

Βιολογικές ροές υπό την επίδραση υψηλών μαγνητικών πεδίων με βάση την μικροπολική θεωρία

Σχολή Μηχανικών

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

2^η Ετήσια Έκθεση Προόδου ΕΛΚΕ – Πα.Δ.Α.

Κυριακή-Ευαγγελία Ασλάνη, Υποψήφια Διδάκτωρ, Πτυχιούχος
Μηχανολόγος Μηχανικός ΤΕ



Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Ιωάννης Σαρρής, Καθηγητής, Τμήμα
Μηχ/γων Μηχ/κών, Παν/μιο Δυτικής Αττικής

Μέλη Συμβουλευτικής Επιτροπής:

1. Δρ. Ευστράτιος Τζιρτζιλάκης, Καθηγητής, Τμήμα Μηχ/γων
Μηχ/κών, Παν/μιο Πελοποννήσου.
2. Δρ. Γεώργιος Στρωτός, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα
Γεωπονίας-Αγροτεχνολογίας, Παν/μιο Θεσσαλίας.

Περιεχόμενα

1. Στόχος & αντικείμενο διδακτορικής έρευνας
2. Αναφορά προόδου για το ακαδημαϊκό έτος 2021-22
3. Αποτελέσματα έρευνας για το ακαδημαϊκό έτος 2021-22
4. Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν
5. Δημοσιεύσεις / συμμετοχή σε συνέδρια
6. Επόμενα ερευνητικά βήματα
7. Χρονοδιάγραμμα

Στόχος & αντικείμενο διδακτορικής διατριβής

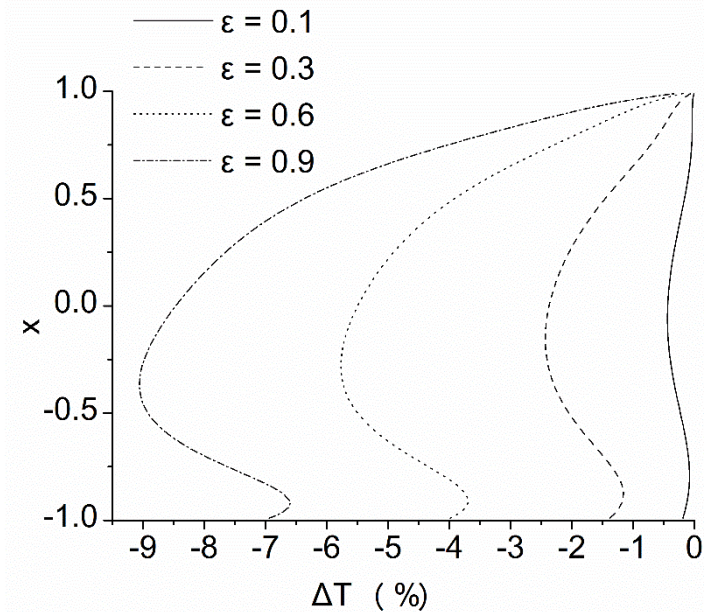
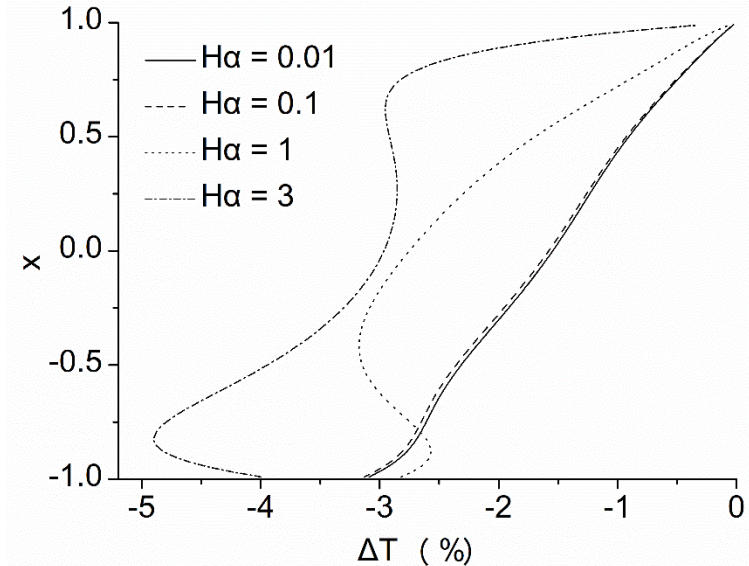
- Εξέταση αγώγιμων μαγνητικών βιολογικών ρευστών με εσωτερική μικροδομή (π.χ. αίμα) υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιώντας την μικροπολική θεωρία.
- Στην μικροπολική θεωρία, εισάγεται ένα νέο διανυσματικό πεδίο (επιπλέον της γραμμικής ταχύτητας), η **μικροπεριστροφή** (συνολική γωνιακή ταχύτητα των σωματιδίων της εσωτερικής μικροδομής του ρευστού **διαφορετική κατά το μέτρο της από τον στροβιλισμό** του ρευστού).
- Κατά την εφαρμογή μαγνητικού πεδίου σε αγώγιμα μαγνητικά μικροπολικά ρευστά εμφανίζεται μαγνήτιση ή αλλιώς **μαγνητική μικροπεριστροφή** των σωματιδίων του ρευστού (**micromagnetorotation-MMR**).
- Στόχος είναι η μελέτη της **επίδρασης της μαγνητικής μικροπεριστροφής στην μαγνητοϋδροδυναμική ροή αίματος** (ταχύτητα, μικροπεριστροφή, θερμοκρασία, πίεση, τύρβη) σε διάφορες περιπτώσεις (απλές αρτηρίες, στενώσεις, ανευρύσματα).

