



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΜΠ535 – Παράκτια Μηχανική

Ανάμιξη αιωρημάτων και διαλυμάτων

ΑΝΑΜΙΞΗ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ



ΑΝΑΜΙΞΗ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

- Ανάμιξη και μεταφορά διαλυμένων και αιωρούμενων ουσιών έχουν μεγάλη σημασία στον παράκτιο χώρο γιατί:
 - η εκούσια διάθεση διαλυμάτων, πχ αστικών λυμάτων – άλμης, επιβαρύνει σημαντικά το παράκτιο περιβάλλον
 - σε ακτές με λεπτόκοκκα ιζήματα μέρος της στερεομεταφοράς γίνεται με μορφή αιωρημάτων.

Εκροή διαλύματος σε παράκτια περιοχή



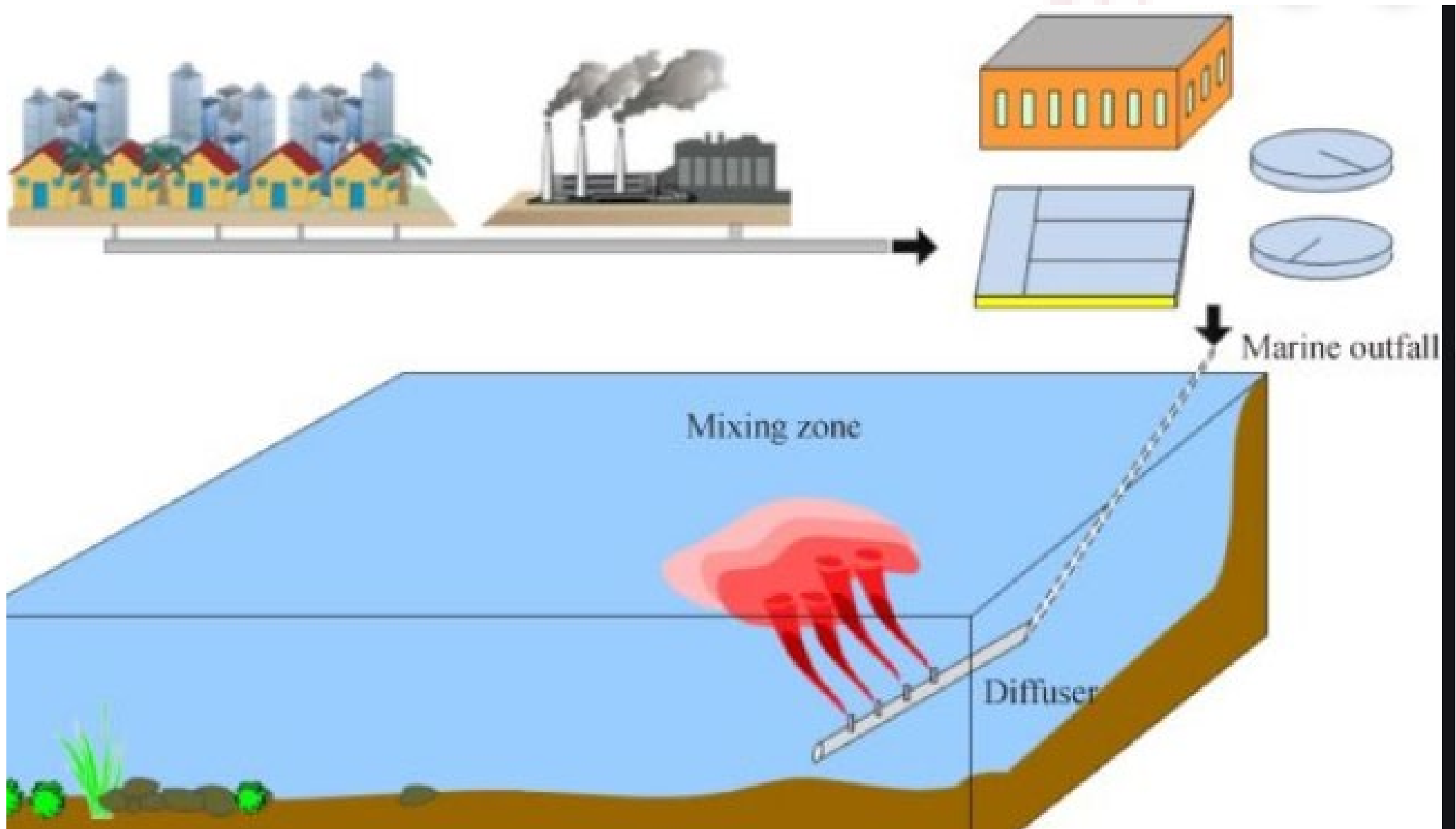
Εκροή νερού από ψύξη εγκατάστασης σε παράκτια περιοχή



