

Προσομοίωση ροής στη λίμνη της Κάρλας με μεθόδους υπολογιστικής ρευστομηχανικής

Αικατερίνη Τσερδάνη ^[1], Αποστολία Κατσιούρα ^[1],
Ιωάννης Σαρρής ^[2, 3],
Θεόδωρος Καρακασίδης ^[3], Αντώνιος Λιακόπουλος ^[3]

^[1] ΠΜΣ Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

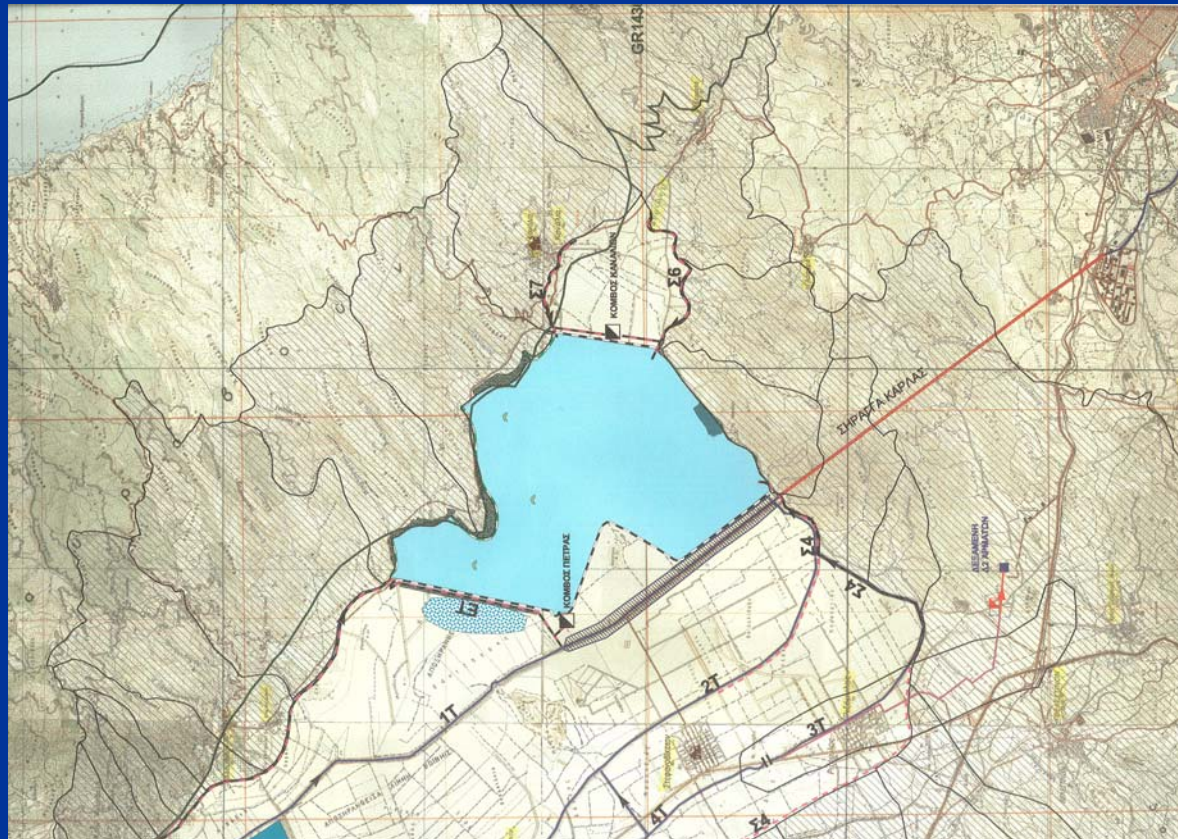
^[2] Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, email: sarris@uth.gr

^[3] Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Σύγχρονες τάσεις της έρευνας στην οικολογία"
Βόλος 9-11 Οκτωβρίου 2008

Αντικείμενο της εργασίας

- Εφαρμόζουμε μεθόδους της υπολογιστικής ρευστομηχανικής στην προσομοίωση ροής, και φαινομένων μεταφοράς νιτρικών, οξυγόνου κλπ παραγόντων στην υπό σύσταση λίμνη της Κάρλας.



Η λίμνη Κάρλα



- Η λίμνη Κάρλα ανήκει γεωγραφικά στην ανατολική Θεσσαλική πεδιάδα. Καταλαμβάνει την Ν.Α απόληξη της πεδιάδας του Ν. Λάρισας και εισέρχεται στο Ν.Μαγνησίας. Η περιοχή παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης με διάταξη από Β.Δ. προς Ν.Α. μήκους 35 χιλιομέτρων περίπου και πλάτους 9-14 χιλιομέτρων.
- Το εμβαδόν που καταλάμβανε η λίμνη ήταν μεταβλητό, κυμαινόμενο μεταξύ ευρέων ορίων, ανάλογα με τις διακυμάνσεις στάθμης που καθοριζόταν από τις εισροές και τις αντίστοιχες εκροές υδάτων. Συγκεκριμένα η έκταση της λίμνης κυμαινόταν από 180.000 στρέμματα (μέγιστο) μέχρι 41.000 στρέμματα (ελάχιστο).

Η λίμνη Κάρλα (2)



- Το 1908, που θεωρείται ιδιαίτερα άνομβρη χρονιά, η λίμνη έχασε εντελώς τα νερά της. Την περίοδο μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο, το εμβαδόν της λίμνης κυμαινόταν μεταξύ 41.000 και 85.000 στρέμματα και τα βάθη της από 2- 5,5 μέτρα. Ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας ήταν 1,5 μέτρα μέχρι 2 μέτρα πριν από την αποξήρανση της λίμνης, ενώ σήμερα βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 250 μέτρων.
- Η λίμνη της Κάρλας πριν την αποξήρανση ήταν ένας από τους πέντε σπουδαιότερους υγροβιότοπους της Ελλάδας. Από την αλιεία ζούσαν περίπου 1000 άτομα.
- Η λίμνη αποφασίζεται το 1959 να αποξηρανθεί.

