

Fluid Mechanics Laboratory
Mechanical Engineering and Aeronautics Dept.
University of Patras, Greece
margaris@mech.upatras.gr

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ Δ.Π. Μάργαρης, Καθηγητής

Διπλωματική Εργασία 2019-2020

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΡΙΧΟΕΙΔΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΟΡΩΔΩΝ ΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΠΟΥ ΔΙΑΡΡΕΕΙ ΠΟΡΩΔΗ ΜΕΣΑ ΔΕΔΕΣ ΜΙΧΑΗΛ 1047220

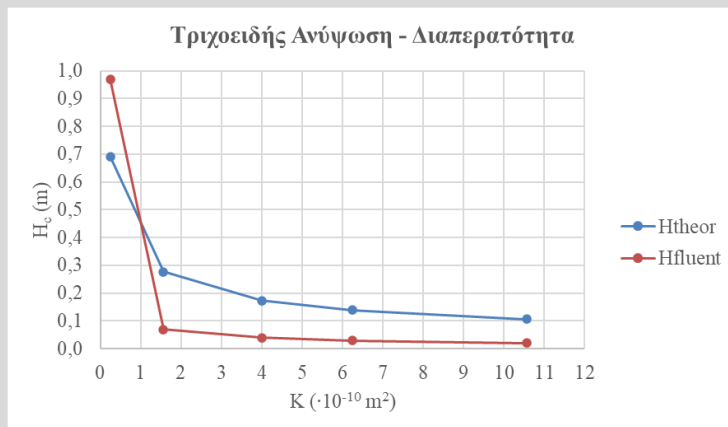
Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των τριχοειδών φαινομένων και της θέρμανσης πορώδων μέσων. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν αρχικά η τριχοειδής ανύψωση και η τριχοειδής πίεση που δημιουργείται σε ένα υγρό από ένα πορώδες μέσο με τριχοειδή δομή, καθώς αυτό αντλείται και εκτοπίζει το αέριο που προϋπήρχε μέσα στο πορώδες μέσο. Το αντλούμενο υγρό και το εκτοπιζόμενο αέριο που επιλέχθηκαν ήταν το νερό και ο αέρας αντίστοιχα. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε παραμετρική ανάλυση της μετάδοσης θερμότητας σε υγρό που διαρρέει πορώδες μέσο. Το υγρό που επιλέχθηκε στις περισσότερες προσομοιώσεις ήταν το νερό. Σημείο ενδιαφέροντος της μελέτης ήταν το πώς μπορούν να μεγιστοποιηθούν η τριχοειδής ανύψωση και αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού μέσα στο πορώδες μέσο. Οι προσομοιώσεις έγιναν με την χρήση του λογισμικού υπολογιστικής ρευστοδυναμικής Ansys Fluent. Το πολυφασικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της τριχοειδούς πίεσης ήταν το Eulerian Multiphase Model - Leverett j function και το θερμικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την παραμετρική ανάλυση της μετάδοσης θερμότητας στο πορώδες μέσο ήταν το Local Thermal Equilibrium Model.

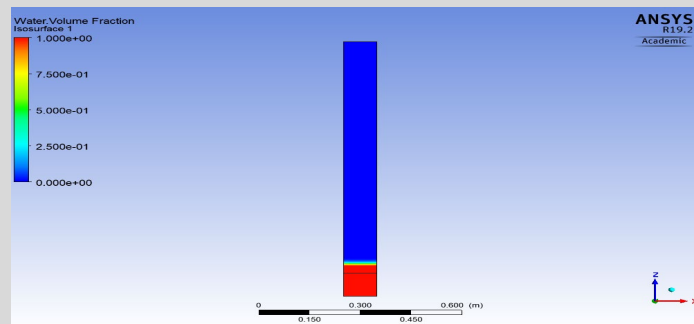
Τριχοειδή φαινόμενα πορώδων μέσων

Η τριχοειδής ανύψωση υγρού μέσα σε τριχοειδή σωλήνα δίνεται από την σχέση:

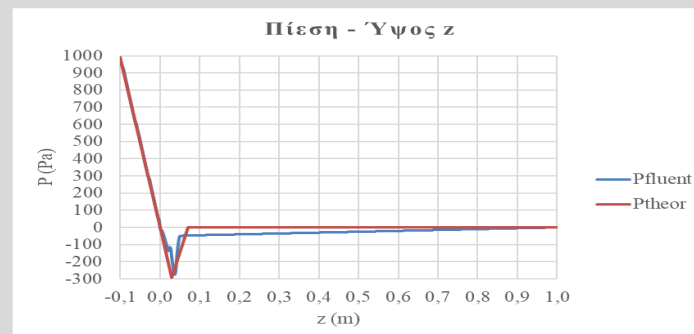
$$H_c = \frac{2\sigma_l}{\rho_l g r} \cos\theta$$