Υποβρύχια εκροή ενός σημείου



Υποβρύχια εκροή με διαχυτή



Διαχυτές



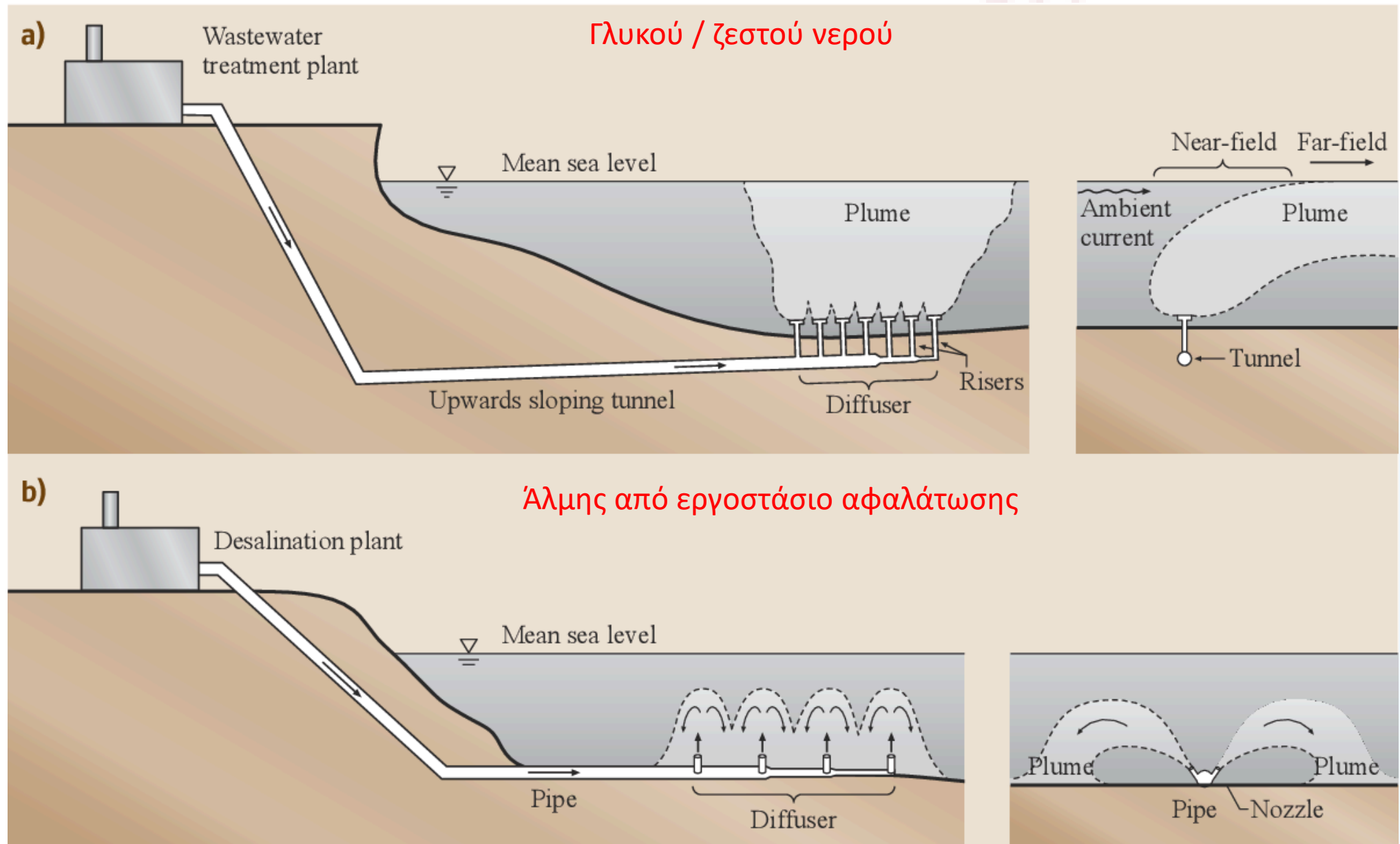
Διαχυτές



Διαχυτές



Διάχυση ρύπου διαφορετικής πυκνότητας



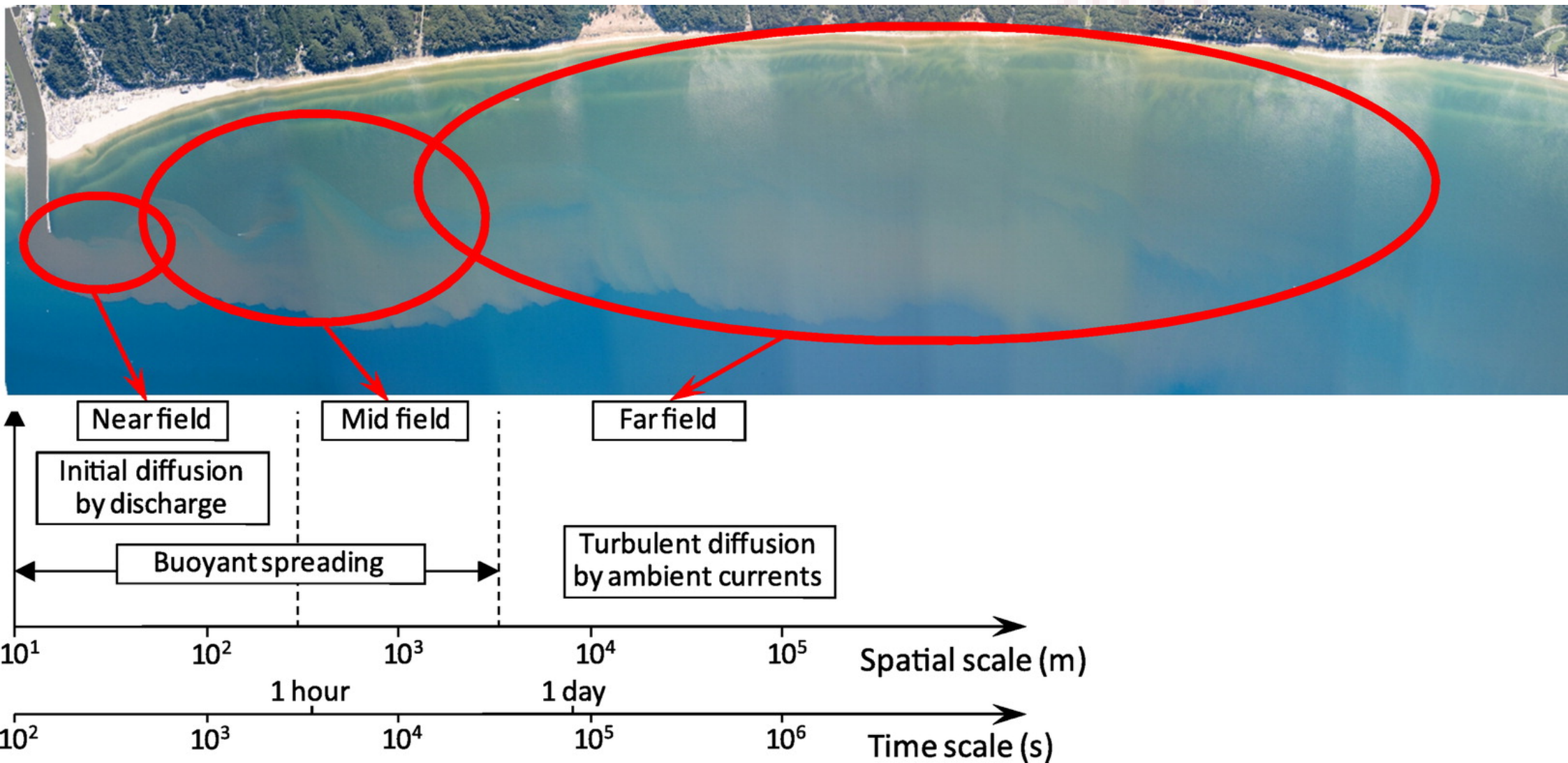
Ο ρόλος του σχεδιασμού

- Το μηχανικό πρόβλημα στη διάχυση ρύπων σε υδάτινους αποδέκτες, είναι η επίτευξη της εκροής με τέτοιο τρόπο ώστε να πληρούνται τα όρια συγκεντρώσεων του ρύπου που θέτει η νομοθεσία ή οι περιβαλλοντικοί όροι.
- Δεύτερο μηχανικό πρόβλημα είναι η επίτευξη της εκροής με τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι επικαθίσεις εντός του δικτύου σωλήνων, ή με την ελάχιστη απώλεια ενέργειας.

Οι τρεις φάσεις στην εκροή

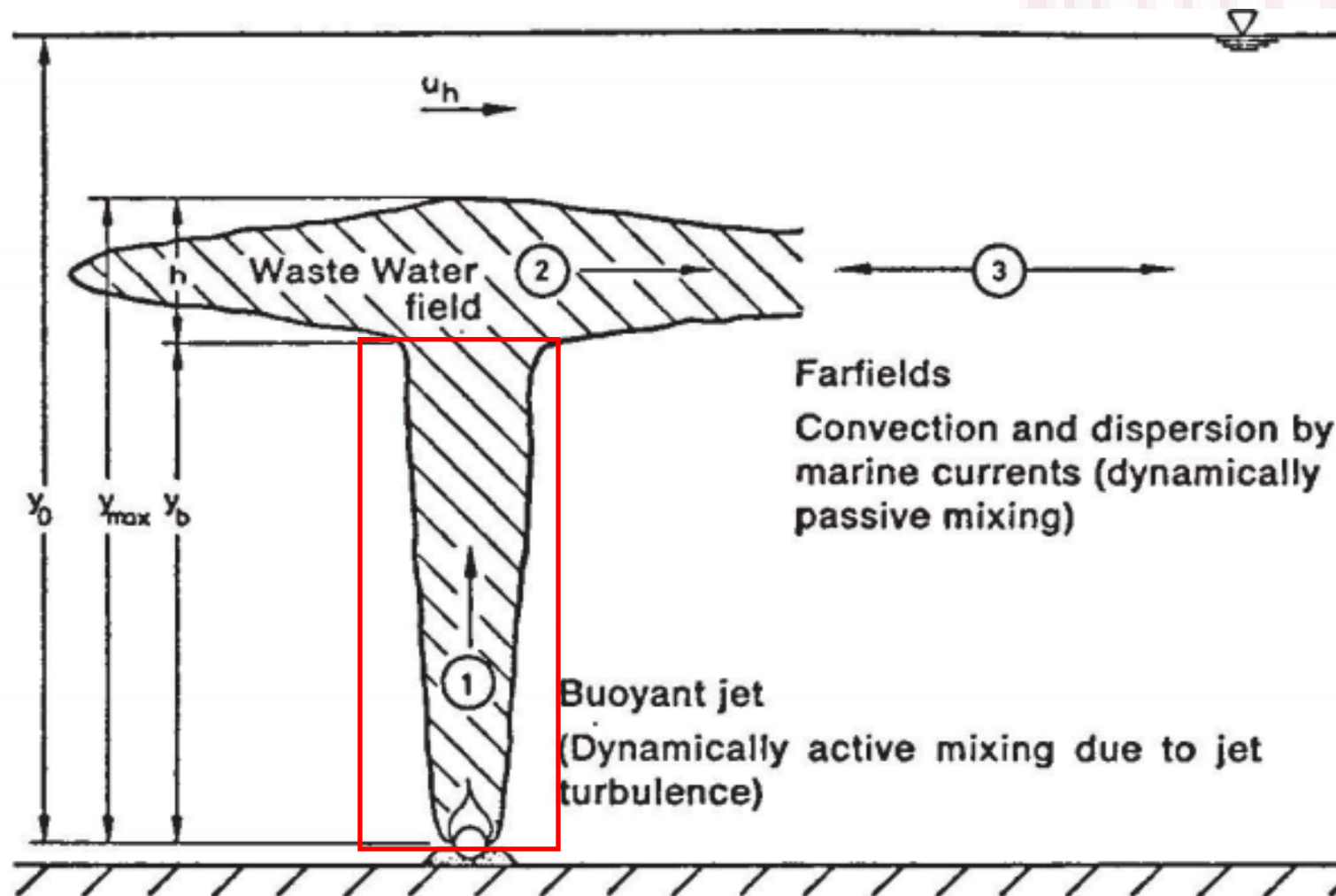
- Η εκροή διακρίνεται σε τρεις διαδοχικές φάσεις που χαρακτηρίζονται από διαφορετική ένταση ανάμιξης και την αύξηση των διαστάσεων στο χώρο και στο χρόνο που πραγματοποιείται η ανάμιξη:
 - Περιοχή κοντινής ανάμιξης
 - Ενδιάμεση περιοχή
 - Περιοχή μακρινής ανάμιξης

Οι τρεις φάσεις στην εκροή



Οι τρεις φάσεις στην εκροή

- **Περιοχή κοντινής ανάμιξης (near field):**
- Κατά την έξοδο της, η εκροή διαθέτει κινητική ενέργεια από την ταχύτητα εξόδου, καθώς και δυναμική ενέργεια από τη διαφορά πυκνότητας της εκροής και του θαλασσινού νερού.

