

Εργαστήριο Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής

- **Επικεφαλής:** Καθηγητής Γεώργιος Π. Καρατζάς

Τηλέφωνο: +30 28210 – 37792

Email: karatzas@mred.tuc.gr

- **Προσωπικό:**

Ονοματεπώνυμο	Ειδικότητα	email
Ιωάννα Ανυφαντή	Μηχ. Περιβάλλοντος – ΜΔΕ – Υπ. Διδάκτωρ	ianyfanti1@isc.tuc.gr
Ειρήνη Βοζινάκη	Διπλ. Εφαρμοσμένων Μαθηματικών – PhD Μηχ. Περιβάλλοντος	anthirini@gmail.com
Χρήστος Γκούμας	Μηχ. Περιβάλλοντος – ΜΔΕ – Υπ. Διδάκτωρ	cgoumas@isc.tuc.gr
Παρασκευάς Διακοπαρασκευάς	Μηχ. Περιβάλλοντος – ΜΔΕ	pdiakoparaskevas@isc.tuc.gr
Μιλτιάδης Κακάρογλου		mkakaroglou@isc.tuc.gr
Αντώνης Λυρώνης	Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών	lyronis.a@gmail.com

- **Ερευνητικές Δραστηριότητες:**

- ο Υπόγεια υδρολογία και μεταφορά ρύπων
- ο Διαχείριση υπογείων υδάτων
- ο Μέθοδοι εξυγίανσης υπογείων υδάτων
- ο Μέθοδοι βελτιστοποίησης

- ο Αριθμητικές Μέθοδοι σε πορώδη μέσα
- ο Μοντέλα επιφανειακών υδάτων
- ο Πλημμύρες

- **Ερευνητικά προγράμματα:**

- InTheMED – Innovative and Sustainable Groundwater Management in the Mediterranean, PRIMA SECTION 1, 2020 - 2023, 220.000 €.
- Sustain–COAST – Sustainable management and pollution reduction through innovative governance in a changing climate (Coordinators), PRIMA SECTION 2, 2019 - 2022, 290.000 €.
- ERMIS-F: Web services for environmental risk– Floods. Funding: Interreg V-A Greece - Cyprus, 2017-2020, 220.000 €.

- **Επιλεγμένες Δημοσιεύσεις:**

1. Morianou, G., V. Ziogas, N.N. Kourgialas, and **G.P. Karatzas**, “Effect of irrigation practices upon yield and fruit quality of four grapefruit (*Citrus paradisi* Mac.) cultivars”, *Water Supply*, Vol. 21(6), 2735-2747, 2021.
2. Varouchakis. E.A., Hristopoulos. D.T., **Karatzas. G.P.**, Perez. G.A.C., Diaz. V., “Spatiotemporal geostatistical analysis of precipitation combining ground and satellite observations”, *Hydrology Research* , Vol. 52(3), 804-820, 2021.
3. Tapoglou, E., E.A Varouchakis, I.C. Trichakis, **G.P. Karatzas**, “Hydraulic head uncertainty estimations of a complex artificial intelligence model using multiple methodologies”, *Journal of Hydroinformatics*, Vol. 22(1) , 205-218, 2020.
4. Varouchakis E.M., P.G. Theodoridou, and **G.P. Karatzas**, “Decision-making tool for groundwater level spatial distribution and risk assessment geostatistics in R”, *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, Vol. 24(1), Article number 04019031, 2020.
5. Varouchakis E.A., K. Yetilmezsoy and **G.P. Karatzas**, “A decision-making framework for sustainable management of groundwater resources under uncertainty: combination of Bayesian risk approach and statistical tools”, *Water Policy*, Vol. 21, 602-622, 2019.