Τριχοειδής ανύψωση συναρτήσει της διαπερατότητας του πορώδους μέσου με τριχοειδή δομή



Κλάσμα όγκου νερού συναρτήσει ύψους z για K=1,56E-10 m²

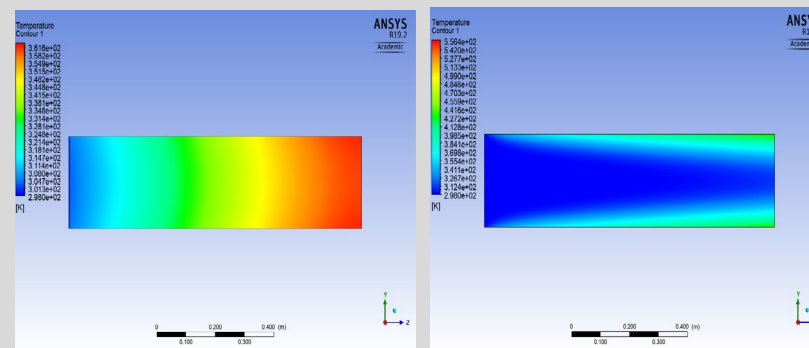


Τριχοειδής πίεση για K=1,56E-10 m²

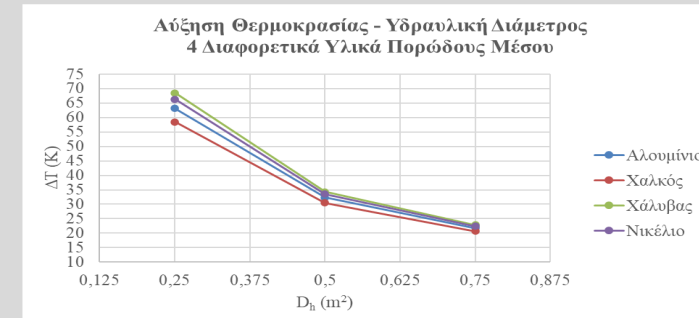
Παραμετρική ανάλυση μετάδοσης θερμότητας σε νερό που διαρρέει πορώδη μέσα

Το μοντέλο του Local Thermal Equilibrium καταλήγει σε μια μονή εξίσωση ενέργειας:

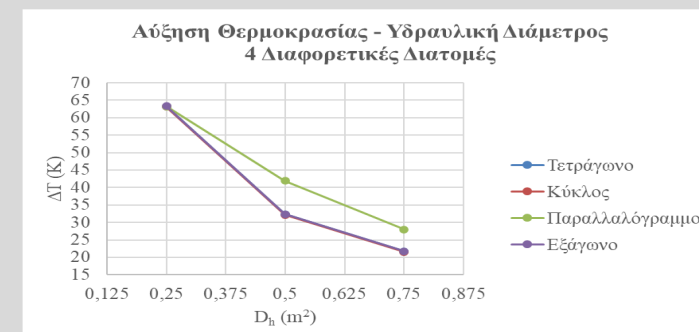
$$(\rho c_p)_f u \cdot \frac{\partial T}{\partial y} = k_e \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right)$$



Κατανομή θερμοκρασίας κατά μήκος πορώδους και κενού αγωγού



Αύξηση θερμοκρασίας συναρτήσει της υδραυλικής διαμέτρου για 4 διαφορετικά υλικά



Αύξηση θερμοκρασίας συναρτήσει της υδραυλικής διαμέτρου για τέσσερις διαφορετικές διατομές

Συμπεράσματα

- Η τριχοειδής ανύψωση αυξάνεται όσο μειώνεται η διαπερατότητα του πορώδους μέσου.
- Η μετάβαση από νερό σε αέρα γίνεται μέσω διφασικής περιοχής, στην οποία παρατηρείται απότομη αύξηση της πίεσης.
- Μεγάλη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του ρευστού σημειώνεται για μικρή ταχύτητα ρευστού, μικρή θερμική διαχυτότητα του στερεού υλικού και μεγάλο πορώδες του μέσου.
- Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζουν και την κατανομή της θερμοκρασίας του ρευστού κατά μήκος και στην έξοδο του πορώδους μέσου
- Το σχήμα της διατομής του πορώδους αγωγού δεν επηρεάζει σημαντικά την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του υγρού.
- Σε σύγκριση με έναν κενό αγωγό, ένας πορώδης αγωγός θερμαίνει πιο ομοιόμορφα το ρευστό που τον διαρρέει, κι έτσι αποφεύγεται η δημιουργία σημείων εξάτμισης ή βρασμού κοντά στα τοιχώματα.