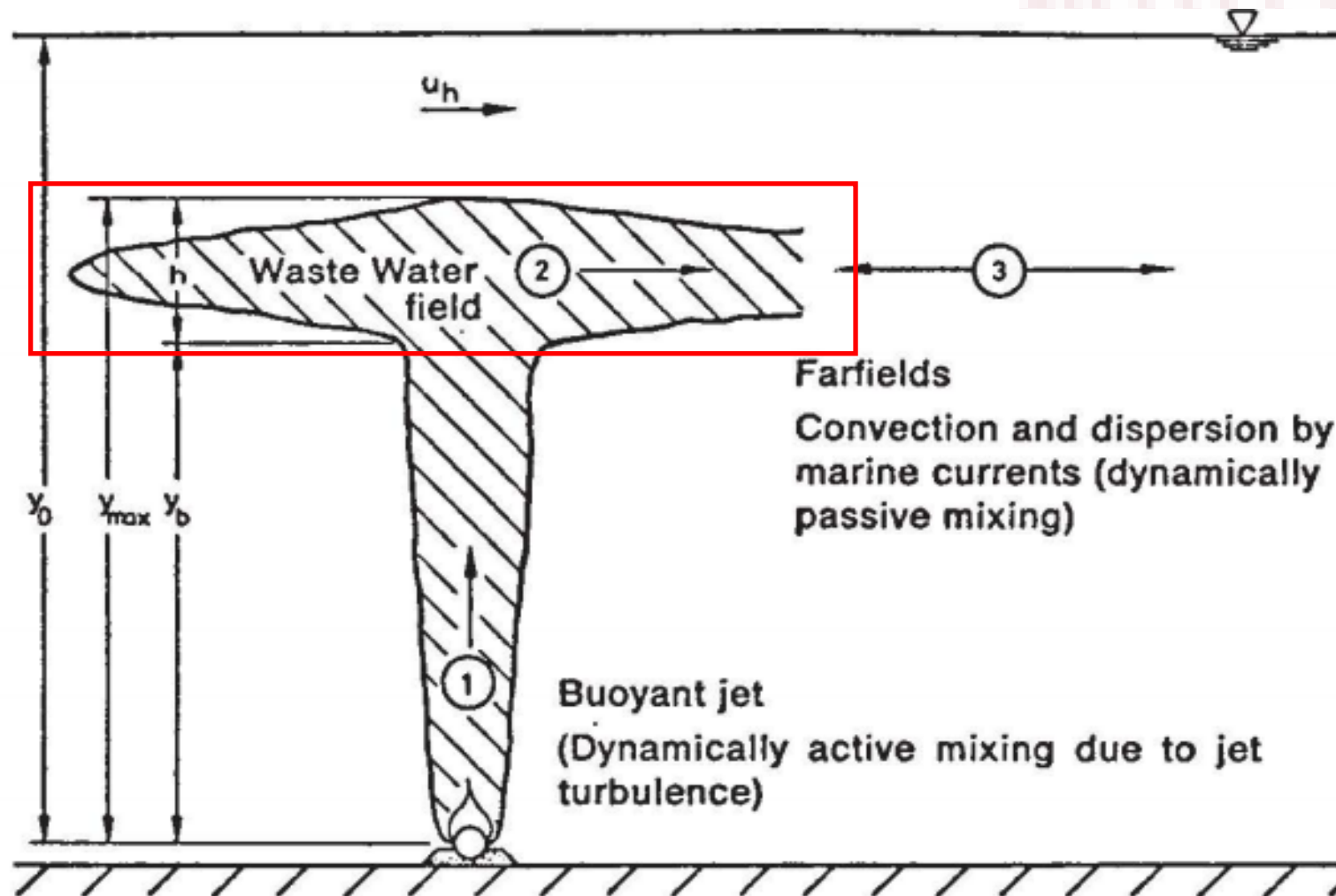


Οι τρεις φάσεις στην εκροή

- **Περιοχή κοντινής ανάμιξης (near field):**
- Στην περιοχή αυτή, η ορμή και άνωση κυριαρχούν καθώς ρευστό κινείται με μεγάλη ταχύτητα σε σχέση με το περιβάλλον. Λόγω ταχύτητας **δημιουργείται τύρβη** που παράγει εγκάρσια ανάμιξη, καθώς υγρό από το περιβάλλον εισέρχεται στο ρευστό.
- Στην κοντινή περιοχή προκαλείται αυξημένη αραίωση
- Βασικός μηχανισμός διάλυση: τυρβώδης διάχυση

Οι τρεις φάσεις στην εκροή

- **Ενδιάμεση περιοχή:**
- Καθώς η ταχύτητα μειώνεται και η διάλυση αυξάνεται, η ορμή και η άνωση αρχίζουν να φθίνουν, ενώ οι δρώσες δυνάμεις του περιβάλλοντος έχουν αυξανούσα σημασία.

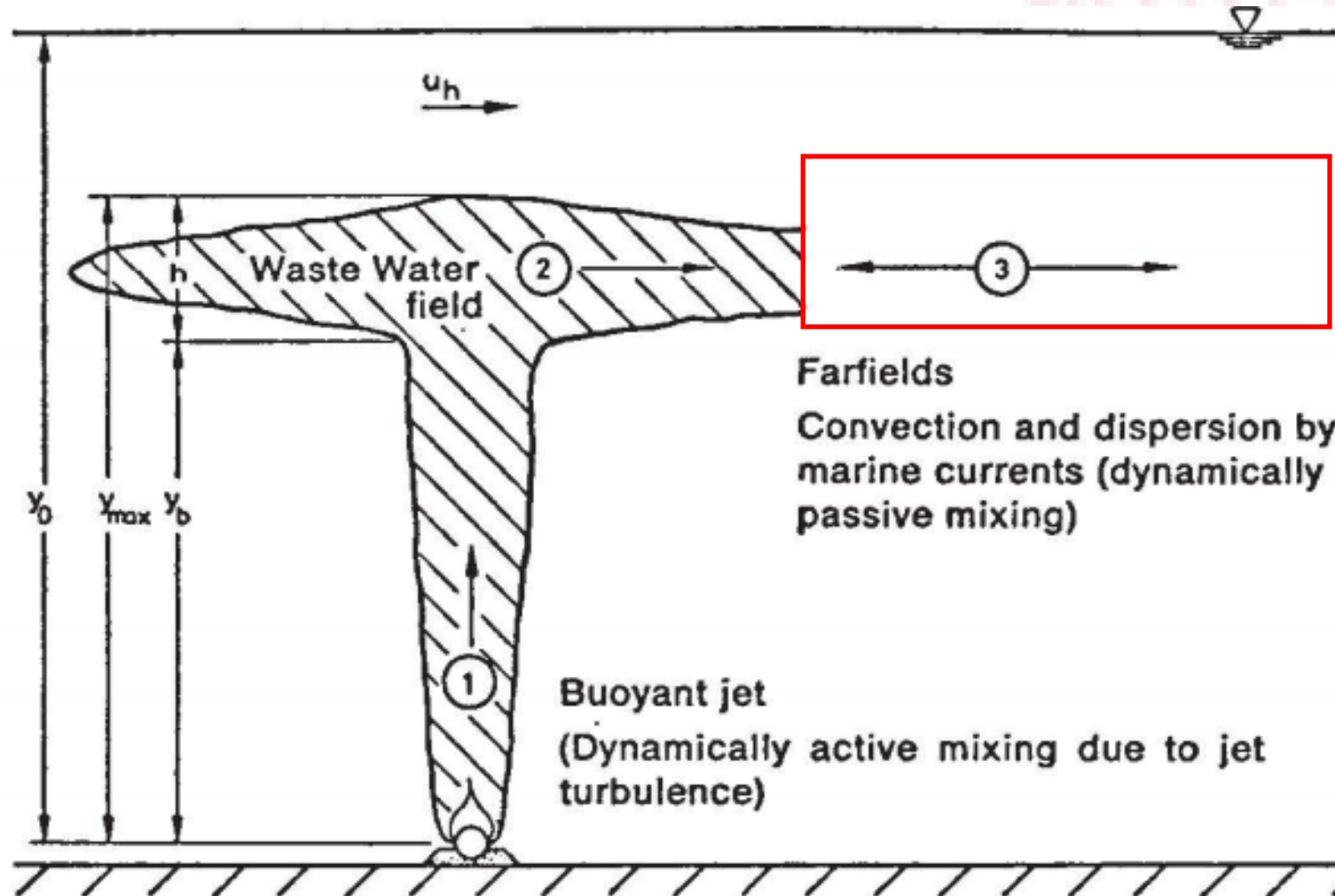


Οι τρεις φάσεις στην εκροή

- **Ενδιάμεση περιοχή :**
- Έτσι, τα αραιωμένα απόβλητα διασκορπίζονται οριζόντια - είτε στην επιφάνεια είτε σε άλλον στρώμα ανάλογα τη συσχέτιση της πυκνότητας της διαλυμένης εκροής με τη πυκνότητα περιβάλλοντος.
- Με την οριζόντια εξάπλωση του πλουμίου, αυτό τείνει να μειώνεται σε πάχος.

Οι τρεις φάσεις στην εκροή

- **Περιοχή μακρινής ανάμιξης (far field):**
- Στη περιοχή αυτή το πλούμιο έχει αποκτήσει σε μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος και συμπεριφέρεται όπως αυτό.