6. Varouchakis E.M., P.G. Theodoridou, and **G.P. Karatzas**, “Spatiotemporal geostatistical modeling of groundwater levels under a Bayesian framework using means of physical background”, *Journal of Hydrology*, Vol. 575, 487-498, 2019.
7. Lilli, M.A., N.P. Nikolaidis, **G.P. Karatzas**, N. Kalogerakis, “Identifying the controlling mechanism of geogenic origin chromium release in soils”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 366, 169-176, 2019.
8. Siaka M., Z. Dokou and **G.P. Karatzas**, “Management of the saltwater intrusion phenomenon in the alluvial aquifer of Katapola, Amorgos, Greece”, *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol. 18(3), 936-949, 2018.
9. Varouchakis, E.A., G.A Corzo, **G.P. Karatzas**, and A. Koutsopoulou, “Spatio-temporal analysis of annual rainfall in Crete, Greece”, *Acta Geophysica*, Vol. 66, 319-328, doi.org/10.1007/s11600-018-0128-z, 2018.
10. Morianou G.G., N.N. Kourgialas, **G.P. Karatzas**, and N.P. Nikolaidis, “Assesing hydro-morphological changes in Mediterranean stream using curvilinear grid modeling approach – climate change impacts”, *Earth Science Informatics*, Vol. 11(2), 205-216, 2018.

- **Εργαστηριακή Υποδομή:**

Υφιστάμενη υποδομή για εκπαιδευτικούς σκοπούς

- Πιλοτική μονάδα τριών διαστάσεων, προσομοίωσης ροής υπογείων υδάτων (Πραγματοποίηση 6 εργαστηριακών ασκήσεων για τις ανάγκες του μαθήματος “Ροή υπογείων υδάτων και μεταφοράς ρύπων”)
- Εκπαιδευτική μονάδα drainage and seepage tank. Η συγκεκριμένη συσκευή διαστάσεων 1.6m μήκος, 0.6m πλάτος και 1.45m ύψος αποτελεί μια αυτόνομη μονάδα μελέτης ροής ιδιαίτερα χρήσιμη για φοιτητικές μελέτες στην εφαρμοσμένη υδραυλική και υδρολογία. Πιο συγκριμένα είναι δυνατή η πραγματοποίηση των παρακάτω εργαστηριακών ασκήσεων:

- Οπτική αναπαράσταση και μέτρηση στάθμης ροής
- Κατασκευή δικτύου ροής
- Προσομοίωση φαινομένου υφαλμύρινσης
- Προκαθορισμένα επίπεδα διαρροής
- Επαλήθευση του νόμου του Darcy

- Μελέτη σταθερότητας φραγμάτων
 - Κατανομή Πίεσεων σε υδραυλικές κατασκευές
 - Συμπεριφορά υπόγειου υδροφορέα κατά την λειτουργία γεωτρήσεων άντλησης ή εμπλουτισμού
 - Σύγκριση πειραματικών αποτελεσμάτων με αναλυτικές λύσεις
-
- Μοντέλο πορώδους μέσου μικρής κλίμακας για την προσομοίωση υπόγειας ροής και μεταφοράς ρύπων
 - Καρστικό Μοντέλο μικρής κλίμακας για την προσομοίωση υπόγειας ροής και μεταφοράς ρύπων
 - Μοντέλο πορώδους μέσου μικρής κλίμακας για την προσομοίωση του φαινομένου της υπαλμύρινσης σε παράκτιους υδροφορείς
 - Hydraulic bench-Εργαστηριακός πάγκος-αντλία υποδοχής/τοποθέτησης των εργαστηριακών οργάνων για την υλοποίηση των εργαστηριακών ασκήσεων
 - Εργαστηριακή συσκευή μέτρησης πίεσης ρευστού σε κλειστό αγωγό, τύπου Bourdon
 - Εργαστηριακή συσκευή μέτρησης ροής πάνω από ρυθμιστικό φράγμα μεταβαλλόμενης διατομής
 - Εργαστηριακή Συσκευή επίδειξης θεωρήματος Bernoulli
 - Εργαστηριακή συσκευή ανοιχτού καναλιού ροής-Επίδειξη βασικών φαινομένων σχετικά με τη ροή σε ανοικτούς αγωγούς, επίδειξη υδραυλικού άλματος
 - Εργαστηριακή συσκευή μέτρησης παροχής χρησιμοποιώντας μετρητές ροής όπως: venturi meter, variable area meter, orifice plate
 - Εργαστηριακή συσκευή μέτρησης ενεργειακών απωλειών σε κλειστό αγωγό για διαφορετικές παροχές και τύπους ροής (Τυρβώδης, Στρωτή)
 - Εργαστηριακή συσκευή μέτρησης υδροστατικής πίεσης-Υπολογισμός του μέτρου της υδροστατικής δύναμης και προσδιορισμός του σημείου εφαρμογής της σε βυθισμένες και ημι-βυθισμένες επιφάνειες