Αναφορά προόδου

- Έχει ολοκληρωθεί η μελέτη απλών μαγνητοϋδροδυναμικών 2-D μικροπολικών ροών (Couette, Poiseuille) με ή χωρίς μετάδοση θερμότητας κατά την οποία προσδιορίστηκε ο γενικός ρόλος της μαγνητικής μικροπεριστροφής στην ταχύτητα, την μικροπεριστροφή και την θερμοκρασία της ροής.
- Αναπτύχθηκε υπολογιστικός κώδικας στο ανοιχτό λογισμικό OpenFoam για την αριθμητική μελέτη απλών αλλά και πιο σύνθετων αρτηριών αίματος (στενώσεις, ανευρύσματα, κ.λπ.).
- Ο κώδικας πιστοποιήθηκε με βάση τα αποτελέσματα όλων των προηγούμενων αναλυτικών εργασιών.
- Πραγματοποιήθηκε πρωτότυπη αναλυτική μελέτη σχετικά με τους μηχανισμούς που επηρεάζουν την διαφορά μικροπεριστροφής και στροβιλισμού σε μικροπολικές φερρομαγνητικές ροές, όπως το αίμα. Η διαφορά μικροπεριστροφής και στροβιλισμού είναι σημαντική για τον καθορισμό του μοντέλου που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του ρευστού (Νευτώνειο ή μη-Νευτώνειο/μικροπολικό).