Οι τρεις φάσεις στην εκροή

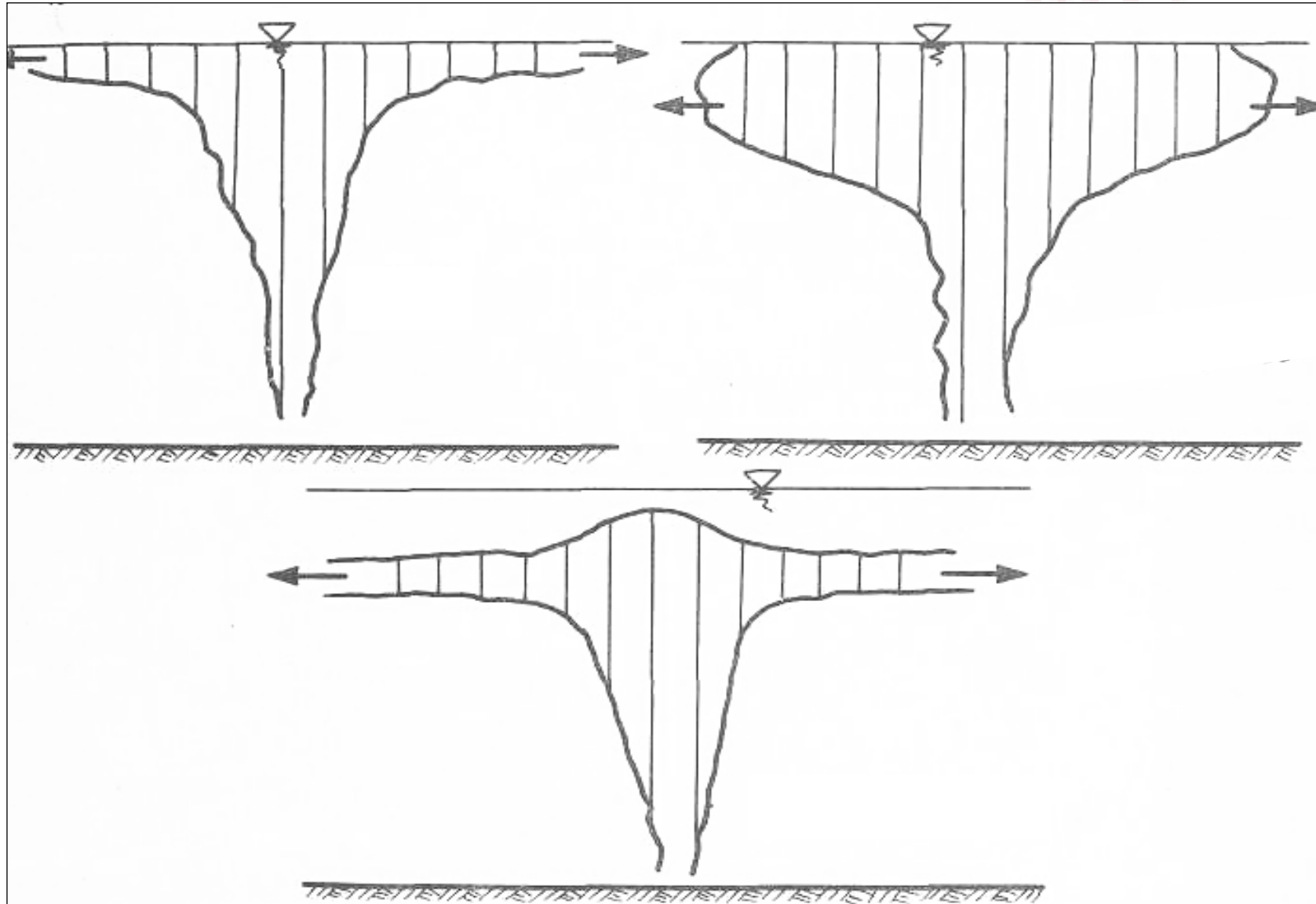
- **Περιοχή μακρινής ανάμιξης (far field):**
- Οι διαφορές θερμοκρασίας και πυκνότητας έχουν εξομαλυνθεί, η ταχύτητα είναι αυτή του περιβάλλοντος.
- Η ανάμιξη σε αυτό το στάδιο είναι πολύ μικρή.

Οι τρεις φάσεις στην εκροή

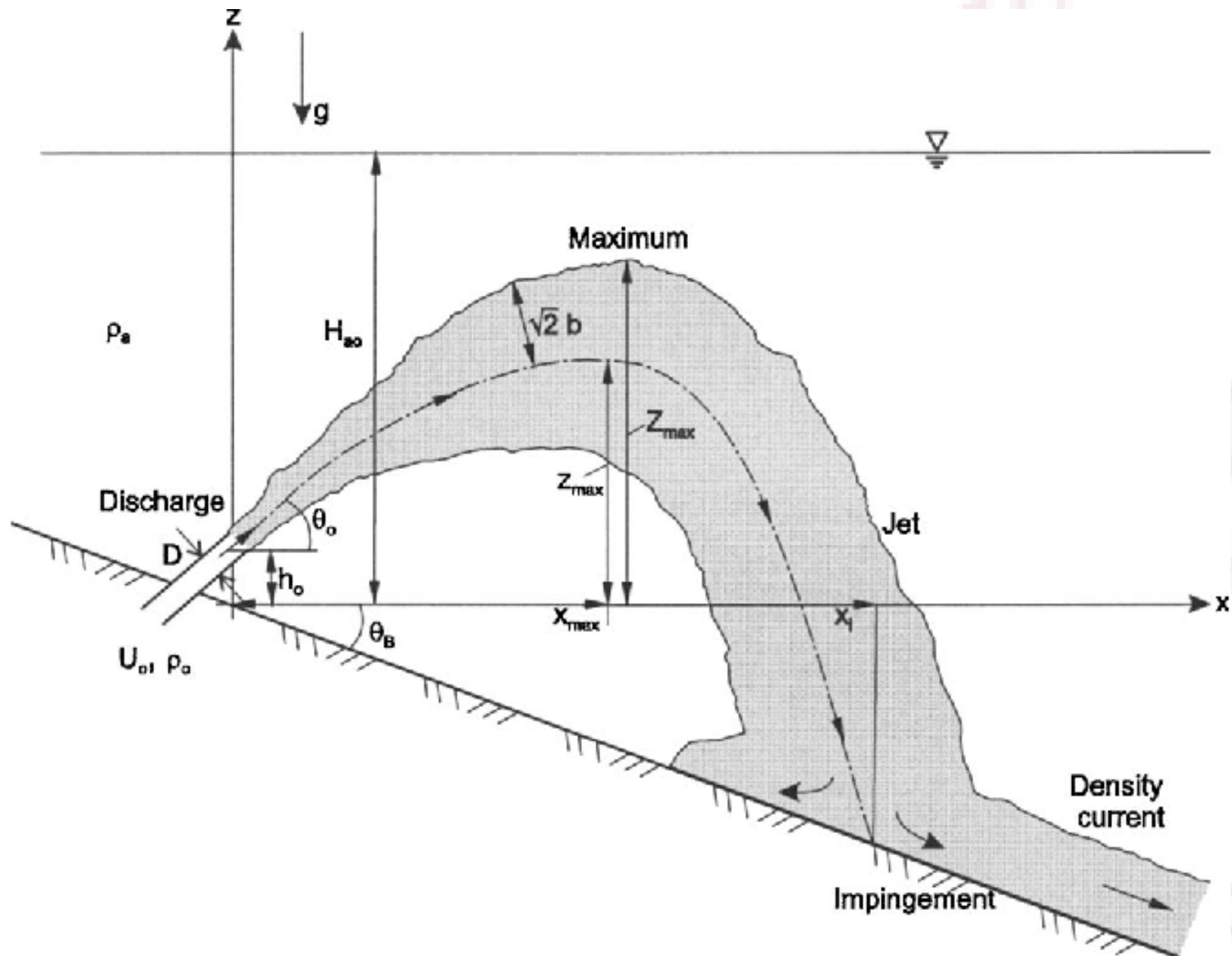
Κοντινή Περιοχή	Διάλυση λόγω τυρβώδους διάχυσης	-Χωρίς διαχυτήρα -Με διαχυτήρα	$S = 2$ έως 100^* 10 έως 1000^*
Ενδιάμεση περιοχή 1000m	Διάλυση από διασπορά		$S = 5$ έως 20
Μακρινή περιοχή	Διάλυση	μετά από 3h μετά από 6- 8h μετά από 10-15h	10 100 1000