Υφιστάμενη υποδομή για Ερευνητικούς σκοπούς

- Καταγραφέας δεδομένων πεδίου σε πραγματικό χρόνο (data logger)

Πραγματοποιεί μέτρηση-καταγραφή του πιεζομετρικού ύψους (στάθμης) και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού (αγωγιμότητα, pH, θερμοκρασία, συγκέντρωση χλωριόντων, ποσοστό διαλυμένου οξυγόνου) σε γεώτρηση παρατήρησης. Διαθέτει αυτόνομη λειτουργία με φωτοβολταϊκό σύστημα και data logger με δυνατότητα μακροπρόθεσμης αποθήκευσης δεδομένων πεδίου. Επίσης διαθέτει δειγματολήπτες νερού τριών διαφορετικών διατομών.

- Τηλεμετρικοί μετεωρολογικοί και υδρομετρικοί σταθμοί

Εγκατάσταση και λειτουργία δυο τηλεμετρικών μετεωρολογικών και δυο τηλεμετρικών υδρομετρικών σταθμών στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί έχουν την δυνατότητα μέτρησης των παρακάτω μετεωρολογικών παραμέτρων: α) θερμοκρασία αέρα, β) βροχόπτωση, γ) υγρασία ατμόσφαιρας, δ) ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ε) ταχύτητα ανέμου και ζ) διεύθυνση ανέμου. Οι αντίστοιχοι υδρομετρικοί σταθμοί, έχουν εγκατασταθεί σε σταθερά και διαμορφωμένα σημεία της κοίτης του ποταμού και είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες μέτρησης στάθμης επιφανειακών υδάτων. Η μετάδοση των δεδομένων από τους αντίστοιχους σταθμούς γίνεται μέσω κινητής τηλεφωνίας (τηλεμετρικό σύστημα), ενώ η συγκέντρωση και επεξεργασία τους πραγματοποιείται σε κεντρικό υπολογιστή του Εργαστηρίου Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής - Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος (Πολυτεχνείου Κρήτης).

- Φορητή μονάδα μέτρησης και καταγραφής υγρασίας, αγωγιμότητας και θερμοκρασίας εδάφους / υποστρωμάτων του οίκου DECAGON Αμερικής.

Η φορητή μονάδα περιέχει αισθητήρες που είναι σχεδιασμένοι για την ταυτόχρονη μέτρηση των παραπάνω παραμέτρων οι οποίες είναι εξαιρετικά σημαντικές για την ανάπτυξη των φυτών. Η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας πραγματοποιείται μέσω του προσδιορισμού της διηλεκτρικής σταθεράς του μέσου (έδαφος, υπόστρωμα, κτλ). Οι αισθητήρες είναι κατάλληλοι για κάθε είδους έδαφος. Δυνατότητα μέτρησης της υγρασίας σε εντελώς ξηρό έως κορεσμένο έδαφος. Εύρος μέτρησης της αγωγιμότητας από 0 έως 25 dS/m (bulk). Εύρος μέτρησης της θερμοκρασίας από - 40°C έως +50°C. Η φορητή μονάδα διαθέτει ευανάγνωστη οθόνη για την ταυτόχρονη παρουσίαση

των μετρήσεων υγρασίας, αγωγιμότητας και θερμοκρασίας. Οι αποθηκευμένες μετρήσεις μεταφέρονται στον υπολογιστή σε μορφή EXCELL, μέσω του λογισμικού που συνοδεύει το όργανο. Συνοδεύεται από σκληρό βαλιτσάκι μεταφοράς και αποθήκευσης.