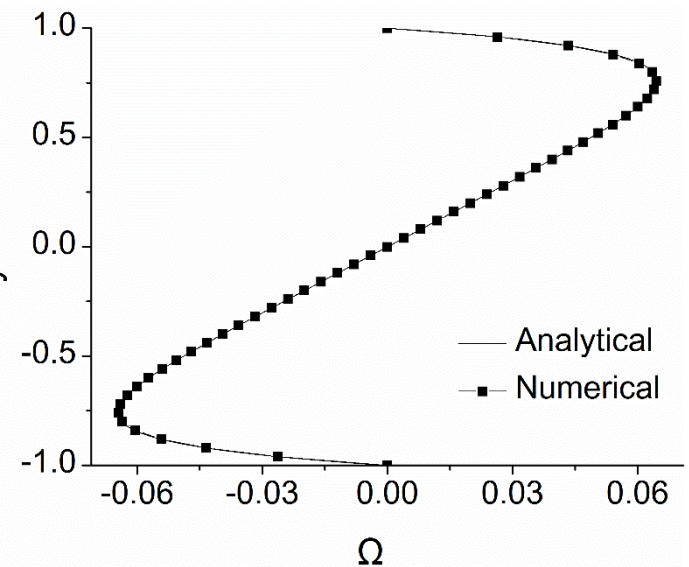
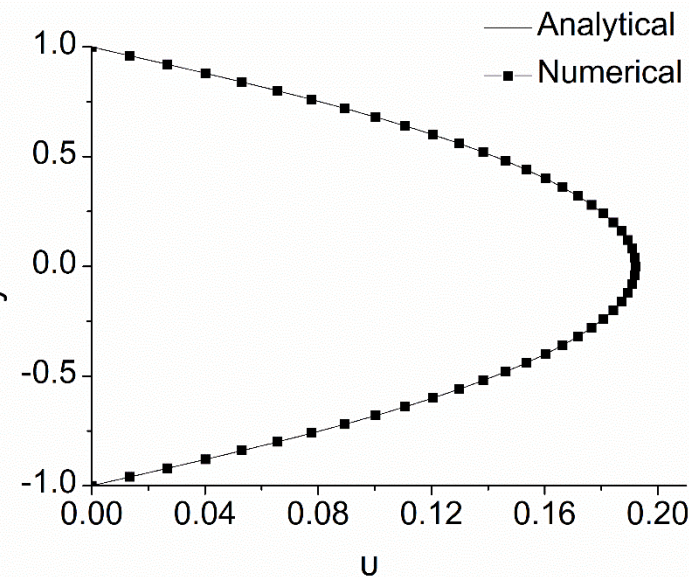
Αναλυτικά αποτελέσματα για μετάδοση θερμότητας

- Σχετικό σφάλμα θερμοκρασίας ΔT σε μαγνητοϋδροδυναμική δισδιάστατη μικροπολική Poiseuille ροή στις περιπτώσεις που η μαγνητική μικροπεριστροφή λαμβάνεται και δεν λαμβάνεται υπόψιν για μαγνητικό πεδίο αυξανόμενης έντασης (επάνω σχήμα).
- Σχετικό σφάλμα θερμοκρασίας ΔT σε μαγνητοϋδροδυναμική δισδιάστατη μικροπολική Poiseuille ροή στις περιπτώσεις που η μαγνητική μικροπεριστροφή λαμβάνεται και δεν λαμβάνεται υπόψιν για αυξανόμενο μικροπολικό ιξώδες (κάτω σχήμα).