S = λόγος διάλυσης

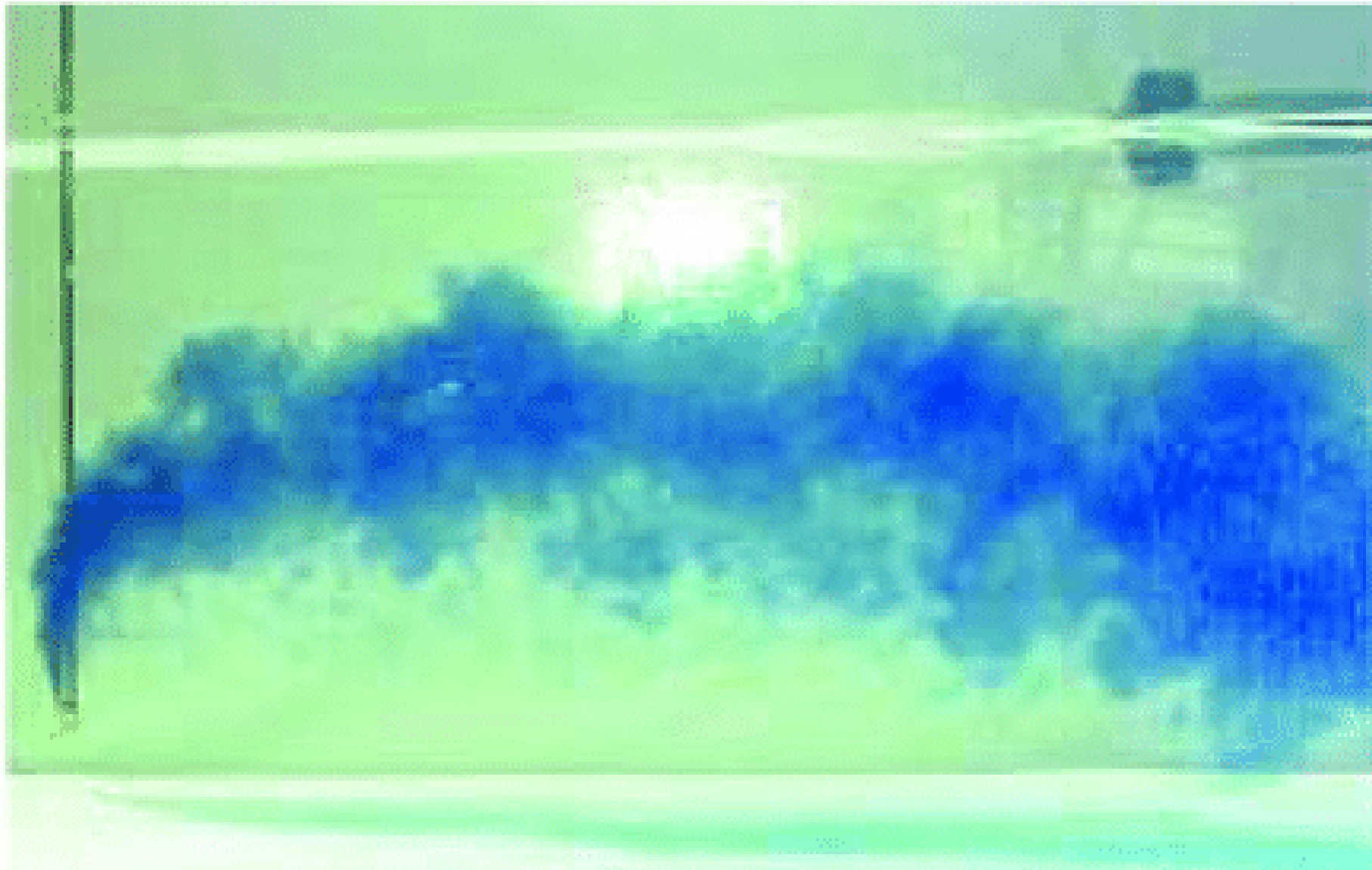
Σχηματισμός πλουμίων



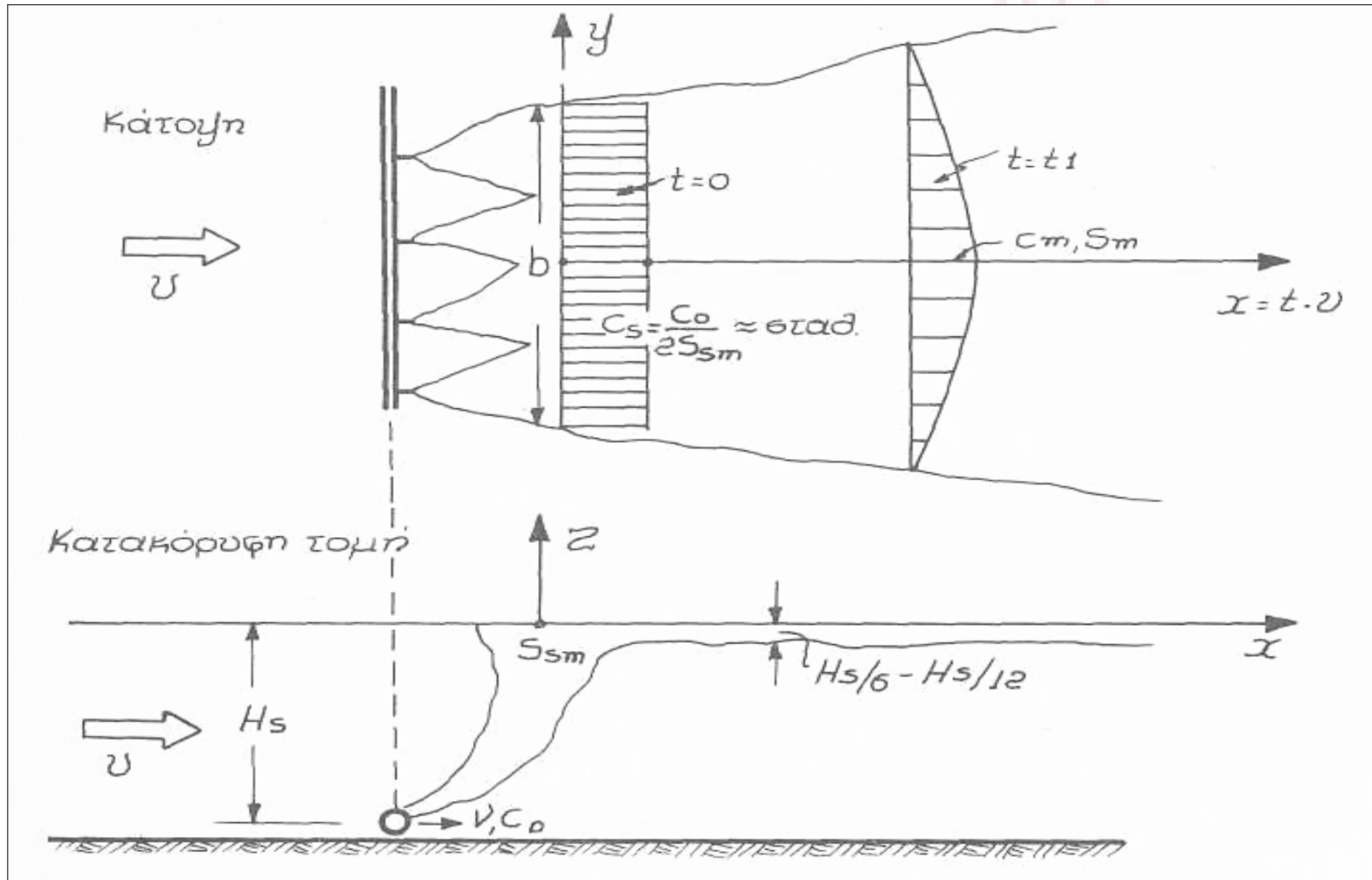
Σχηματισμός πλουμίων



Σχηματισμός πλουμίων



Σχηματισμός πλουμίων σε περιοχή με ρεύμα



Σημαντικά μεγέθη:

Διάλυση S: ορίζεται ως ο λόγος της αρχικής συγκεντρώσεως προς την τελική:

$$S = \frac{C_{\text{αρχική}}}{C_{\text{τελική}}}$$

Πυκνομετρικός αριθμός Froude

$$N_F = \frac{u_o}{\sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho_o} g D_o}}$$