Επιπτώσεις της αποξήρανσης

- Μειώθηκε ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας και ελαττώθηκε το υπόγειο υδάτινο δυναμικό. Η στάθμη της υπόγειας υδροφορίας από 1,5-2,0 μέτρα κατέβηκε κάτω των 250μ.
- Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το θαλάσσιο μέτωπο να εισχωρήσει στον υδροφορέα πέραν της περιοχής του Παγασητικού κόλπου.
- Άλλαξε το μικροκλίμα της περιοχής και παρατηρούνται συχνά: παγετοί με καταστροφικές συνέπειες για την αμυγδαλοκαλλιέργεια της περιοχής.
- Η χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων αύξησε την ποσότητα των ρύπων και επηρέασε την οικολογία της περιοχής.
- Κατεστράφη η ορνιθοπανίδα και χλωρίδα της περιοχής.
- Είχε σαν αποτέλεσμα την απώλεια των αλιευμάτων της πρώην λίμνης.
- Η ρύπανση μέσω της σήραγγας μεταφέρθηκε στον κλειστό και ευαίσθητο κόλπο του Παγασητικού όπου καταλήγουν απόβλητα της περιοχής λίμνης Κάρλας αλλά και της ευρύτερης περιοχής του Νομού Λαρίσης καθώς και βιομηχανιών μέσω του Καναλιού Ασμακίου

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \cdot \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x_j} \cdot (-P \delta_{ij} - \rho u_i u_j)$$

ΧΡΗΣΗ ΚΩΔΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

- SSIIM (Simulation of Sediment Movements In Water Intakes with Multiblock option).
- Το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθεί στην διδασκαλία και την έρευνα για τους υδραυλικούς υπολογισμούς σε υδάτινους αποδέκτες, όπως τα ποτάμια και οι λίμνες.

- **Εξισώσεις :**

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιεί το ssiim εφαρμόζονται με την προσέγγιση ελέγχου των όγκων (control – volume approach) και είναι οι παρακάτω:

- Εξισώσεις συνέχειας Navier- Stokes για ασυμπίεστη ροή και σταθερή πυκνότητα

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \cdot \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x_j} \cdot (-P \delta_{ij} - \rho u_i u_j)$$

- Ακόμη χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος SIMPLE για τη διόρθωση των τιμών της πίεσης. Το προς τα εμπρός δεύτερης τάξης (the second – order upwind) είναι αυτά που εφαρμόστηκαν για διακριτοποίηση των όρων.

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U_j \frac{\partial c}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_T \frac{\partial c}{\partial x_j} \right)$$

Βασικές εξισώσεις

- Η πίεση του ανέμου

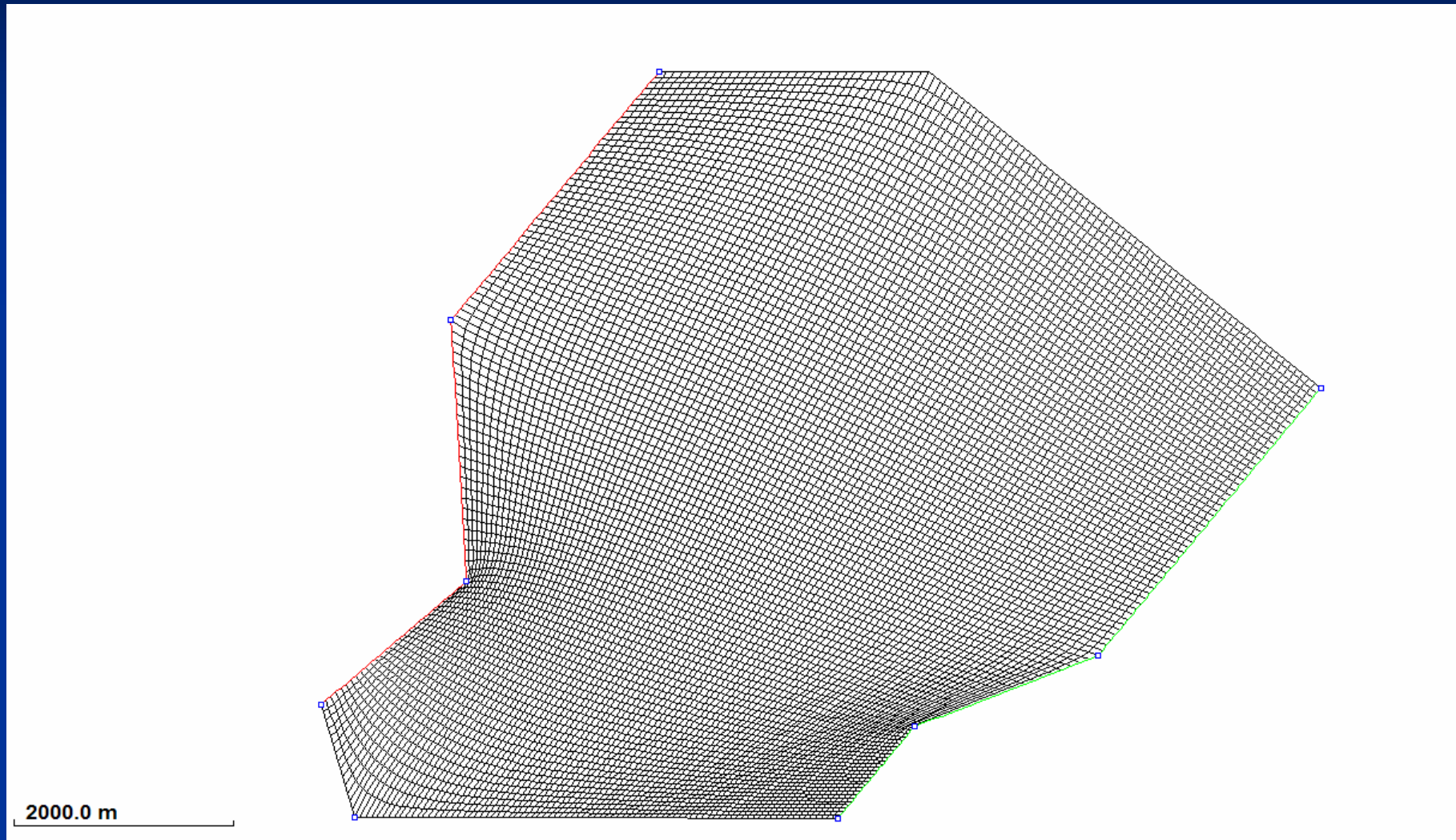
$$\tau = c_{10} \rho_{air} U^2$$

- Ποιοτικές παράμετροι νερού

Η ποιότητα του νερού υπολογίζεται για την συγκέντρωση c της εκάστοτε παραμέτρου, μέσω της εξίσωσης διάχυσης – μεταφοράς :