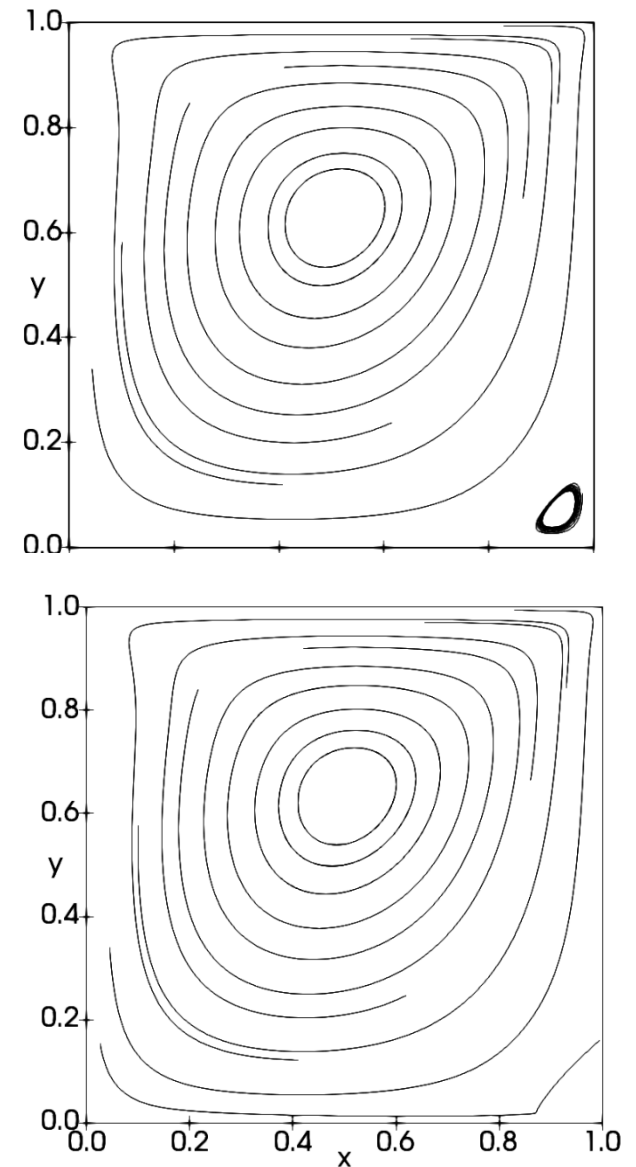
Αποτελέσματα πιστοποίησης κώδικα

- Σύγκριση υπολογιστικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων του κώδικα για την ταχύτητα u σε 2-D μικροπολική μαγνητοϋδροδυναμική Poiseuille ροή λαμβάνοντας υπόψιν την μαγνητική μικροπεριστροφή (επάνω σχήμα).
- Σύγκριση υπολογιστικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων του κώδικα για την μικροπεριστροφή σε 2-D μικροπολική μαγνητοϋδροδυναμική Poiseuille ροή λαμβάνοντας υπόψιν την μαγνητική μικροπεριστροφή (κάτω σχήμα).