όπου

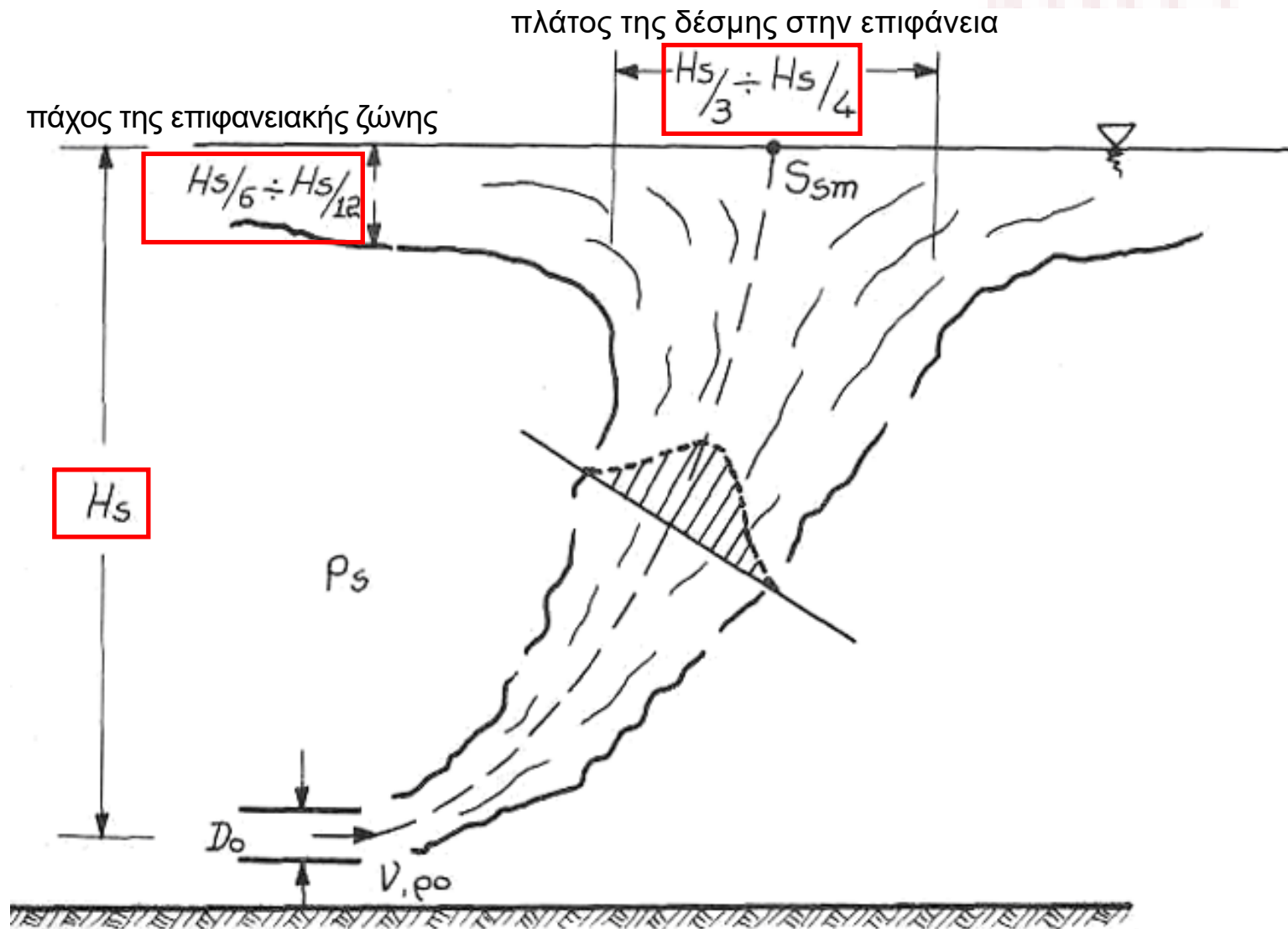
U_o είναι η ταχύτητα εκροής

D_o είναι η διάμετρος του αγωγού

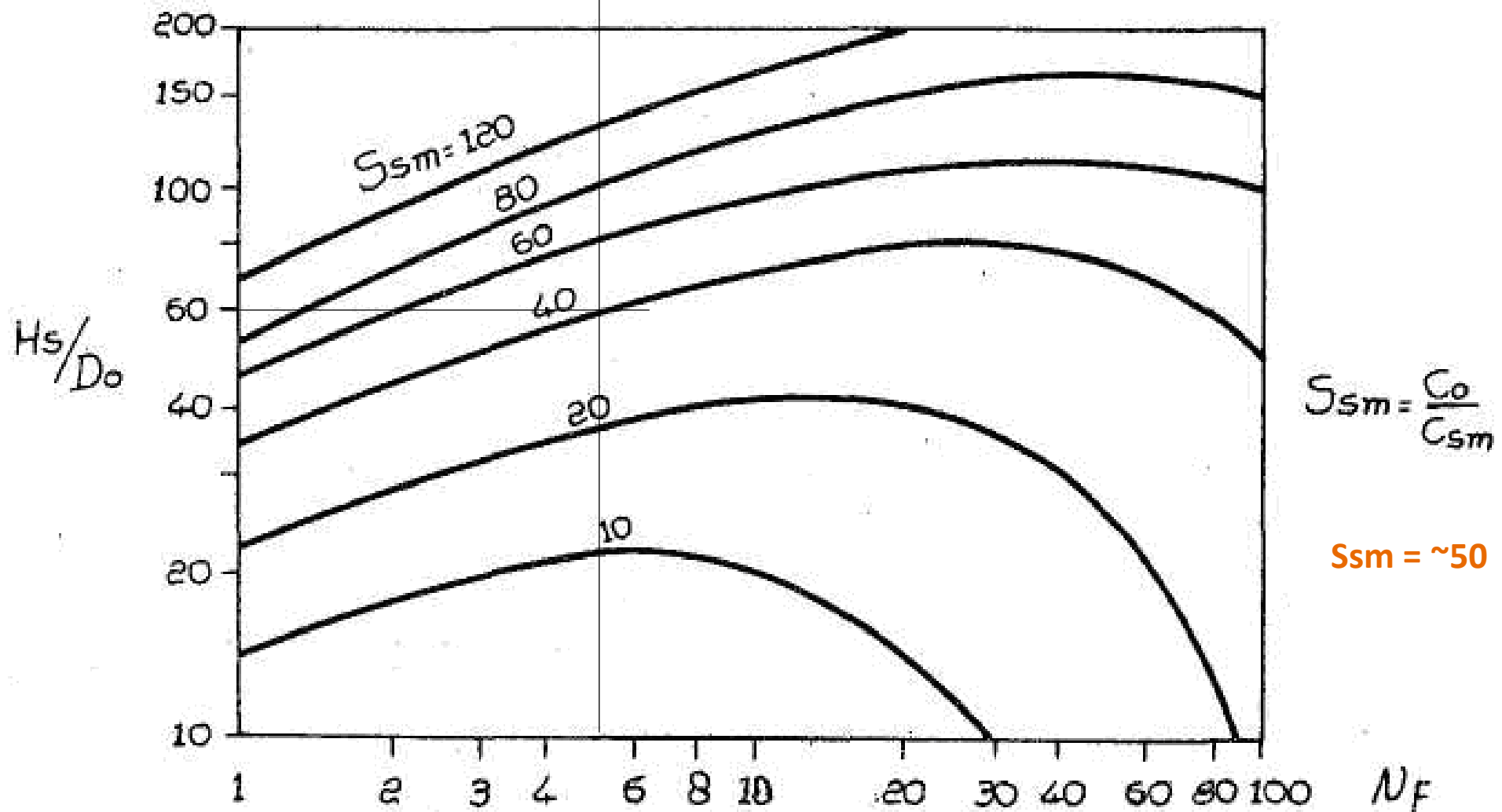
$\Delta\rho = \rho_s - \rho_o$ (διαφορά πυκνότητας περιβάλλοντος ρευστού (ρ_s) και λυμάτων (ρ_o)).

ΕΚΡΟΗ ΣΕ ΠΥΚΝΟΤΕΡΟ ΡΕΥΣΤΟ (πχ λύματα σε θαλασσινό νερό)

Σε περίπτωση οριζόντιας εκροής σε πυκνότερο ρευστό, πειραματική έρευνα οδήγησε στις προσεγγιστικές διαστάσεις της ανερχόμενης προς την επιφάνεια δέσμης:



Διάλυση ουσίας

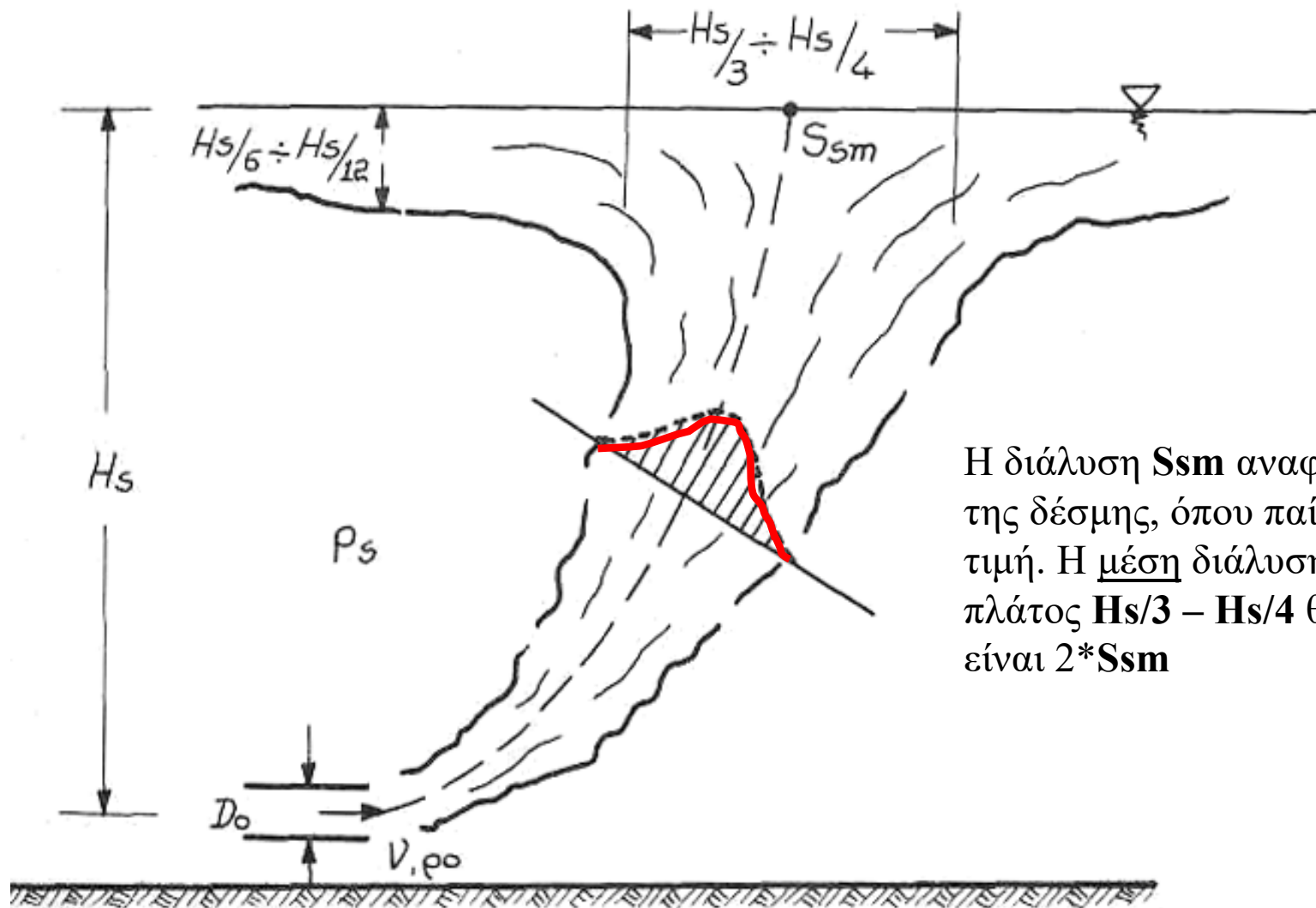


Νομογράφημα 1: απεικονίζει την αύξηση διαλύσεως της ουσίας, αυτή δίνεται σαν συνάρτηση του βάθους εκροής H_s της διαμέτρου του αγωγού D_o και του πυκνομετρικού αριθμού Froude

$$N_F = \frac{u_o}{\sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho_o} g D_o}}$$

ΕΚΡΟΗ ΣΕ ΠΥΚΝΟΤΕΡΟ ΡΕΥΣΤΟ (πχ λύματα σε θαλασσινό νερό)