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U_j \frac{\partial c}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_T \frac{\partial c}{\partial x_j} \right)$$

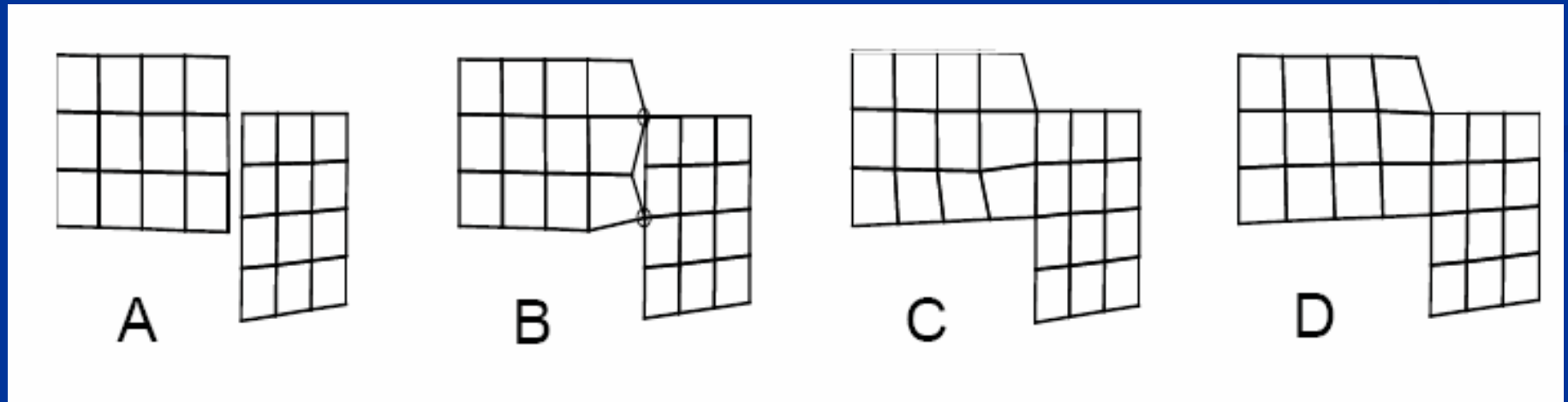
Κατασκευή Καννάβου

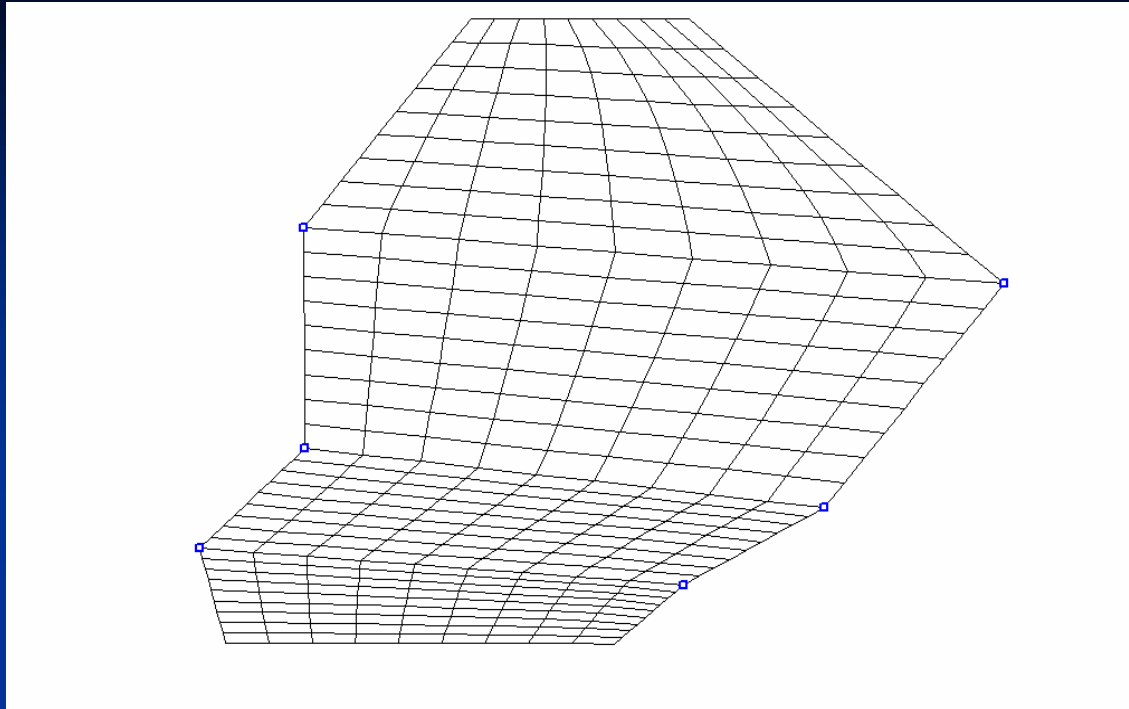


Δομημένος κάνναβος 100 x 100

Χρήση πολλαπλών blocks

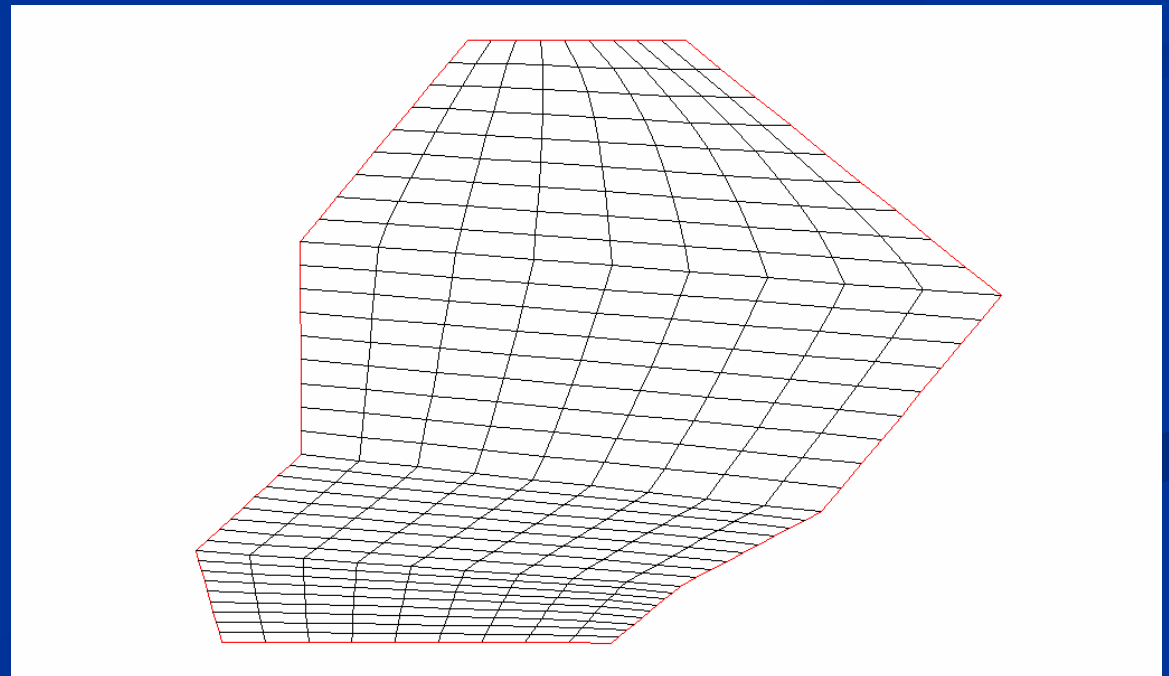