Υπολογιστικά πακέτα

Το μοντέλο **PTC** (Princeton Transport Code) είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης της κίνησης του υπόγειου νερού καθώς και συντηρητικών ρυπαντών μέσα σε αυτό. Χρησιμοποιεί αριθμητικές μεθόδους για την επίλυση των εξισώσεων που προκύπτουν από την εφαρμογή της αρχής διατήρησης της μάζας του νερού ή του ρυπαντή αντίστοιχα σε έναν όγκο ελέγχου. Για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου ομοιώματος της περιοχής μελέτης, τη χωρίζει σε οριζόντια επίπεδα και εφαρμόζει διακριτοποίηση πεπερασμένων στοιχείων σε κάθε ένα από αυτά και κατόπιν τα συνδέει κατακόρυφα με διακριτοποίηση πεπερασμένων διαφορών. Το μοντέλο έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει στους κόμβους του πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων, το υδραυλικό ύψος, την ταχύτητα του νερού στην x και την y κατεύθυνση καθώς και τη συγκέντρωση ενός συντηρητικού ρυπαντή. Το μοντέλο λειτουργεί μέσα από την πλατφόρμα Argus ONE που παρέχει τη δυνατότητα να εισαχθούν, σε ξεχωριστά επίπεδα (layers), δεδομένα για υψόμετρο, βροχόπτωση, υδραυλική αγωγιμότητα, αντλήσεις, αρχικές και οριακές συνθήκες και ό,τι άλλο χρειάζεται το μοντέλο. Τα αποτελέσματα μπορούν πάλι, αφού εισαχθούν σε ένα επίπεδο του Argus ONE, να παρουσιαστούν με τη μορφή διαγραμμάτων που παρουσιάζουν ισοδυναμικές καμπύλες (υδραυλικού ύψους ή συγκέντρωσης) ή το διάνυσμα της ταχύτητας του νερού.

Το μοντέλο **MODFLOW** αποτελεί ένα εύχρηστο και διαδεδομένο τρισδιάστατο μοντέλο το οποίο επιλύει ένα σύστημα μερικών διαφορικών εξισώσεων με σκοπό την ακριβή προσομοίωση την υπόγειας ροής και της μεταφοράς ρύπων μέσα από αυτό. Το μοντέλο **MODFLOW** χρησιμοποιεί τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών στις τρεις διαστάσεις, όπου το συνεχές σύστημα αντικαθίσταται από ένα πεπερασμένο αριθμό διακριτών σημείων τόσο ως προς το χώρο, όσο και ως προς το χρόνο. Με τη βοήθειά του πραγματοποιούνται μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις των γεωτρήσεων, ποταμών, εξατμισοδιαπνοής, και των εισροών και εκροών ακόμη και σε υδροφορείς έντονης ετερογένειας και σύνθετων οριακών συνθηκών. Η περιοχή μελέτης υποδιαιρείται σε

κυψελίδες με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός πλέγματος στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα μεταβλητής διακριτοποίησης. Το **MODFLOW** επιτρέπει την εισαγωγή, σε ξεχωριστά επίπεδα δεδομένων για υψόμετρο, βροχόπτωση, υδραυλική αγωγιμότητα, αντλήσεις, αρχικές και οριακές συνθήκες. Η αριθμητική λύση των συστημάτων αυτών δίνει τιμές για το φορτίο σε συγκεκριμένα σημεία του χώρου και για συγκεκριμένα χρονικά βήματα. Η εφαρμογή του μοντέλου **MODFLOW** πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού Visual MODFLOW 4.2.

