

***«Διαδραστικός Χάρτης Παρακολούθησης Θαλάσσιας Ρύπανσης και Ποιότητας Ακτών»***

Κούμπου Ελένη Ευαγγελία  
Κούμπος Ματθαίος  
Θωμάς Παπαστεργίου

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ – ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ – ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2025

# Πίνακας Περιεχομένων

* **1. Εισαγωγή** .............................................................................. σελ. 2
* **2. Τεχνολογίες** .......................................................................... σελ. 3  
   2.1. Frontend – Διεπαφή Χρήστη  
   2.2. Backend – Λογική Επεξεργασίας  
   2.3. Machine Learning – Μοντέλο Πρόβλεψης Αλατότητας  
   2.4. Chatbot – Διάδραση με τον Χρήστη
* **3. Υλοποίηση** .......................................................................... σελ. 4  
   3.1. Διαδραστικός Χάρτης Ακτών  
   3.2. Λειτουργία Αναζήτησης (Search Bar)  
   3.3. Ζωντανά Μετεωρολογικά Δεδομένα  
   3.4. Chatbot Πληροφόρησης  
   3.5. Μοντέλο Πρόβλεψης Αλατότητας (Θερμαϊκός Κόλπος)  
   3.6. Βάση Δεδομένων
* **4. Συμπεράσματα** .................................................................. σελ. 7
* **5. Βιβλιογραφία / Πηγές** ...................................................... σελ. 8

## 1. Εισαγωγή

Η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και η σωστή ενημέρωση του κοινού για την ποιότητα των υδάτων στις παράκτιες περιοχές αποτελούν σημαντικές προτεραιότητες στη σύγχρονη εποχή. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός διαδραστικού διαδικτυακού συστήματος που επιτρέπει την παρακολούθηση και την παροχή πληροφόρησης σχετικά με τη ρύπανση των ακτών του Νομού Θεσσαλονίκης.

Στο επίκεντρο του συστήματος βρίσκεται ένας διαδραστικός χάρτης, εμπλουτισμένος με πολλαπλές λειτουργίες και δεδομένα. Ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί σε πραγματικό χρόνο για τη θερμοκρασία στους δήμους της περιοχής, να δει σημάνσεις (markers) για κάθε ακτή με στοιχεία σχετικά με την ποιότητά της, να χρησιμοποιήσει ένα φιλικό chatbot για να αναζητήσει πληροφορίες, αλλά και να συμβουλευτεί ένα μοντέλο πρόβλεψης που εκτιμά την αλατότητα του νερού.

Παράλληλα, μέσω heatmap αποτυπώνεται γραφικά η καθαρότητα των ακτών, διευκολύνοντας την άμεση κατανόηση της κατάστασης σε κάθε σημείο. Η εφαρμογή συνδυάζει τεχνολογίες χαρτογράφησης, ανάλυσης δεδομένων και τεχνητής νοημοσύνης με σκοπό να ενισχύσει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και να προσφέρει στους πολίτες ένα αξιόπιστο και εύχρηστο εργαλείο ενημέρωσης για τις ακτές του τόπου τους.

## 2. Τεχνολογιες

 2.1. Frontend – Διεπαφή Χρήστη

* **HTML5 / CSS3**: Για τη δημιουργία της δομής και του οπτικού σχεδιασμού της ιστοσελίδας.
* **JavaScript**: Για την προσθήκη διαδραστικών λειτουργιών, όπως η δυναμική φόρτωση των σημάνσεων στον χάρτη.
* **Leaflet.js**: Βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα για διαδραστικούς χάρτες, που επιτρέπει την εμφάνιση markers, heatmap και πληροφοριακών παραθύρων (tooltips/popups).
* **OpenWeatherMap API**: Για την απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο της θερμοκρασίας στους δήμους του Νομού Θεσσαλονίκης.