- Ο τελικός κάνναβος δημιουργείται από ένα σύνολο blocks που το καθένα έχει διαφορετικό αριθμό κελιών που συνενώνονται μεταξύ τους.



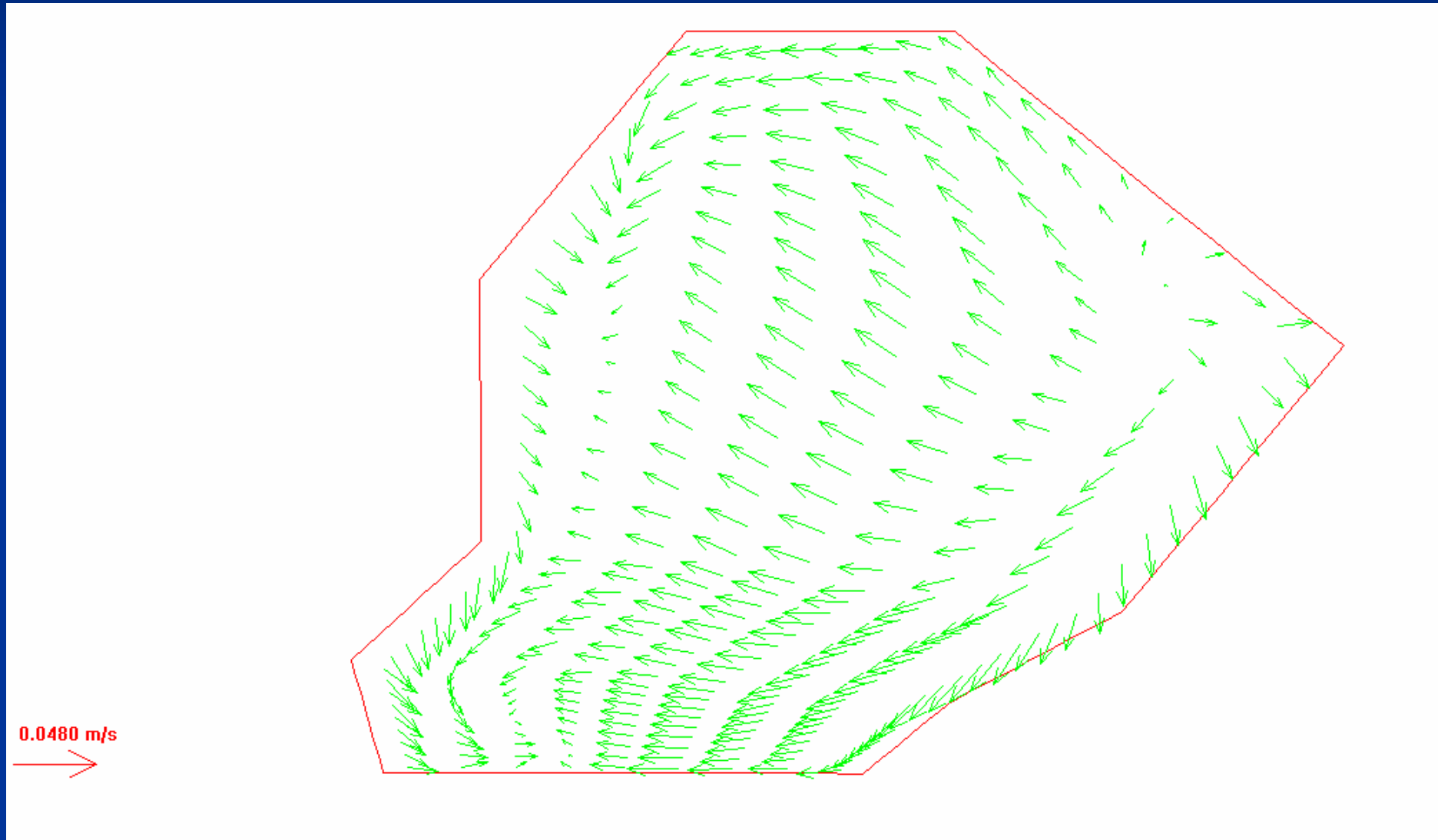


- Μη δομημένος κάναβος 4^{ων} blocks όπου το μέγεθος του έκαστου block είναι 10x10

- Χάρτης που δείχνει τα φυσικά όρια της λίμνης (εδώ δεν υπάρχει είσοδος - έξοδος, έχουμε μόνο κίνηση του ανέμου στην επιφάνεια)



