis points to left as seen by an observer looking downstream

Z-axis points vertically upward (in CORMIX3, all values Z = 0.00)

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD301: DISCHARGE MODULE

Efflux conditions:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.110E+02	2.20	5.00	.00000E+00

END OF MOD301: DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.110E+02	2.20	5.00	.00000E+00

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

Control volume outflow: SIGMAE= 68.48

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.74	26.98	0.00	1.0	0.110E+02	2.06	8.18	.23750E+02

Cumulative travel time = 23.7499 sec

END OF MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

BEGIN CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

Surface jet in deep crossflow with shoreline-attachment.

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.74	26.98	0.00	1.0	0.110E+02	2.06	8.18	.23750E+02
30.30	65.33	0.00	2.4	0.467E+01	3.14	21.66	.10965E+03
68.92	92.58	0.00	2.7	0.406E+01	2.56	32.22	.21504E+03
110.82	114.55	0.00	2.9	0.376E+01	2.20	41.31	.32663E+03
154.28	133.26	0.00	3.1	0.355E+01	1.97	49.43	.44133E+03
198.66	149.71	0.00	3.2	0.339E+01	1.80	56.88	.55808E+03
243.63	164.45	0.00	3.4	0.326E+01	1.68	63.82	.67641E+03

```
  287.46   177.39    0.00     3.5 0.315E+01   1.60    70.16 .79191E+03
** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region **
In this prediction interval the plume DOWNSTREAM distance meets or exceeds
the regulatory value =   300.00 m.
This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.
  333.16   189.70    0.00     3.6 0.304E+01   1.52    76.41 .91267E+03
** WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND **
The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard
  or CCC value of 0.300E+01 in the current prediction interval.
This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality
  standard or CCC value.
  379.10   201.06    0.00     3.7 0.294E+01   1.47    82.39 .10345E+04
  425.24   211.62    0.00     3.9 0.286E+01   1.42    88.16 .11572E+04
  471.53   221.47    0.00     4.0 0.278E+01   1.38    93.73 .12809E+04
  517.94   230.71    0.00     4.1 0.270E+01   1.34    99.13 .14053E+04
  564.47   239.40    0.00     4.2 0.263E+01   1.31   104.38 .15305E+04
  609.47   247.32    0.00     4.3 0.257E+01   1.29   109.32 .16521E+04
  656.16   255.09    0.00     4.4 0.251E+01   1.26   114.31 .17786E+04
  702.91   262.44    0.00     4.5 0.246E+01   1.24   119.19 .19058E+04
  749.72   269.43    0.00     4.6 0.240E+01   1.22   123.97 .20336E+04
  796.58   276.07    0.00     4.7 0.235E+01   1.21   128.65 .21620E+04
  843.49   282.39    0.00     4.8 0.231E+01   1.19   133.24 .22908E+04
  888.81   288.22    0.00     4.9 0.226E+01   1.18   137.60 .24158E+04
Cumulative travel time =        2415.7554 sec

END OF CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION
--------------------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------
```

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

The initial plume WIDTH/THICKNESS VALUE in the next far-field module will be

CORRECTED by a factor 1.12 to conserve the mass flux in the far-field!

BEGIN MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness,measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally from bank/shoreline

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	TT
888.81	288.22	0.00	4.9	0.226E+01	1.32	153.77	.24158E+04
909.92	288.22	0.00	4.9	0.223E+01	1.27	161.94	.24861E+04
931.03	288.22	0.00	5.0	0.220E+01	1.23	169.89	.25565E+04
952.14	288.22	0.00	5.1	0.217E+01	1.19	177.63	.26269E+04
973.25	288.22	0.00	5.1	0.215E+01	1.15	185.18	.26972E+04
994.36	288.22	0.00	5.2	0.212E+01	1.12	192.55	.27676E+04
1015.47	288.22	0.00	5.2	0.210E+01	1.09	199.76	.28379E+04
1036.58	288.22	0.00	5.3	0.208E+01	1.07	206.82	.29083E+04
1057.69	288.22	0.00	5.4	0.206E+01	1.04	213.74	.29787E+04
1078.80	288.22	0.00	5.4	0.204E+01	1.02	220.53	.30490E+04
1099.91	288.22	0.00	5.5	0.202E+01	1.00	227.19	.31194E+04