Αποτελέσματα κώδικα για 2-D cavity ροή

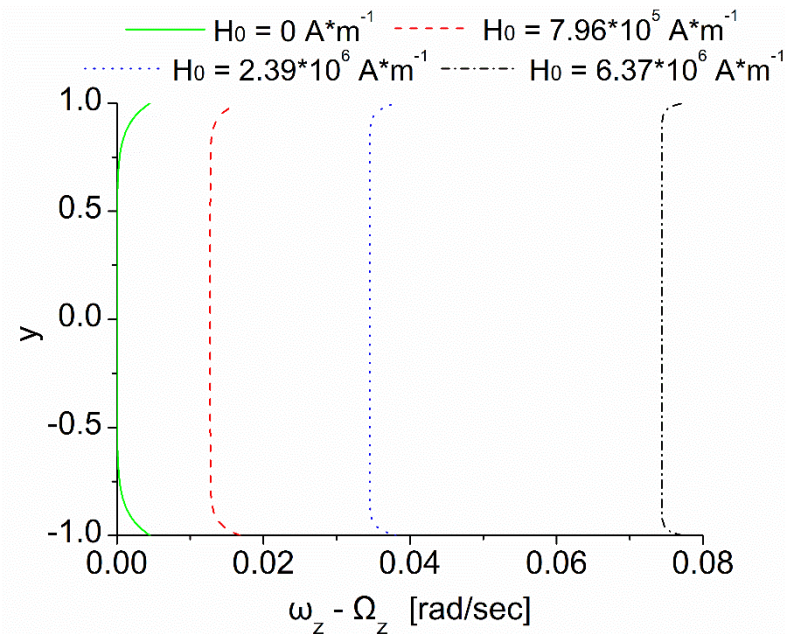
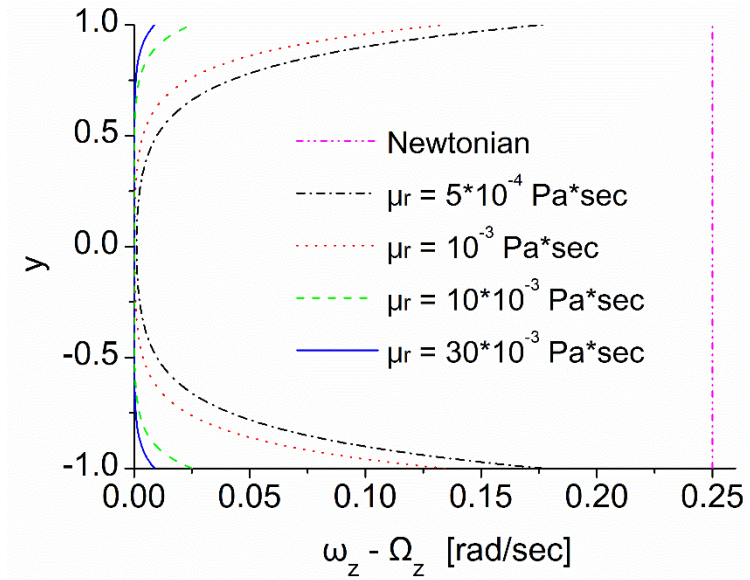
- Αποτελέσματα κώδικα για streamlines σε 2-D μικροπολική μαγνητοϋδροδυναμική cavity ροή χωρίς μαγνητική μικροπεριστροφή (επάνω σχήμα).
- Αποτελέσματα κώδικα για streamlines σε 2-D μικροπολική μαγνητοϋδροδυναμική cavity ροή με μαγνητική μικροπεριστροφή (κάτω σχήμα).



Αποτελέσματα για την διαφορά μικροπεριστροφής – στροβιλισμού

• Διαφορά μικροπεριστροφής και στροβιλισμού $\omega_z - \Omega_z$ για σε 2-D μικροπολική Couette ροή αυξανόμενες τιμές του μικροπολικού ιξώδους μ_r (επάνω σχήμα).

• Διαφορά μικροπεριστροφής και στροβιλισμού $\omega_z - \Omega_z$ σε 2-D μικροπολική μαγνητοϋδροδυναμική Couette ροή για αυξανόμενες τιμές της μαγνητικής μικροπεριστροφής μέσω του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου H_0 (κάτω σχήμα).



Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν

- Κατά την διάρκεια της αναλυτικής μελέτης των απλών δισδιάστατων μικροπολικών μαγνητοϋδροδυναμικών ροών δεν αντιμετωπίστηκαν ιδιαίτερα προβλήματα.
- Δεν αντιμετωπίστηκαν ιδιαίτερα προβλήματα κατά την διάρκεια της ανάπτυξης του υπολογιστικού κώδικα στο ανοιχτό λογισμικό OpenFoam.
- Κατά την μελέτη σύνθετων μικροπολικών μαγνητοϋδροδυναμικών ροών αίματος (ανευρύσματα, στενώσεις) μπορεί να υπάρξουν προβλήματα αριθμητικής φύσεως (π.χ. γεωμετρία, αρχικές-συνοριακές συνθήκες).