Αποτελέσματα: Διάγραμμα διανυσμάτων ταχυτήτων



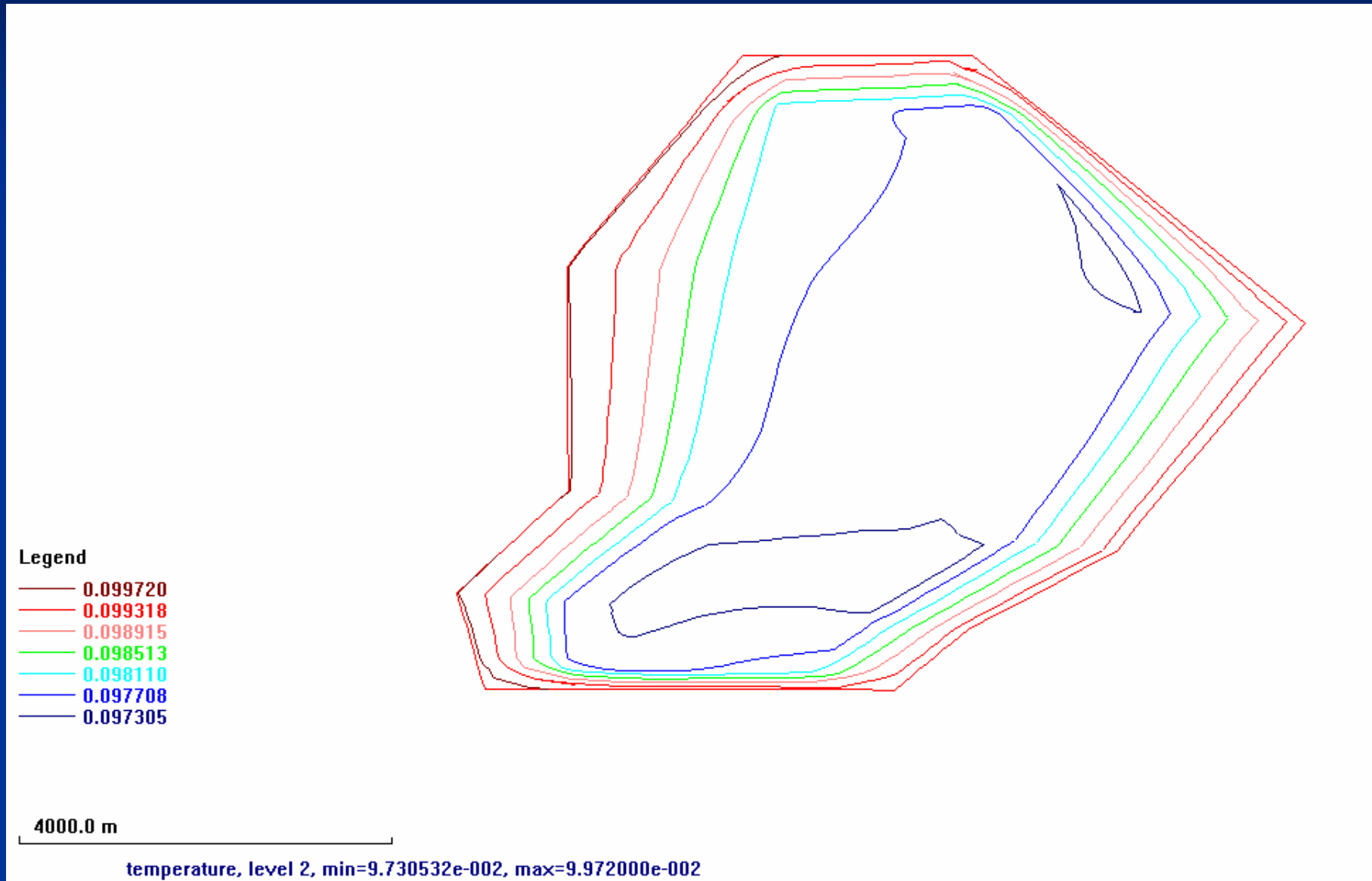
Αποτελέσματα: Διάγραμμα μέσης ταχύτητας



Στο κέντρο της λίμνης μεγαλύτερες ταχύτητες, λόγω απόστασης από οριακά στρώματα

Διαγράμματα ποιοτικών παραμέτρων νερού