1121.02	288.22	0.00	5.5	0.200E+01	0.98	233.73	.31898E+04
1142.13	288.22	0.00	5.6	0.198E+01	0.96	240.17	.32601E+04
1163.24	288.22	0.00	5.6	0.196E+01	0.95	246.50	.33305E+04
1184.35	288.22	0.00	5.7	0.194E+01	0.93	252.73	.34009E+04
1205.46	288.22	0.00	5.7	0.193E+01	0.92	258.86	.34712E+04
1226.57	288.22	0.00	5.8	0.191E+01	0.91	264.91	.35416E+04
1247.68	288.22	0.00	5.8	0.190E+01	0.89	270.87	.36120E+04
1268.79	288.22	0.00	5.9	0.188E+01	0.88	276.75	.36823E+04
1289.90	288.22	0.00	5.9	0.186E+01	0.87	282.54	.37527E+04
1311.01	288.22	0.00	5.9	0.185E+01	0.86	288.27	.38231E+04

Cumulative travel time = 3823.0696 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	TT
1311.01	0.00	0.00	5.9	0.185E+01	0.86	576.45	.38231E+04
1395.46	-0.00	0.00	6.1	0.181E+01	0.85	597.10	.41046E+04
1479.91	-0.00	0.00	6.2	0.177E+01	0.84	617.25	.43861E+04
1564.36	-0.00	0.00	6.3	0.174E+01	0.83	636.94	.46676E+04
1648.80	-0.00	0.00	6.5	0.170E+01	0.82	656.19	.49491E+04
1733.25	-0.00	0.00	6.6	0.166E+01	0.82	675.05	.52306E+04
1817.70	-0.00	0.00	6.8	0.163E+01	0.81	693.54	.55121E+04
1902.15	-0.00	0.00	6.9	0.159E+01	0.81	711.68	.57936E+04
1986.60	-0.00	0.00	7.1	0.156E+01	0.81	729.50	.60751E+04
2071.05	-0.00	0.00	7.2	0.152E+01	0.80	747.02	.63566E+04

2155.50	-0.00	0.00	7.4	0.149E+01	0.80	764.26	.66381E+04
2239.95	-0.00	0.00	7.5	0.146E+01	0.80	781.22	.69196E+04
2324.40	-0.00	0.00	7.7	0.143E+01	0.81	797.94	.72011E+04
2408.85	-0.00	0.00	7.9	0.139E+01	0.81	814.42	.74826E+04
2493.30	-0.00	0.00	8.1	0.136E+01	0.81	830.68	.77641E+04
2577.75	-0.00	0.00	8.3	0.133E+01	0.81	846.73	.80456E+04
2662.20	-0.00	0.00	8.4	0.130E+01	0.82	862.58	.83271E+04
2746.65	-0.00	0.00	8.6	0.127E+01	0.82	878.24	.86086E+04
2831.10	-0.00	0.00	8.8	0.124E+01	0.82	893.72	.88900E+04
2915.55	-0.00	0.00	9.0	0.122E+01	0.83	909.04	.91715E+04
3000.00	-0.00	0.00	9.3	0.119E+01	0.83	924.19	.94530E+04

Cumulative travel time = 9453.0479 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 3000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

CORMIX3: Buoyant Surface Discharges End of Prediction File

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

ΣΤ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CORMIX – ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΑΓΩΓΟΥ)

CORMIX SESSION REPORT:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3:Version-6.0.0.0 October,2009

SITE NAME/LABEL:

DESIGN CASE: Power Plant-Low tide

FILE NAME: C:\Documents and Settings\katerina\Desktop\Power plant-low tide.prd

Using subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

Start of session: 10/01/2010--15:11:06

****

SUMMARY OF INPUT DATA:

AMBIENT PARAMETERS:

Cross-section		= unbounded
Average depth	HA	= 7.7 m
Depth at discharge	HD	= 7.7 m
Ambient velocity	UA	= 0.3 m/s
Darcy-Weisbach friction factor	F	= 0.0159
Calculated from Manning's n		= 0.02
Wind velocity	UW	= 2 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/m^3