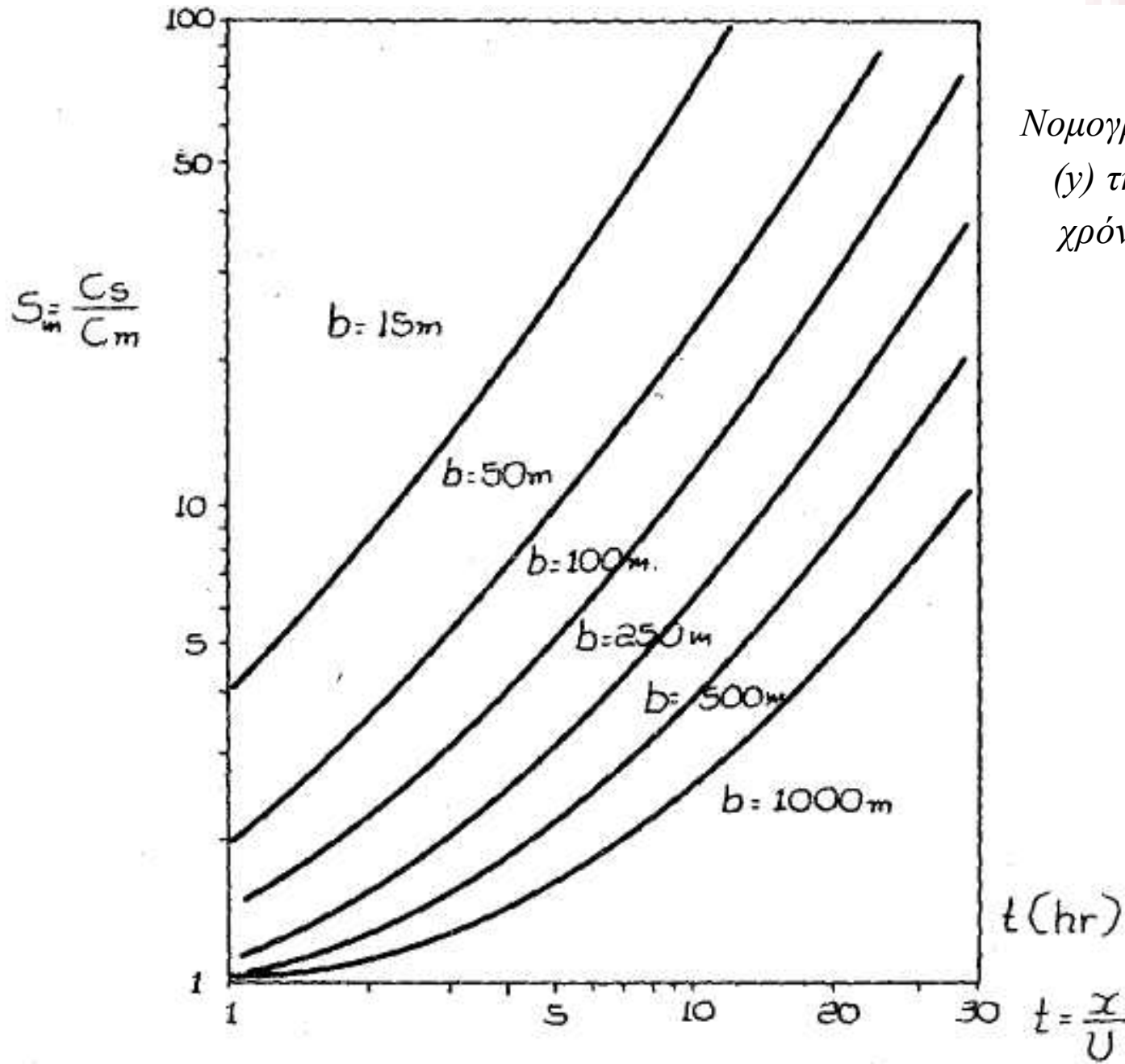
Μέση συγκέντρωση στην επιφάνεια:



Η διάλυση S_{sm} αναφέρεται στο μέσο της δέσμης, όπου παίρνει τη μέγιστη τιμή. Η μέση διάλυση σε όλο το πλάτος $H_s/3 - H_s/4$ θεωρείται ότι είναι $2 \cdot S_{sm}$

ΕΚΡΟΗ ΣΕ ΠΥΚΝΟΤΕΡΟ ΡΕΥΣΤΟ

Διάλυση επιφανειακού πλουμίου ανάλογα το πλάτος επιφάνειας και την ώρα

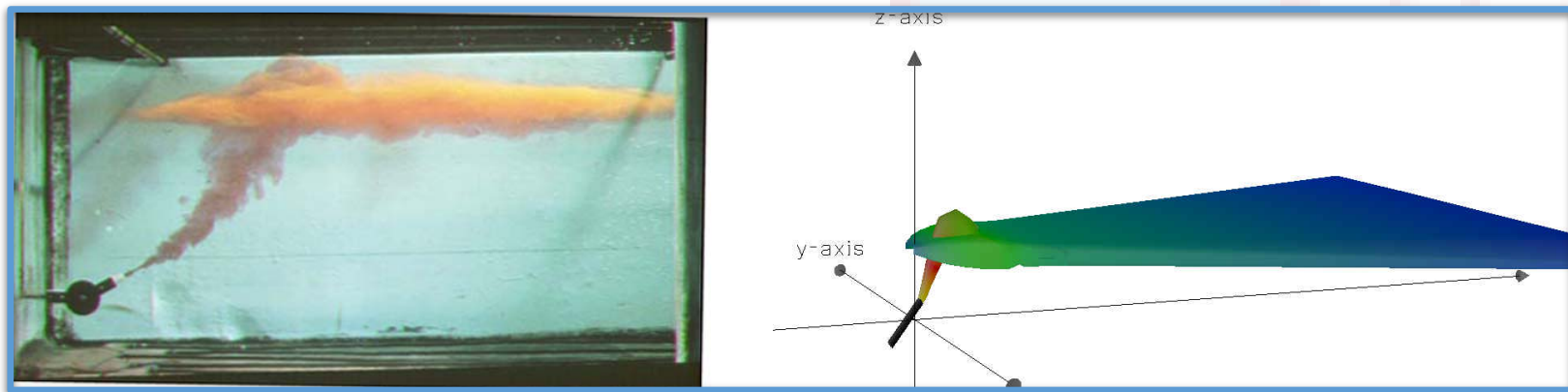


Νομογράφημα 2: Διάγραμμα διάλυσης (y) της ουσίας σε συνάρτηση με το χρόνο και το αρχικό επιφανειακό πλάτος του πλουμίου.

Προσομοίωση εκροής σε υδάτινο αποδέκτη

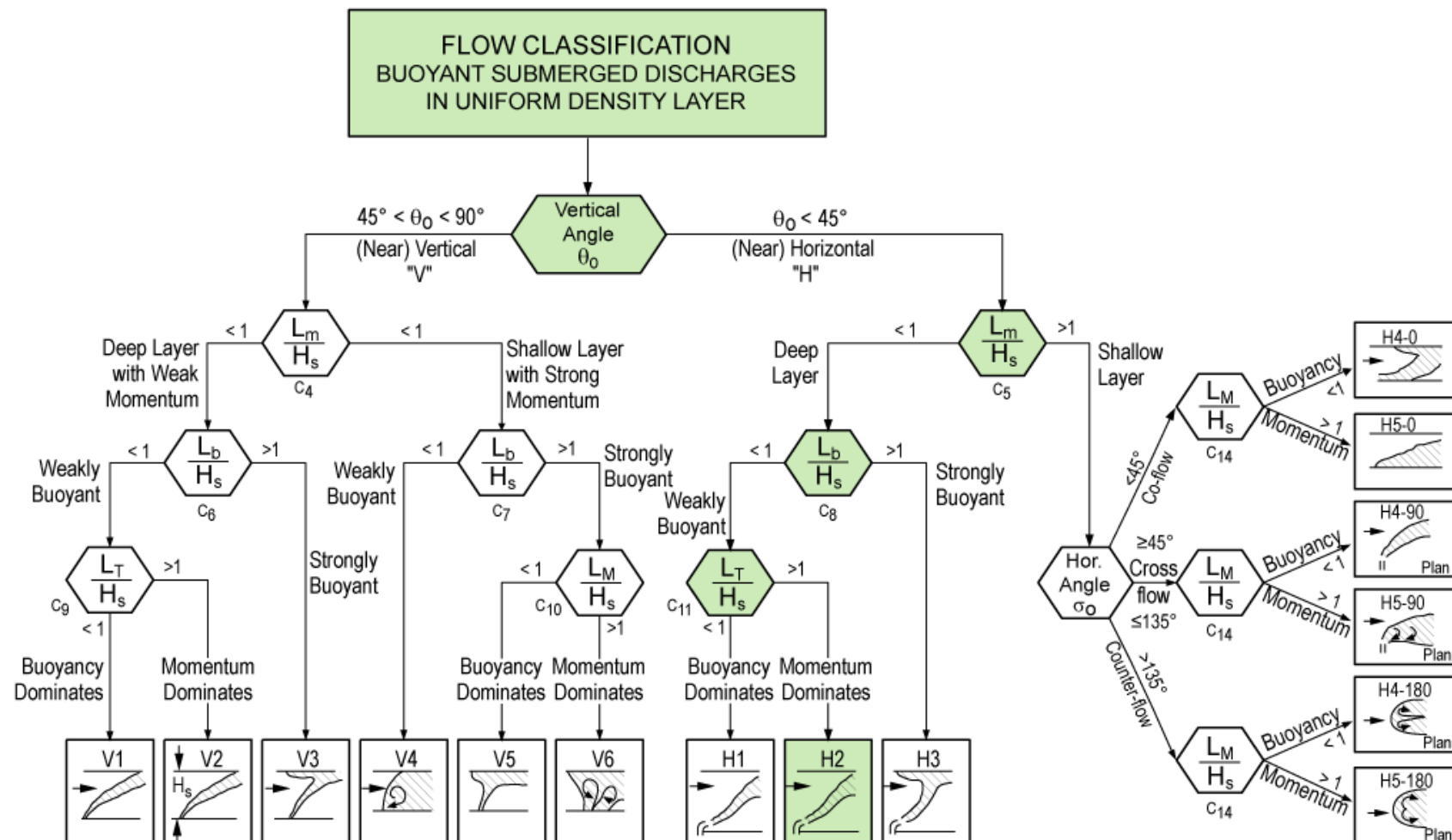
• Ένας γρήγορος τρόπος προσομοίωσης της εκροής είναι τα συστήματα πρόβλεψης, όπως το CORMIX που μπορεί να προβλέψει τη συμπεριφορά μίας απορροής σε έναν αποδέκτη.

- Το πρόγραμμα κατέχει μία βάση δεδομένων από πειράματα διάθεσης εκροής σε αποδέκτη, τα οποία έχουν εκτελεστεί υπό κλίμακα σε εργαστήριο.
- Το σύστημα λαμβάνει υπόψη τα δεδομένα που χαρακτηρίζουν το περιβάλλον της εκροής (π.χ. ποτάμι, λίμνη, θάλασσα) και τα δεδομένα της εκροής (π.χ. εκροή από επεξεργασμένο νερό ενός βιολογικού καθαρισμού).
- Έπειτα, ανατρέχει στην βάση και βρίσκει το πείραμα που αντιστοιχεί στα δεδομένα που του εισήχθησαν. Έτσι, υπολογίζει αναλογικά το αποτέλεσμα που θα δώσει η εκροή των δεδομένων μας.