Δημοσιεύσεις / συμμετοχή σε συνέδρια

1. Aslani, K-E., Sarris, I.E. Effect of micromagnetorotation on the heat transfer of MHD micropolar Poiseuille flow. *Therm. Sci. Eng. Prog.* 26, 101129 (2021). DOI: 10.1016/j.tsep.2021.101129.
2. Aslani, K-E., Sarris, I.E. Effect of micromagnetorotation on magnetohydrodynamic Poiseuille micropolar flow: analytical solutions and stability analysis. *J. Fluid Mech.* 920, A25 (2021). DOI: 10.1017/jfm.2021.437.
3. Aslani, K.-E., Benos, L., Tzirtzilakis, E., Sarris, I.E. Micromagnetorotation of MHD Micropolar Flows. *Symmetry* 12, 148 (2020). DOI: 10.3390/sym12010148.
4. Aslani, K.-E., Tzirtzilakis, E., Sarris, I.E. On the mechanics of conducting micropolar ferromagnetic flows: Vorticity-microrotation difference. *J. Fluid Mech.* (υπό κρίση).
5. Aslani, K.-E., Tzirtzilakis, E., Sarris, I.E. Effect of micromagnetorotation on magnetohydrodynamic micropolar cavity flow with heat transfer. (υπό συγγραφή).

Επόμενα ερευνητικά βήματα

- Κατά την τρέχουσα περίοδο τελειώνει η συγγραφή της αριθμητικής μελέτης σχετικά με την μαγνητοϋδροδυναμική μικροπολική cavity ροή.
- Αναμένεται η αριθμητική μελέτη μιας απλής αρτηρίας αίματος με χρήση του υπολογιστικού κώδικα στις αρχές του 2023.
- Σχεδιάζεται η αριθμητική μελέτη σύνθετων ροών αίματος (ανεύρυσμα, στένωση) με χρήση του υπολογιστικού κώδικα στα μέσα του 2023.
- Η συγγραφή της διδακτορικής διατριβής σχεδιάζεται να ξεκινήσει την άνοιξη του 2023.

Χρονοδιάγραμμα

No	Πρώτος Χρόνος		Δεύτερος Χρόνος		Τρίτος Χρόνος		Τέταρτος Χρόνος	
	1 ^ο Εξ.	2 ^ο Εξ.	3 ^ο Εξ.	4 ^ο Εξ.	5 ^ο Εξ.	6 ^ο Εξ.	7 ^ο Εξ.	8 ^ο Εξ.
1								
2								
3								
4								
5								
6								
No	Αναμενόμενες δραστηριότητες							
1	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.							
2	Αναλυτική μελέτη απλών δισδιάστατων μικροπολικών ροών (Couette, Poiseuille) και ανάλυση ευστάθειας.							
3	Ανάπτυξη υπολογιστικού κώδικα και ταυτόχρονη αναλυτική ή/και αριθμητική μελέτη πιο σύνθετων μικροπολικών ροών (π.χ. cavity) με διάφορα φαινόμενα (μετάδοση θερμότητας με συναγωγή, ακτινοβολία, πορώδες, κ.λπ.).							
4	Αριθμητική μελέτη απλών αρτηριών αίματος με χρήση κώδικα δίνοντας έμφαση στην επίδραση της μαγνητικής μικροπεριστροφής σε στοιχεία της ροής όπως η ταχύτητα, η πίεση, η μετάδοση θερμότητας και η ανάπτυξη τύρβης. Σύγκριση με πειραματικές μελέτες.							
5	Αριθμητική μελέτη σύνθετων ροών αίματος (π.χ. ανευρύσματα, στενώσεις) με χρήση κώδικα δίνοντας έμφαση στην επίδραση της μαγνητικής μικροπεριστροφής σε στοιχεία της ροής όπως η ταχύτητα, η πίεση, η μετάδοση θερμότητας και η ανάπτυξη τύρβης. Σύγκριση με πειραματικές μελέτες.							
6	Συγγραφή της διδακτορικής διατριβής.							

Τέλος παρουσίασης

2^η Ετήσια Έκθεση Προόδου ΕΛΚΕ - Πα.Δ.Α.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Βιολογικές ροές υπό την επίδραση υψηλών μαγνητικών πεδίων με βάση την μικροπολική θεωρία

Κυριακή-Ευαγγελία Ασλάνη, Υποψήφια Διδάκτωρ, Πτυχιούχος
Μηχανολόγος Μηχανικός ΤΕ