 2.2. Backend – Λογική Επεξεργασίας

* **Python**: Χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του chatbot, την επεξεργασία των μετρήσεων και την εκπαίδευση του μοντέλου πρόβλεψης.
* **Flask**: Ελαφρύ web framework σε Python για την ανάπτυξη των APIs που εξυπηρετούν τις αιτήσεις από το frontend.
* **SQLite**: Ελαφριά σχεσιακή βάση δεδομένων για την αποθήκευση των μετρήσεων ποιότητας ακτών και των τιμών πρόβλεψης.
* **PostgreSQL**: Για την παραγωγική έκδοση του συστήματος αξιοποιήθηκε η PostgreSQL, ένα ισχυρό και επεκτάσιμο σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων, το οποίο υποστήριξε αποδοτικά τις γεωχωρικές πληροφορίες (με χρήση του PostGIS) και την αποθήκευση των μετρήσεων σε μεγαλύτερη κλίμακα.

 2.3. Machine Learning – Μοντέλο Πρόβλεψης Αλατότητας

* **Scikit-learn**: Για την υλοποίηση και εκπαίδευση του μοντέλου πρόβλεψης της αλατότητας, με χρήση υπαρκτών δεδομένων και τεχνικών παλινδρόμησης.
* **Pandas & NumPy**: Για την επεξεργασία και διαχείριση των δεδομένων εισόδου/εξόδου.
* **Matplotlib / Seaborn**: Για τη δημιουργία διαγραμμάτων που παρουσιάζουν την ακρίβεια του μοντέλου και τις προβλέψεις.

2.4. Chatbot – Διάδραση με τον Χρήστη

* **Flask API**: Παρέχει endpoints που επιτρέπουν την αποστολή και λήψη μηνυμάτων από το chatbot.

## 3. Υλοποιηση

Η υλοποίηση της εφαρμογής οργανώθηκε σε διακριτά υποσυστήματα που συνεργάζονται μεταξύ τους ώστε να προσφέρουν μια ολοκληρωμένη εμπειρία πληροφόρησης και αλληλεπίδρασης στον χρήστη. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά μέρη του συστήματος:

3.1. Διαδραστικός Χάρτης Ακτών

Ο βασικός πυρήνας του συστήματος είναι ο διαδραστικός χάρτης, ο οποίος δημιουργήθηκε με χρήση της βιβλιοθήκης Leaflet.js. Πάνω στον χάρτη έχουν προστεθεί:

* Σημάνσεις (markers) για κάθε ακτή του νομού Θεσσαλονίκης, οι οποίες συνοδεύονται από πληροφορίες όπως το όνομα της ακτής, γεωγραφικές συντεταγμένες και τιμές ρύπανσης (όπως pH, μικροβιακό φορτίο κ.ά.).
* Heatmap που βασίζεται σε χρωματική διαβάθμιση για την απεικόνιση της ποιότητας των ακτών σε επίπεδο νομού.

Αλληλεπίδραση με τον χρήστη: με κλικ σε κάθε marker, εμφανίζονται οι σχετικές.

3.2. Λειτουργία Αναζήτησης (Search Bar)

Η εφαρμογή περιλαμβάνει λειτουργική μπάρα αναζήτησης, η οποία επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει το όνομα μιας ακτής ή περιοχής (π.χ. *Καλλιθέα*, *Βουρβουρού*) και να εντοπίσει άμεσα τη θέση της στον χάρτη.

Κατά την εισαγωγή ενός όρου:

* Πραγματοποιείται έλεγχος των διαθέσιμων ονομάτων ακτών μέσω της βάσης δεδομένων.
* Εφόσον εντοπιστεί αντιστοιχία, ο χάρτης μετακινείται αυτόματα στις γεωγραφικές συντεταγμένες (latitude, longitude) της συγκεκριμένης ακτής, επιτρέποντας άμεση οπτική πρόσβαση στα δεδομένα της.