  Bottom density                     RHOAB  = 999.1011 kg/m^3

-----------------------------------------------------------------------------

DISCHARGE PARAMETERS:            Surface Discharge

  Discharge located on                     = right bank/shoreline

  Discharge configuration                  = flush discharge

  Distance from bank to outlet    DISTB  = 0 m

  Discharge angle                    SIGMA = 90 deg

  Depth near discharge outlet        HD0    = 3.7 m

  Bottom slope at discharge          SLOPE  = 30 deg

  Rectangular discharge:

    Discharge cross-section area  A0       = 19.800000 m^2

    Discharge channel width       B0       = 9 m

    Discharge channel depth       H0       = 2.2 m

    Discharge aspect ratio        AR       = 0.244444

  Discharge flowrate              Q0       = 25 m^3/s

  Discharge velocity              U0       = 1.26 m/s

  Discharge temperature (freshwater)       = 26 degC

  Corresponding density           RHO0   = 996.7843 kg/m^3

  Density difference              DRHO  = 2.3168 kg/m^3

  Buoyant acceleration            GP0    = 0.0227 m/s^2

  Discharge concentration         C0     = 11 deg.C

  Surface heat exchange coeff.    KS     = 0 m/s

  Coefficient of decay            KD     = 0 /s

-----------------------------------------------------------------------------

DISCHARGE/ENVIRONMENT LENGTH SCALES:

  LQ  = 4.45 m        Lm  = 18.73 m        Lbb = 21.06 m

  LM  = 17.66 m
```

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS:

Densimetric Froude number FR0 = 3.97 (based on LQ)

Channel densimetric Froude no. FRCH = 5.65 (based on H0)

Velocity ratio R = 4.21

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

Toxic discharge = no

Water quality standard specified = yes

Water quality standard CSTD = 3 deg.C

Regulatory mixing zone = yes

Regulatory mixing zone specification = distance

Regulatory mixing zone value = 300 m (m^2 if area)

Region of interest = 1000 m

****

HYDRODYNAMIC CLASSIFICATION:

| FLOW CLASS = SA1 |

****

MIXING ZONE EVALUATION (hydrodynamic and regulatory summary):

X-Y-Z Coordinate system:

Origin is located at water surface and at centerline of discharge channel:

0 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 = 1.9661 deg.C
Dilution at edge of NFR	s = 5.6
NFR Location:	x = 938.03 m
(centerline coordinates)	y = 294.58 m
	z = 0 m
NFR plume dimensions:	half-width (bh) = 141.35 m
	thickness (bv) = 1.32 m
Cumulative travel time:	2512.5281 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.

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 **********

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

Pollutant concentration c = 2.783759 deg.C

Corresponding dilution s = 4.0

Plume location: x = 300.00 m

(centerline coordinates) y = 183.48 m

z = 0 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 70.95 m

thickness (bv) = 1.77 m

Cumulative travel time < 2512.5281 sec. (RMZ is within NFR)

At this position, the plume is NOT IN CONTACT with any bank.

Furthermore, the specified water quality standard has indeed been met within the RMZ. In particular:

The ambient water quality standard was encountered at the following plume position:

Water quality standard = 3 deg.C

Corresponding dilution s = 3.7

Plume location: x = 213.59 m

(centerline coordinates) y = 157.51 m

z = 0 m

Plume dimensions: half-width (bh) = 58.32 m

thickness (bv) = 1.98 m

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 **********

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.

CORMIX3 PREDICTION FILE:

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333

CORMIX MIXING ZONE EXPERT SYSTEM

Subsystem CORMIX3: Buoyant Surface Discharges

CORMIX Version 6.0GTS

HYDRO3 Version 6.0.0.0 October 2009

CASE DESCRIPTION

Site name/label:

Design case: Power Plant-Low tide

FILE NAME: C:\...d Settings\katerina\Desktop\Power plant-low tide.prd

Time stamp: Fri Oct 1 15:11:06 2010

ENVIRONMENT PARAMETERS (metric units)

Unbounded section

HA = 7.70 HD = 7.70

UA = 0.300 F = 0.016 USTAR =0.1338E-01

UW = 2.000 UWSTAR=0.2198E-02

Uniform density environment

STRCND= U RHOAM = 999.1011

DISCHARGE PARAMETERS (metric units)

BANK = RIGHT DISTB = 0.00 Configuration: flush_discharge

SIGMA = 90.00 HDO = 3.70 SLOPE = 30.00 deg.

Rectangular channel geometry:

B0 = 9.000 H0 = 2.200 A0 =0.1980E+02 AR = 0.244

U0 = 1.263 Q0 = 25.000 =0.2500E+02