GIS (Arc View GIS 9.2& 10)

Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απεικόνισης πληροφοριών σχετικών με ζητήματα γεωγραφικής φύσης. Μία καινοτόμος τεχνολογία, η οποία ως κύριο σκοπό έχει την ανάλυση και την μελέτη του τρισδιάστατου χώρου στον οποίο ζούμε, καθώς και την λήψη αποφάσεων για το φυσικό περιβάλλον και τον άνθρωπο.

HSPF

Το μοντέλο HSPF προσομοιώνει το χρόνο ανταπόκρισης της ροής μέσα στην λεκάνη απορροής λαμβάνοντας υπόψη γεωχημικές και υδρολογικές παραμέτρους και δίνει μια ποσοτική εκτίμηση των θρεπτικών στα επιφανειακά νερά. Είναι ένα φυσικό μοντέλο λεκάνης απορροής που ενσωματώνει τα δεδομένα του σε περιβάλλον GIS. Το μοντέλο ενσωματώνει σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης προσομοιώνοντας την τύχη και τη μεταφορά αυτών. Το υπομοντέλο BASIN ενσωματώνεται στο μοντέλο HSPF και μπορεί να διαιρέσει την λεκάνη απορροής σε υπολεκάνες κάθε μια από τις οποίες έχει ομοιόμορφα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά. Κάθε υπολεκάνη μπορεί επιπλέον να υποδιαιρεθεί σε διαπερατά και λιγότερο διαπερατά εδαφικά υποστρώματα και ποτάμια συστήματα. Το μοντέλο HSPF προσομοιώνει τη ροή σε ποτάμια, λίμνες, ταμιευτήρες και υπόγεια ύδατα. Μπορεί επίσης να συμπεριλάβει πρακτικές αρδεύσεις και διαχείρισης υδατικών πόρων, ενώ το χρονικό του βήμα είναι ωριαίο.

MIKE SHE, DHI software

Ενοποιημένο υδρολογικό μοντέλο το οποίο περιέχει υπολογιστικούς αλγορίθμους που περιγράφουν όλες τις διαδικασίες του υδρολογικού κύκλου. Πιο συγκριμένα έχει την δυνατότητα

μελέτης: α) εξατμισοδιαπνοής, β) επιφανειακής απορροής, γ) ροής σε ακόρεστη ζώνη, δ) ροή σε κορεσμένη ζώνη και ε) ροή σε ποτάμια συστήματα, καθώς και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Επίσης έχει την δυνατότητα προσομοίωσης πλημμυρικών γεγονότων.

MIKE 11, DHI software

1D Υδραυλικό μοντέλο αναλυτικής προσομοίωσης της ροής σε σύνθετα ποτάμια συστήματα και κανάλια. Το μοντέλο MIKE 11 παρέχει υπολογιστικά σχήματα διαφορετικής πολυπλοκότητας, όπως απλά μοντέλα διάδοσης τύπου Muskingum έως σύνθετα σχήματα επίλυσης των εξισώσεων Saint-Venant. Η προσομοίωση της ροής γίνεται με εφαρμογή ενός σχήματος πεπερασμένων διαφορών.

MIKE 21, DHI software

2D Υδροδυναμικό μοντέλο προσομοίωσης και μετάδοσης πλημμυρικού κύματος και στερεομεταφοράς μέσω της πλήρους συνδυασμένης δυναμικής προσομοίωσης μεταξύ ποτάμινων συστημάτων και πεδιάδας κατάκλυσης (floodplain area). Το μοντέλο MIKE 21 επιλύει δίκτυα πεπερασμένων ορθογωνίων στοιχείων.