Η αναζήτηση υποστηρίζει πληκτρολόγηση σε ελληνικούς χαρακτήρες, καθώς και χρήση παραδειγμάτων στο πεδίο εισαγωγής (placeholder) για καθοδήγηση του χρήστη, π.χ. *«Π.χ. ΒΟΥΡΒΟΥΡΟΥ»*.

Η λειτουργία αυτή ενισχύει σημαντικά τη χρηστικότητα της εφαρμογής, ειδικά σε περιπτώσεις όπου ο χρήστης γνωρίζει το όνομα της ακτής αλλά δεν γνωρίζει την ακριβή τοποθεσία της στον χάρτη.

3.3. Ζωντανά Μετεωρολογικά Δεδομένα

Η εφαρμογή παρέχει προβολή σε πραγματικό χρόνο των μετεωρολογικών συνθηκών για όλους τους δήμους του Νομού Θεσσαλονίκης. Χρησιμοποιώντας το OpenWeatherMap API, αντλούνται δεδομένα που ενημερώνονται αυτόματα κάθε 5 λεπτά.

Οι πληροφορίες προβάλλονται σε διακριτές κάρτες (cards) ανά δήμο και περιλαμβάνουν:

* Όνομα δήμου
* Τρέχουσα θερμοκρασία (°C)
* Καιρικές συνθήκες (π.χ. ελαφρές νεφώσεις)
* Εικονίδιο καιρού

Η παρουσίαση των στοιχείων είναι φιλική προς τον χρήστη, με καθαρή οργάνωση και δυνατότητα εναλλαγής θέματος (Dark/Light Mode). Επιπλέον, κατά το hover πάνω σε οποιαδήποτε κάρτα, εμφανίζονται επιπρόσθετες λεπτομέρειες:

* Υγρασία
* Ταχύτητα ανέμου
* Ώρα ανατολής ηλίου
* Ώρα δύσης ηλίου

Αυτή η λειτουργία προσφέρει πληροφορία κατ’ απαίτηση, χωρίς να επιβαρύνει την αρχική προβολή, διατηρώντας την αισθητική καθαρή και ταυτόχρονα λειτουργική.

3.4. Chatbot Πληροφόρησης

Το chatbot αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την άμεση λήψη πληροφοριών σχετικά με τις ακτές. Υλοποιήθηκε με Flask backend και JavaScript frontend και περιλαμβάνει:

* Υποστήριξη λέξεων-κλειδιών για την αναζήτηση ακτών και πληροφοριών ρύπανσης (π.χ. pH, ποιότητα, φύκια, σκουπίδια).
* Αυτόματη αναγνώριση πολλαπλών επιλογών: Σε περιπτώσεις όπου η αναζήτηση ταιριάζει με περισσότερες από μία ακτές (π.χ. "Αγία Τριάδα 1", "Αγία Τριάδα 2"), ο χρήστης καλείται να επιλέξει τη σωστή.

3.5. Μοντέλο Πρόβλεψης Αλατότητας (Θερμαϊκός Κόλπος)

Στην εφαρμογή έχει ενσωματωθεί ένα μοντέλο πρόβλεψης της αλατότητας του θαλασσινού νερού, το οποίο αφορά αποκλειστικά τον Θερμαϊκό Κόλπο. Το μοντέλο αναπτύχθηκε με χρήση της βιβλιοθήκης scikit-learn και του αλγορίθμου Random Forest Regression, με στόχο την πρόβλεψη της αλατότητας βάσει περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συμπληρώσει μία ειδικά διαμορφωμένη φόρμα εισαγωγής τιμών, καταχωρώντας μεταβλητές όπως, θερμοκρασία νερού (°C), διαφάνεια νερού (m), αγωγιμότητα (μS/cm), pH, κλπ.

Με την υποβολή της φόρμας:

* Τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω API στο backend της εφαρμογής.
* Το εκπαιδευμένο μοντέλο επιστρέφει την προβλεπόμενη τιμή αλατότητας με βάση τα στοιχεία που δόθηκαν.
* Η πρόβλεψη αυτή εμφανίζεται απευθείας στην οθόνη στον χρήστη, δίνοντας τη δυνατότητα εκτίμησης της ποιότητας του νερού στον Θερμαϊκό χωρίς να απαιτούνται επιτόπιες μετρήσεις.