```
RHO0  =  996.7843      DRHO0 =0.2317E+01   GP0   =0.2274E-01
C0    =0.1100E+02      CUNITS=  deg.C
IPOLL =  1             KS    =0.0000E+00       KD    =0.0000E+00

FLUX VARIABLES (metric units)
Q0    =0.2500E+02  M0    =0.3157E+02  J0    =0.5685E+00
Associated length scales (meters)
LQ    =     4.45  LM    =    17.66  Lm    =    18.73  Lb    =    21.06

NON-DIMENSIONAL PARAMETERS
FR0   =     3.97  FRCH  =     5.65  R     =     4.21

FLOW CLASSIFICATION
3333333333333333333333333333333333333333333
3  Flow class (CORMIX3)     =    SA1    3
3  Applicable layer depth HS =     7.70  3
3333333333333333333333333333333333333333333

MIXING ZONE / TOXIC DILUTION / REGION OF INTEREST PARAMETERS
C0    =0.1100E+02  CUNITS=  deg.C
NTOX  =  0
NSTD  =  1        CSTD  =0.3000E+01
REGMZ =  1
REGSPC=  1        XREG  =    300.00    WREG  =     0.00        AREG  =     0.00
XINT  =   1000.00  XMAX  =   1000.00

X-Y-Z COORDINATE SYSTEM:
   ORIGIN is located at the WATER SURFACE and at center of discharge
```

channel/outlet: 0.00 m from the RIGHT bank/shore.

X-axis points downstream

Y-axis points to left as seen by an observer looking downstream

Z-axis points vertically upward (in CORMIX3, all values Z = 0.00)

NSTEP = 20 display intervals per module

BEGIN MOD301: DISCHARGE MODULE

Efflux conditions:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.110E+02	2.20	4.50	.00000E+00

END OF MOD301: DISCHARGE MODULE

BEGIN MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.00	0.00	0.00	1.0	0.110E+02	2.20	4.50	.00000E+00

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

Control volume outflow: SIGMAE= 70.67

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.67	27.26	0.00	1.0	0.110E+02	2.09	7.48	.21597E+02

Cumulative travel time = 21.5974 sec

END OF MOD302: ZONE OF FLOW ESTABLISHMENT

BEGIN CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

Surface jet in deep crossflow with shoreline-attachment.

Profile definitions:

BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness

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

S = hydrodynamic centerline dilution

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

TT = Cumulative travel time

X	Y	Z	S	C	BV	BH	TT
0.67	27.26	0.00	1.0	0.110E+02	2.09	7.48	.21597E+02
32.17	69.03	0.00	2.6	0.426E+01	3.39	21.56	.10856E+03
72.68	97.26	0.00	3.0	0.365E+01	2.80	32.32	.21587E+03
116.63	119.89	0.00	3.3	0.336E+01	2.42	41.61	.33026E+03
162.21	139.08	0.00	3.5	0.317E+01	2.17	49.92	.44817E+03
208.72	155.87	0.00	3.6	0.301E+01	1.99	57.56	.56843E+03

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

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard

or CCC value of 0.300E+01 in the current prediction interval.

This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality

standard or CCC value.

255.85	170.86	0.00	3.8	0.289E+01	1.86	64.69	.69049E+03

** REGULATORY MIXING ZONE BOUNDARY is within the Near-Field Region **

In this prediction interval the plume DOWNSTREAM distance meets or exceeds