MIKE FLOOD, DHI software

1D & 2D ολοκληρωμένο πακέτο μοντελοποίησης πλημμυρικών φαινομένων. Το MIKE FLOOD συνδυάζει στο ίδιο περιβάλλον εργασίας το μονοδιάστατο μοντέλο MIKE 11 και το δισδιάστατο μοντέλο MIKE 21. Μεταξύ των μοντέλων MIKE 11 και MIKE 21 υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία για κάθε ένα χρονικό βήμα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Μερικές από τις κύριες δυνατότητες του πακέτου μοντελοποίησης MIKE FLOOD είναι:

- ✓ Προσομοίωση πλημμύρας, αντιπλημμυρικών έργων και οριοθέτηση πεδιάδας κατάκλυσης,
- ✓ Αξιολόγηση και σχεδιασμός κατασκευών ελέγχου και αντιμετώπισης της πλημμύρας,
- ✓ Ταχεία αξιολόγηση πλημμυρικών φαινομένων,
- ✓ Χαρτογράφηση πλημμυρικής επικινδυνότητας,

- ✓ Ανάλυση πλημμυρικού κινδύνου για βιομηχανικές, αστικές περιοχές ή περιοχές πολιτιστικής κληρονομιάς,
- ✓ Σχεδιασμός πρόληψης πλημμυρικών καταστροφών, για παράδειγμα σχεδιασμό αστικών οδών εκκένωσης και προτεραιοτήτων,
- ✓ Μελέτες αστοχίας αντιπλημμυρικών έργων,
- ✓ Αξιολόγηση της ανταλλαγής νερού μεταξύ ποταμών, πεδιάδων κατάκλυσης, τελμάτων, λιμνών, ταμιευτήρων και αγωγών αστικών δικτύων ομβρίων/αποχέτευσης,
- ✓ Ταυτόχρονη προσομοίωση πλημμύρας ποταμού και κύματος καταιγίδας (storm surge flooding).

Το **FEFLOW** είναι ένα σύστημα προσομοίωσης της υπόγειας ροής και της μεταφοράς μάζας ή/και θερμότητας για τρισδιάστατα και δισδιάστατα μοντέλα. Παρέχει την δυνατότητα μοντελοποίησης της ροής σε ρήγματα, αγωγούς και κανάλια μέσω του ενσωματωμένου συστήματος μονοδιάστατων και δισδιάστατων διακριτών στοιχείων. Το σύστημα προσομοίωσης FEFLOW, βασίζεται στην εξίσωση συνέχειας και στις αρχές διατήρησης της μάζας, των χημικών ειδών, της γραμμικής ορμής και της ενέργειας σε μία τρισδιάστατη (ή και δισδιάστατη) αριθμητική ανάλυση. Για την επίλυση των εξισώσεων το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Το σύστημα μοντελοποίησης FEFLOW παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για την προσομοίωση της υπόγειας ροής σε υπόγεια υδατικά συστήματα στα οποία η ροή εξαρτάται από την πυκνότητα. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς μπορεί να μελετηθεί η υπόγεια ροή σε παράκτιους υδροφορείς στους οποίους λαμβάνει χώρα εισροή θαλασσινού νερού. Μια ακόμα σημαντική δυνατότητα που παρέχεται από το FEFLOW είναι η προσομοίωση της ροής και της μεταφοράς μάζας ή/και θερμότητας σε κορεσμένη ή/και σε ακόρεστη ζώνη.