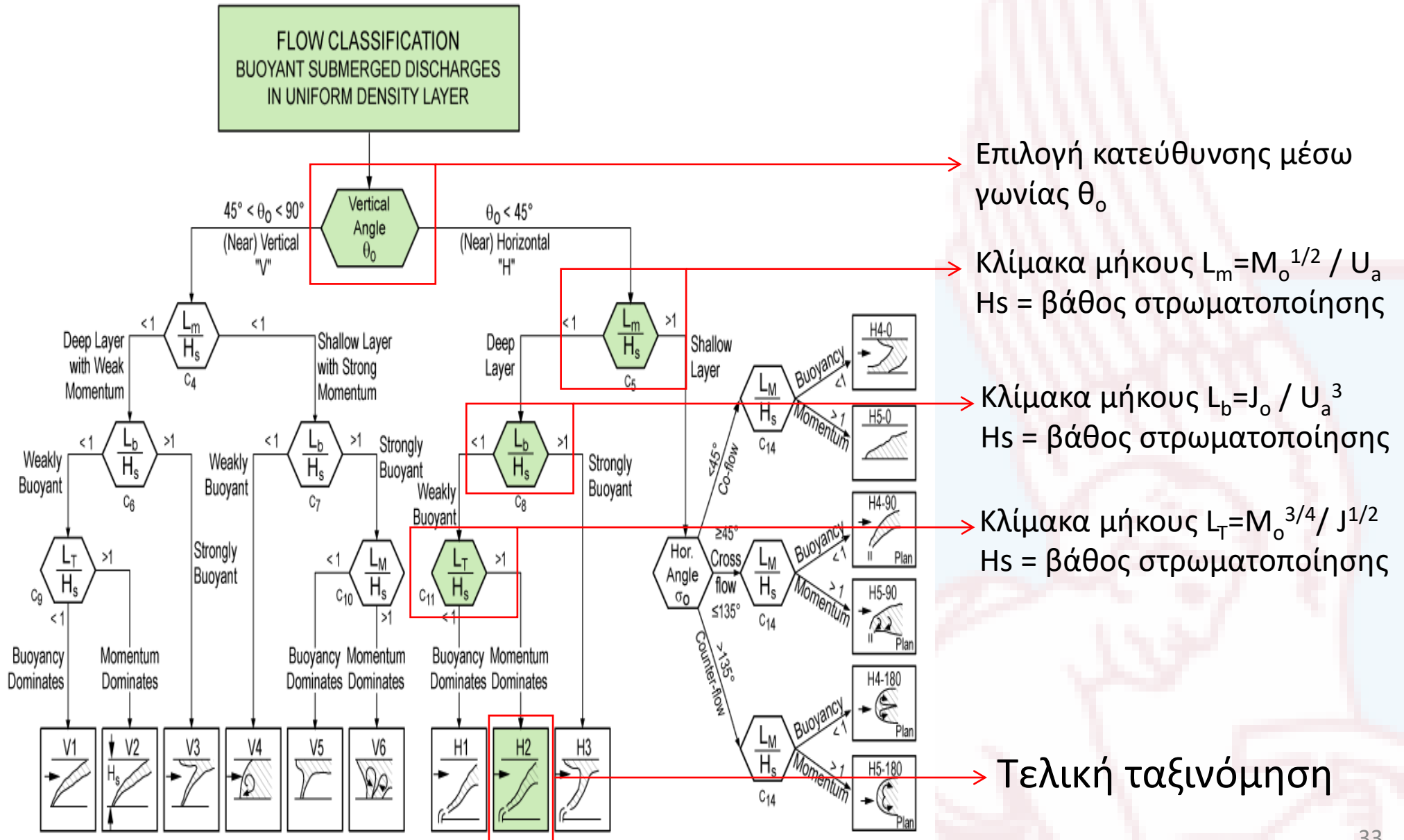


Εκροή από μία υποβρύχια έξοδο (Cormix 1)

- Το CORMIX υπολογίζει κάποιες παραμέτρους βάσει των δεδομένων εισόδου που του παρέχονται. Οι παράμετροι αυτές ονομάζονται «κλίμακες μήκους» (λόγω του ότι έχουν μονάδες μήκους). Η συσχέτιση μεταξύ των μηκών δίνει την ταξινόμηση της ροής μέσω μιας διαδικασίας δενδροειδούς ταξινόμησης.



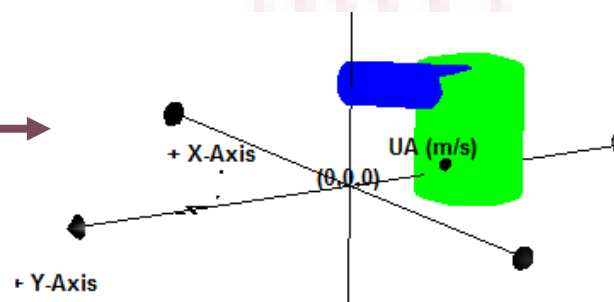
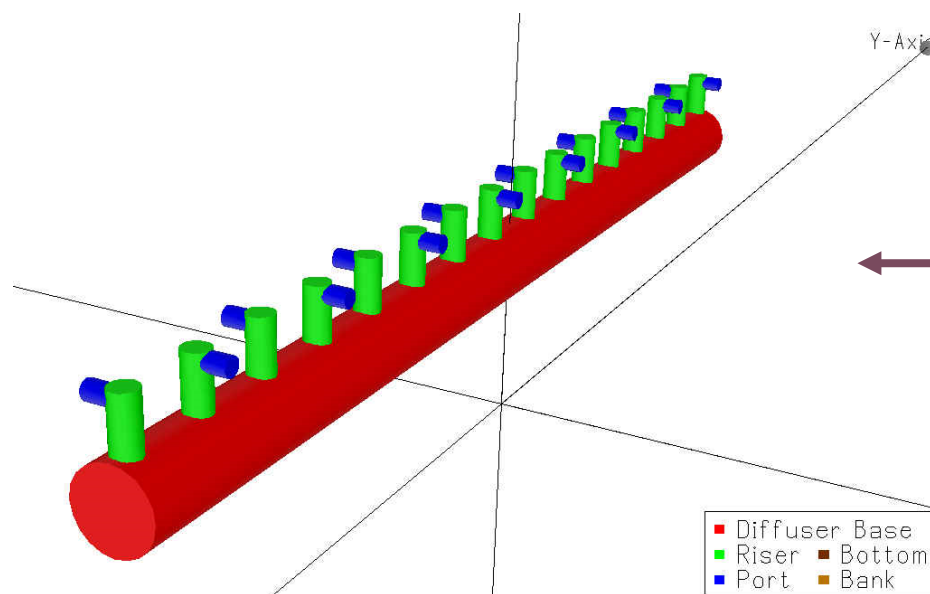
Εκροή από μία υποβρύχια έξοδο (Cormix 1)



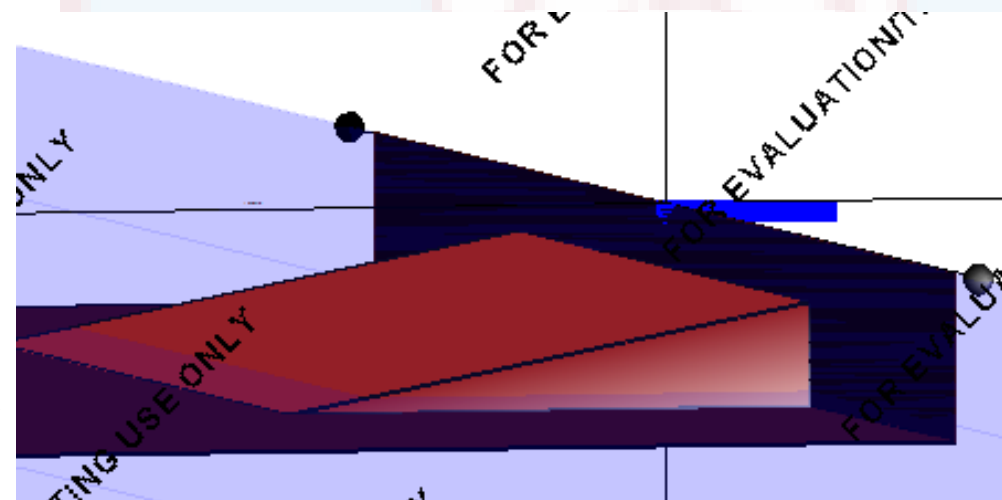
CORMIX 1-2-3

• Το πρόγραμμα έχει τρεις εκφάνσεις, ανάλογα τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εκροή:

• **CORMIX 1:** Υποβρύχια εκροή από μία έξοδο (single port discharge)



• **CORMIX 2:** Υποβρύχια εκροή από πολ-λαπλές εξόδους (multiple port discharge)



• **CORMIX 3:** Επιφανειακή εκροή (surface discharge)

Εφαρμογές του συστήματος CORMIX

- Το CORMIX είναι εφαρμόσιμο σε μια ευρεία σειρά προβλημάτων, από ένα απλό ενιαίο βυθισμένο σωλήνα σε μικρά ρεύματα με γρήγορη διαμήκη μίξη μέχρι περίπλοκες εγκαταστάσεις διαχυτήρων σε βαθιά στρωματοποιημένα παράκτια νερά.



Παραδείγματα διαχυτήρων: α) Μονού (CORMIX-1), β) πολλαπλών σημείων (CORMIX-2), γ) επιφανειακών πηγών (CORMIX-3) και δ) απόθεσης στερεών (DHYDRO)