the regulatory value = 300.00 m.

This is the extent of the REGULATORY MIXING ZONE.

303.40	184.41	0.00	4.0	0.278E+01	1.77	71.42	.81405E+03
351.28	196.79	0.00	4.1	0.268E+01	1.69	77.84	.93893E+03
399.40	208.19	0.00	4.2	0.259E+01	1.63	83.99	.10650E+04
447.72	218.75	0.00	4.4	0.251E+01	1.57	89.92	.11921E+04
497.92	228.90	0.00	4.5	0.243E+01	1.53	95.85	.13248E+04
546.52	238.05	0.00	4.7	0.237E+01	1.49	101.41	.14538E+04
595.23	246.63	0.00	4.8	0.230E+01	1.46	106.81	.15837E+04
644.02	254.69	0.00	4.9	0.224E+01	1.43	112.07	.17144E+04
692.89	262.29	0.00	5.0	0.219E+01	1.41	117.21	.18458E+04
741.82	269.47	0.00	5.1	0.214E+01	1.39	122.23	.19779E+04
790.80	276.25	0.00	5.3	0.209E+01	1.37	127.15	.21107E+04
839.84	282.68	0.00	5.4	0.205E+01	1.35	131.97	.22441E+04
888.91	288.78	0.00	5.5	0.201E+01	1.33	136.71	.23780E+04
938.03	294.58	0.00	5.6	0.197E+01	1.32	141.35	.25125E+04

Cumulative travel time = 2512.5281 sec

END OF CORSURF (MOD310): BUOYANT SURFACE JET - NEAR-FIELD REGION

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

The initial plume WIDTH/THICKNESS VALUE in the next far-field module will be

CORRECTED by a factor 1.12 to conserve the mass flux in the far-field!

BEGIN MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

BV = top-hat thickness,measured vertically

BH = top-hat half-width, measured horizontally from bank/shoreline

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	TT
938.03	294.58	0.00	5.6	0.197E+01	1.47	158.19	.25125E+04
941.13	294.58	0.00	5.6	0.196E+01	1.47	159.47	.25229E+04
944.22	294.58	0.00	5.6	0.196E+01	1.46	160.76	.25332E+04
947.32	294.58	0.00	5.6	0.195E+01	1.45	162.03	.25435E+04
950.42	294.58	0.00	5.6	0.195E+01	1.44	163.31	.25538E+04
953.52	294.58	0.00	5.7	0.195E+01	1.43	164.57	.25642E+04
956.62	294.58	0.00	5.7	0.194E+01	1.42	165.83	.25745E+04
959.72	294.58	0.00	5.7	0.194E+01	1.42	167.09	.25848E+04
962.82	294.58	0.00	5.7	0.193E+01	1.41	168.34	.25952E+04
965.91	294.58	0.00	5.7	0.193E+01	1.40	169.58	.26055E+04
969.01	294.58	0.00	5.7	0.193E+01	1.39	170.82	.26158E+04

972.11	294.58	0.00	5.7	0.192E+01	1.39	172.06	.26261E+04
975.21	294.58	0.00	5.7	0.192E+01	1.38	173.29	.26365E+04
978.31	294.58	0.00	5.7	0.191E+01	1.37	174.51	.26468E+04
981.41	294.58	0.00	5.8	0.191E+01	1.37	175.73	.26571E+04
984.51	294.58	0.00	5.8	0.191E+01	1.36	176.95	.26675E+04
987.61	294.58	0.00	5.8	0.190E+01	1.35	178.16	.26778E+04
990.70	294.58	0.00	5.8	0.190E+01	1.35	179.36	.26881E+04
993.80	294.58	0.00	5.8	0.190E+01	1.34	180.56	.26984E+04
996.90	294.58	0.00	5.8	0.189E+01	1.33	181.76	.27088E+04
1000.00	294.58	0.00	5.8	0.189E+01	1.33	182.95	.27191E+04

Cumulative travel time = 2719.1057 sec

Simulation limit based on maximum specified distance = 1000.00 m.

This is the REGION OF INTEREST limitation.

END OF MOD341: BUOYANT AMBIENT SPREADING

CORMIX3: Buoyant Surface Discharges End of Prediction File

3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333