Επιπλέον το FEFLOW παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων μέσω GIS, τη δυνατότητα προγραμματισμού από τον χρήστη, ξεχωριστά εργαλεία για γεωαναφορά εικόνων (FEMAP), παραγωγή σχεδίων (FEPLOT/XPLOT), προσαρμογή παραμέτρων για ακόρεστη ροή/προσρόφηση (FE-LM²) και τρισδιάστατη απεικόνιση, κίνηση ομοιωμάτων και εξαγωγή βίντεο (FEFLOW explorer). Τέλος, το σύστημα μοντελοποίησης FEFLOW επιτρέπει τη μοντελοποίηση υδροφορέων με μία, καμία ή πολλαπλές ελεύθερες επιφάνειες. Το FEFLOW μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της χωρικής και χρονικής κατανομής των υδραυλικών υψών

και της συγκέντρωσης των ρυπαντών των υπόγειων υδάτων, τη μοντελοποίηση γεωθερμικών διαδικασιών, τη μελέτη της διείσδυσης θαλασσινού νερού λόγω άντλησης υπόγειου νερού ή/και μεταλλευτικών δραστηριοτήτων σε παράκτιες περιοχές, την εκτίμηση της διάρκειας και των χρόνων μετακίνησης των ρυπαντών σε ένα υδροφορέα, το σχεδιασμό στρατηγικών αποκατάστασης και για να συμβάλλει στο σχεδιασμό εναλλακτικών και λειτουργικών σχημάτων παρακολούθησης.

Το **MOVER** είναι ένα δισδιάστατο πολυφασικό μοντέλο πεπερασμένων διαφορών που μπορεί να προσομοιώσει την κίνηση νερού, αέρα και πετρελαιοειδών (LNAPL) στο υπέδαφος και να βελτιστοποιήσει την ανάκτηση πετρελαϊκού προϊόντος και νερού ελαχιστοποιώντας την ποσότητα προϊόντος που παγιδεύεται στην ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη. Ένα υπο-μοντέλο του **MOVER** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση συζευγμένης ροής (coupled flow) κάτω από συνθήκες στατικής ατμοσφαιρικής πίεσης για την αέρια φάση. Το **MOVER** έχει τη δυνατότητα προσομοίωσης ετερογενών, ανισοτροπικών και ρηγματωμένων μέσων. Επίσης, προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης ισοπαραμετρικών στοιχείων για την ακριβέστερη περιγραφή των φυσικών/υδραυλικών ορίων. Το μοντέλο **MOVER** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό βέλτιστων συστημάτων ανάκτησης πετρελαϊκού προϊόντος με τη χρήση διάφορων τεχνικών (free phase recovery, vacuum enhanced recovery, bioslurping) και υδραυλικού περιορισμού κάτω από σύνθετες υδρογεωλογικές συνθήκες, με σκοπό τη μείωση του κόστους αποκατάστασης περιοχών που έχουν ρυπανθεί από πετρελαιοειδή.

Το **BIOF&T 3-D** είναι τρισδιάστατο μοντέλο πεπερασμένων διαφορών το οποίο παρέχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης της υπόγειας ροής και μεταφοράς μη συντηρητικών ρυπαντών σε ετερογενή, ανισοτροπικά και ρηγματωμένα μέσα. Το **BIOF&T 3-D** έχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης των διαδικασιών της συμμεταφοράς, διάχυσης, διασποράς, προσρόφησης, απορρόφησης και μικροβιακών διαδικασιών που στηρίζονται σε κινητικές βιοαποικοδόμησης με περιοριστικό παράγοντα το οξυγόνο (oxygen-limited), αναερόβιες, πρώτου είδους ή τύπου Monod καθώς και αναερόβιες ή πρώτου είδους διαδοχικής αποικοδόμησης πολλαπλών προϊόντων διάσπασης.