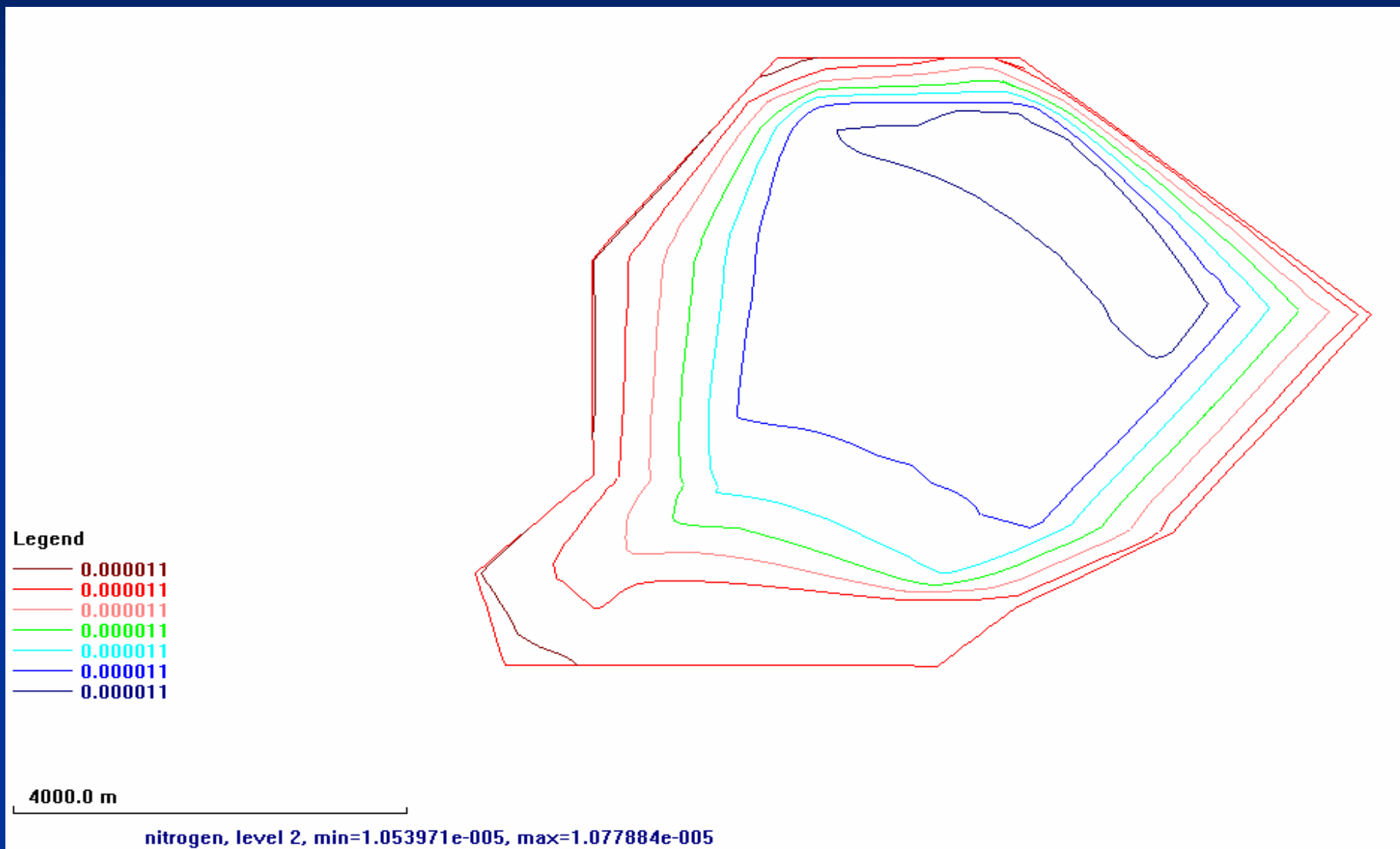
Θερμοκρασία



Πιο μεγάλη κοντά στη ξηρά, λόγω της μικρότερης απόστασης από το έδαφος

Διαγράμματα ποιοτικών παραμέτρων νερού

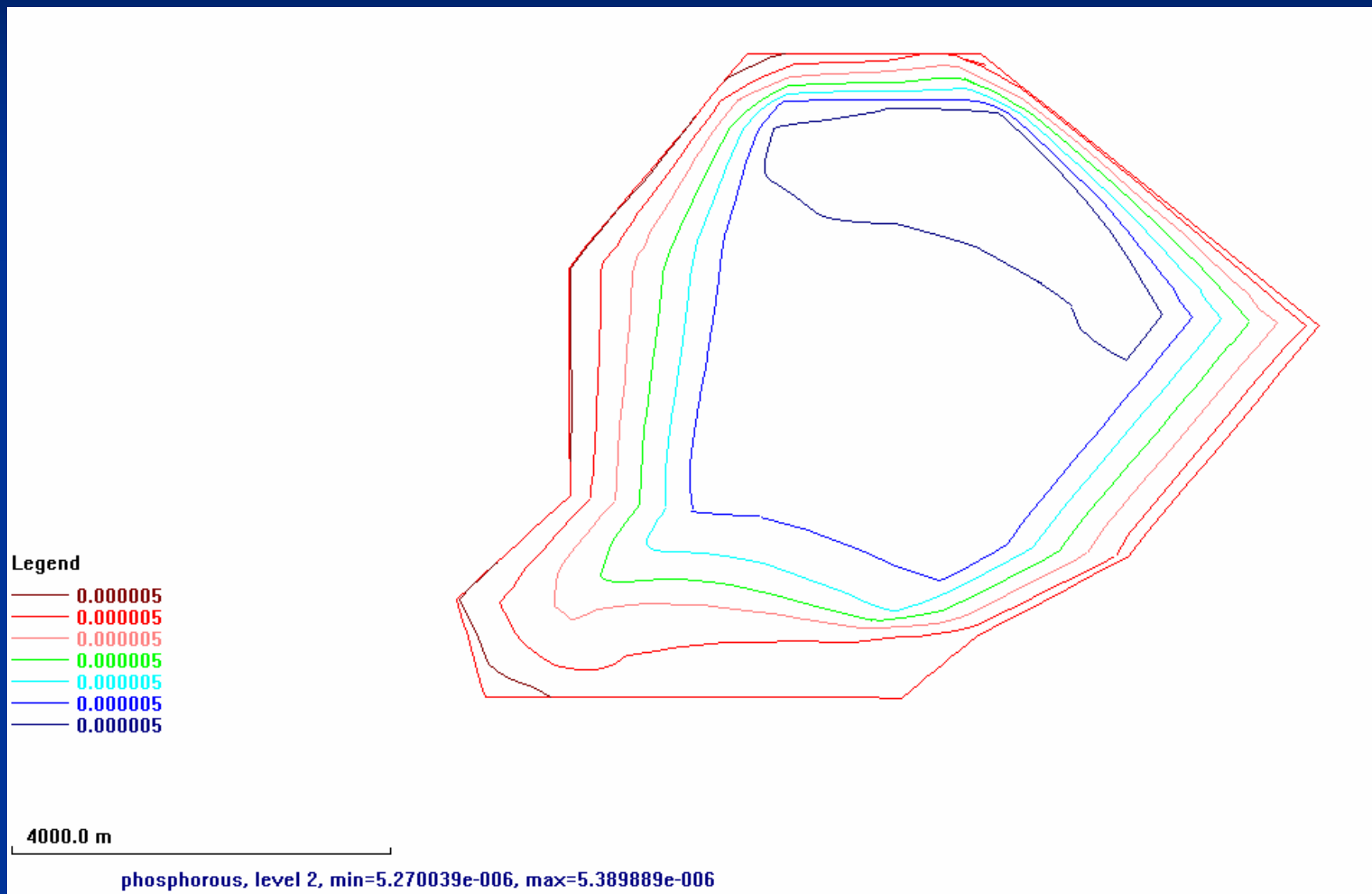
Συγκέντρωση αζώτου



Μεγαλύτερη συγκέντρωση κοντά στις όχθες.