Το μοντέλο **BIOF&T 3-D** μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το **MOVER** για την προσομοίωση της μεταφοράς της υδροδιαλυτής φάσης των NAPL. Ο ρόλος του μοντέλου **MOVER** είναι διπλός: 1) δημιουργεί αρχεία εισαγωγής που διαβάζονται από το **BIOF&T 3-D** τα οποία περιέχουν την αρχική κατανομή του NAPL για τη μοντελοποίηση της μεταφοράς στην υγρή φάση και 2) πραγματοποιεί την ενημέρωση του μοντέλου **BIOF&T 3-D** σχετικά με τη χρονική και χωρική αλλαγή της πηγής ρύπανσης κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Τα μοντέλα **MOVER** και **BIOF&T 3-D** διαθέτουν τα δικά τους περιβάλλοντα εργασίας που αποτελούνται και στις 2 περιπτώσεις από 3 κομμάτια: 1) τον *mesh editor* για την κατασκευή του πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων 2) τον *pre-processor* για την εισαγωγή των δεδομένων του προβλήματος και 3) τον *post-processor* για τη γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Το λογισμικό **RAM** αποτελεί ένα εργαλείο λήψης ποσοτικοποιημένων αποφάσεων σε θέματα ρύπανσης υπογείων νερών από πηγές τόσο στην επιφάνεια του εδάφους (διαρροές, βιομηχανίες, ανεξέλεγκτες χωματερές, βενζινάδικα κ.λ.π) όσο και στα υπόγεια νερά. Η ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητας είναι συμβατή με πρότυπα και μεθοδολογίες (Remedial Targets Methodology) που αναπτύχθηκαν στην Αγγλία από το Environment Agency, όσο και με αντίστοιχες (Risk Based Corrective Action - RBCA) που αναπτύχθηκαν στις ΗΠΑ από την American Society for Testing and Materials (ASTM). Ακολουθεί το γενικό πρότυπο Πηγή - Δίοδος - Αποδέκτης (Source-Pathway-Receptor) και παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού της συγκέντρωσης ενός ρύπου στα υπόγεια νερά σε μια υποθετική απόσταση από την πηγή ρύπανσης, εξετάζοντας τη λειτουργία διαφορετικών μηχανισμών αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Αντίστροφα, είναι δυνατός ο υπολογισμός της επιτρεπτής συγκέντρωσης ενός ρύπου στην πηγή ρύπανσης, ώστε αυτός να βρίσκεται κάτω από τα αποδεκτά όρια στο σημείο ενδιαφέροντος. Το λογισμικό αποτελεί εργαλείο λήψης αποφάσεων, αφού ανάλογα με τα αποτελέσματα λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας ή και αποκατάστασης του περιβάλλοντος. Ανήκει στα λεγόμενα spreadsheet models και χρησιμοποιεί το MS Excel ως πλατφόρμα εργασίας, διασφαλίζοντας έτσι ένα σχετικά γνώριμο περιβάλλον για το χρήστη. Είναι ένα μονοδιάστατο (1-D) προσομοίωμα που μετατρέπει το Excel από ένα απλό φύλλο δεδομένων σε ένα εργαλείο ανάλυσης δεδομένων και υπολογισμού περιβαλλοντικών παραμέτρων είτε με απλές αναλυτικές επιλύσεις, είτε με πολύπλοκες αριθμητικές επιλύσεις κάνοντας χρήση της εξίσωσης Laplace.

Το λογισμικό **Matlab version R13** αποτελεί ένα μαθηματικό πακέτο αλλά και μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου για την μελέτη κάθε είδους μαθηματικών συναρτήσεων. Το εργαστήριο διαθέτει και τα πρόσθετα πακέτα της **Matlab** Simulink και Genetic algorithms.

Το εργαστήριο Γεωπεριβαλλοντικής μηχανικής διαθέτει επίσης μια συσκευή GPS και μια σειρά από Υπολογιστές για τις ανάγκες υλοποίησης του ερευνητικού του έργου:

- ο Υπολογιστική υποδομή
 - Υπολογιστές με επεξεργαστές AMD Ryzen 7 3^{ης} γενιάς
 - Υπολογιστές με επεξεργαστές Intel Core i5 10^{ης} γενιάς
 - Υπολογιστές με επεξεργαστές Intel Core i5 7^{ης} γενιάς