Διαγράμματα ποιοτικών παραμέτρων νερού

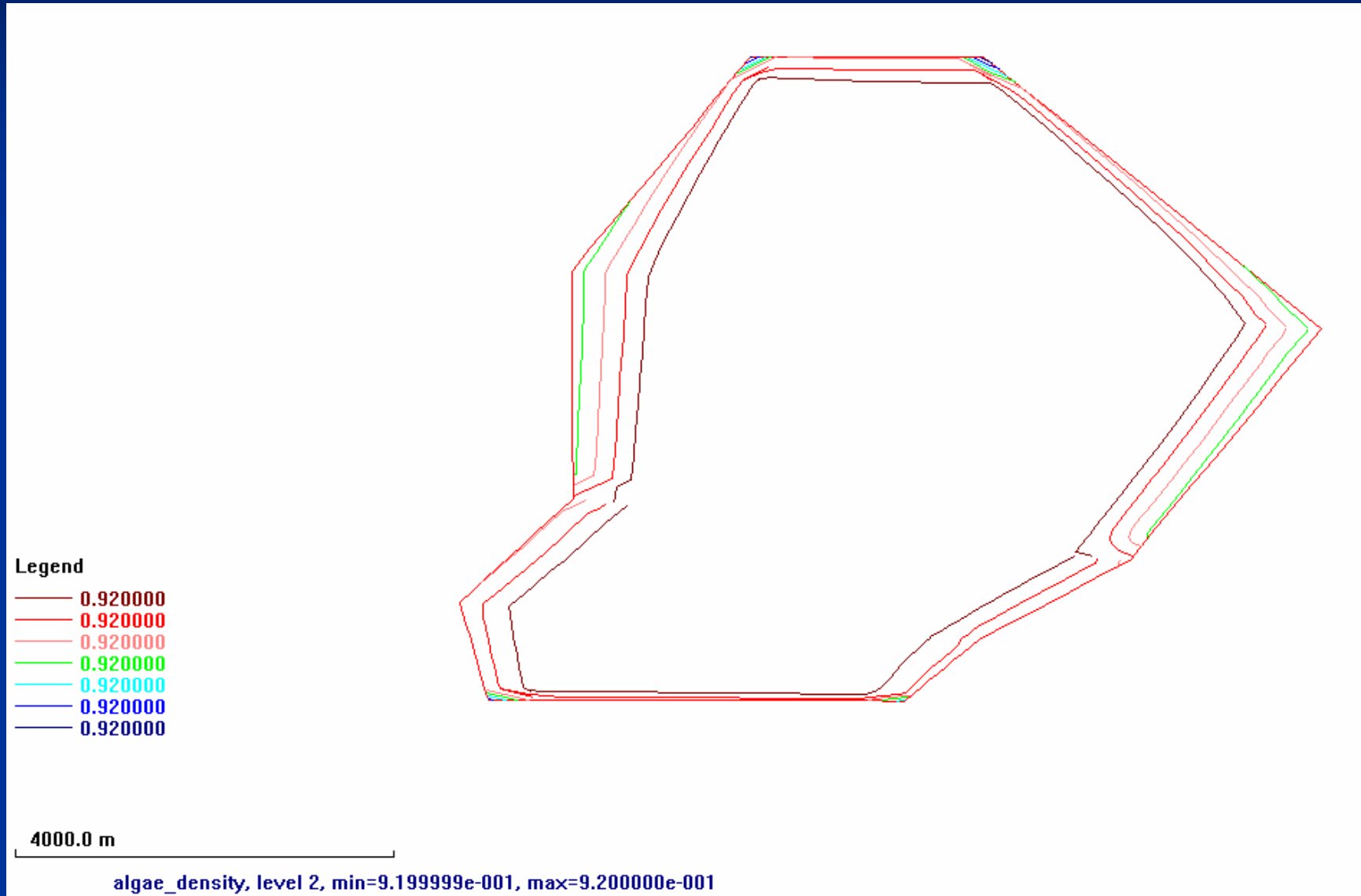
Συγκέντρωση φωσφόρου



Μεγαλύτερη συγκέντρωση κοντά στις αιτές

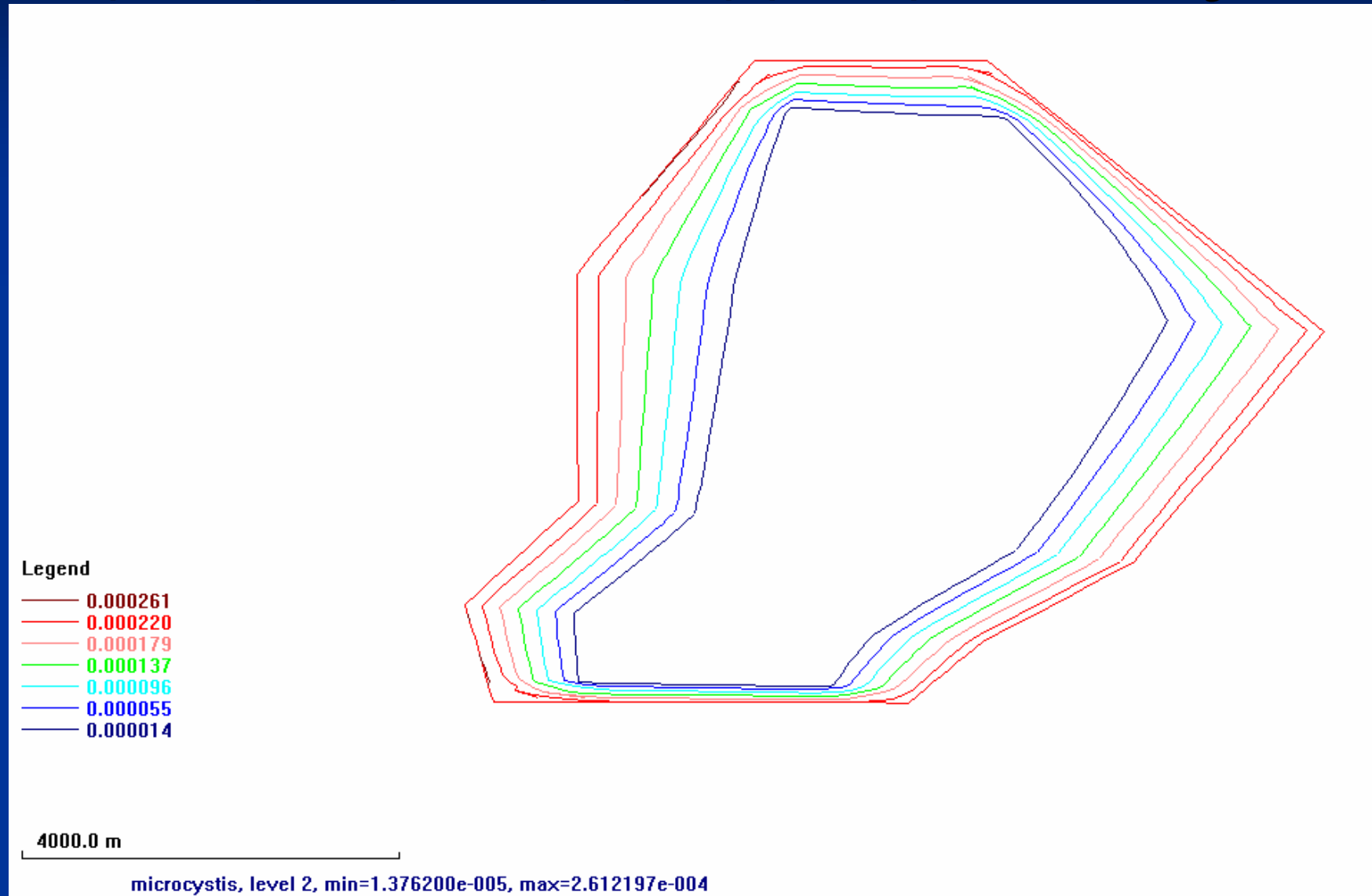
Διαγράμματα ποιοτικών παραμέτρων νερού

Πυκνότητα άλγης



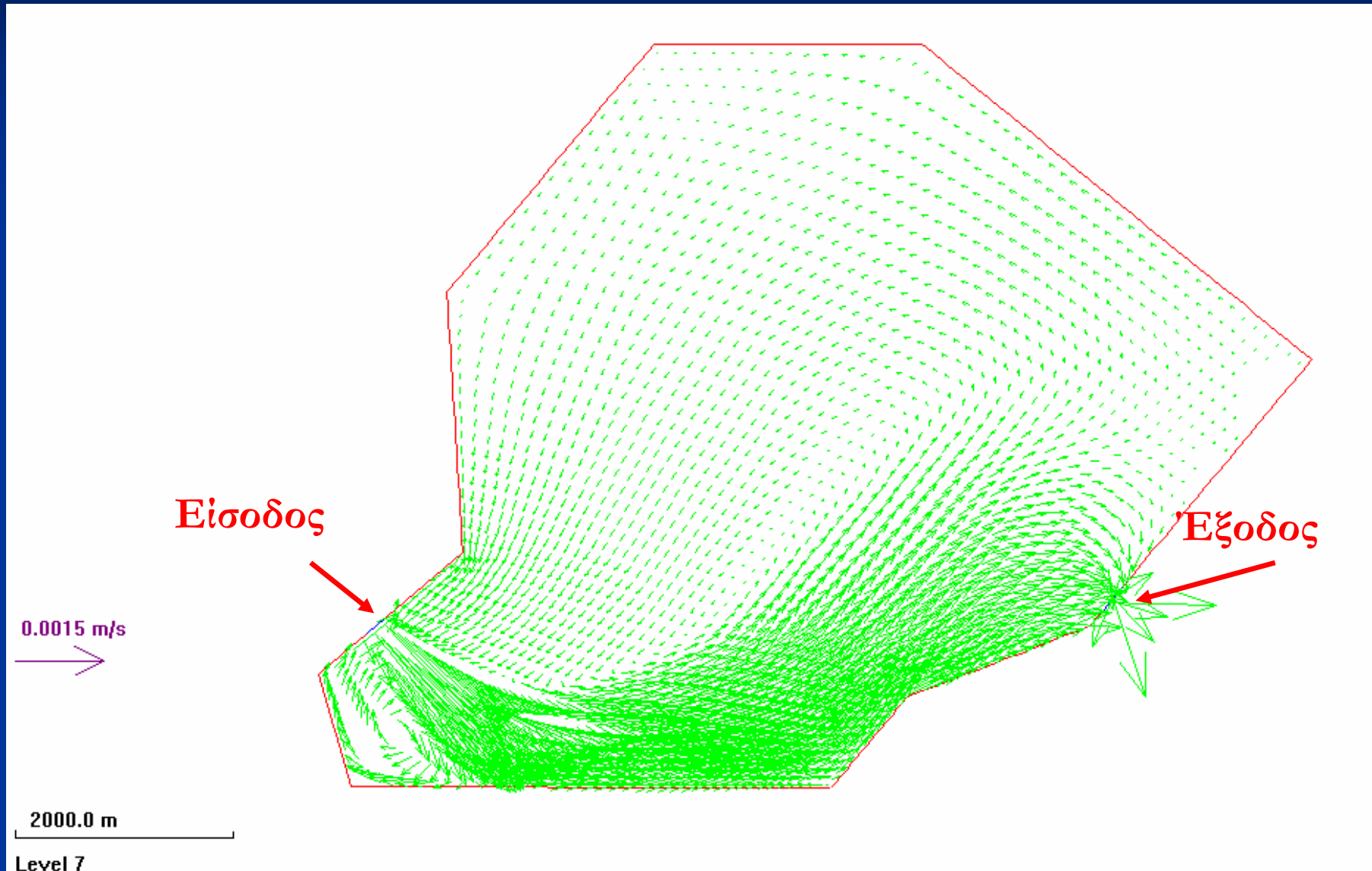
Διαγράμματα ποιοτικών παραμέτρων νερού

- Συγκέντρωση του μικροοργανισμού *Microcystis*



Αυξημένη συγκέντρωση κοντά στις ακτές, σε σημεία με χαμηλές ταχύτητες νερού

Αποτελέσματα στην περίπτωση εισροής-εκροής



Κάνναβος 50 x 50

Συμπεράσματα

- Με την χρήση κώδικα υπολογιστικής ρευστομηχανικής μπορεί κανείς να εξαγει συμπεράσματα χρήσιμα για την λειτουργία και διαχείριση της λίμνης καθώς μπορεί να υπολογίσει στοιχεία σχετικά με
 - Τα πεδία ταχυτήτων
 - Την κατανομή θερμοκρασιών
 - Την κατανομή αζώτου, φωσφόρου, οξυγόνου
 - Την κατανομή μικροοργανισμών
- Επιτρέπει την υλοποίηση διαφόρων σεναρίων λειτουργίας και μελέτης της επίδρασης στις παραπάνω παραμέτρους
- Μπορεί κανείς να μελετήσει την ποιότητα νερού ου θα οδηγηθεί για άρδευση ή προς τον Παγασητικό.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