Η δυνατότητα αυτή προσφέρει μια ευέλικτη και γρήγορη λύση για την εκτίμηση της αλατότητας, βασισμένη σε μετρήσιμα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά, χωρίς να απαιτείται εξειδικευμένος εξοπλισμός.

3.6. Βάση Δεδομένων

Όλα τα δεδομένα (μετρήσεις ακτών, προβλέψεις, κωδικοί ακτών, metadata) είναι αποθηκευμένα σε SQLite και ενημερώνονται μέσω κατάλληλων Python scripts. Οι πίνακες περιλαμβάνουν:

* Πληροφορίες για κάθε ακτή (όνομα, συντεταγμένες, κωδικός bwid)
* Μετρήσεις ανά τύπο (π.χ. ph, conc\_ec, trash)
* Προβλεπόμενες τιμές αλατότητας  
  Η σύνδεση της βάσης με το Flask backend επιτρέπει δυναμική ανάκτηση δεδομένων και real-time απαντήσεις του chatbot.

## 4. συμπερασματα

Η παρούσα εργασία ανέδειξε τη δυνατότητα αξιοποίησης τεχνολογικών εργαλείων ανοιχτού κώδικα για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα που σχετίζονται με τη ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Μέσω της ανάπτυξης ενός διαδραστικού συστήματος πληροφόρησης, δόθηκε έμφαση στην εύκολη και κατανοητή απεικόνιση περιβαλλοντικών δεδομένων που αφορούν τις ακτές του Νομού Θεσσαλονίκης.

Ο συνδυασμός χαρτογραφικής απεικόνισης, θερμομετρικών δεδομένων, πρόβλεψης αλατότητας και διαλογικής αλληλεπίδρασης μέσω chatbot συνέβαλε στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου εργαλείου με πρακτική χρησιμότητα για πολίτες, επισκέπτες και ερευνητές. Η χρήση ανοικτών δεδομένων, αλλά και η ενσωμάτωση τεχνικών μηχανικής μάθησης, προσφέρει τη δυνατότητα δυναμικής επέκτασης και εξέλιξης της εφαρμογής.

Η εμπειρία υλοποίησης κατέδειξε επίσης τη σημασία της σωστής οργάνωσης και διαχείρισης των δεδομένων, της αξιοπιστίας των πηγών, καθώς και της φιλικής προς τον χρήστη παρουσίασης της πληροφορίας. Η εργασία αυτή αποτελεί ένα παράδειγμα του πώς η τεχνολογία μπορεί να αξιοποιηθεί για την περιβαλλοντική ενημέρωση και δράση σε τοπικό επίπεδο.

## 5. Βιβλιογραφια/ πηγεσ

1. **OpenWeatherMap** – Real-time weather data API.  
   Διαθέσιμο από: https://openweathermap.org/api
2. **Leaflet.js** – JavaScript βιβλιοθήκη για διαδραστικούς χάρτες.  
   Διαθέσιμο από: <https://leafletjs.com>
3. **SQLite** – Lightweight relational database engine.  
   Διαθέσιμο από: <https://sqlite.org>
4. **Flask Framework** – Python microframework για ανάπτυξη web εφαρμογών.  
   Διαθέσιμο από: https://flask.palletsprojects.com
5. **Scikit-learn** – Εργαλειοθήκη Python για μηχανική μάθηση.  
   Διαθέσιμο από: <https://scikit-learn.org>
6. **Pandas** – Python βιβλιοθήκη για ανάλυση και χειρισμό δεδομένων.  
   Διαθέσιμο από: https://pandas.pydata.org
7. **NumPy** – Υποστήριξη αριθμητικών πράξεων και πινάκων στην Python.  
   Διαθέσιμο από: <https://numpy.org>
8. **Matplotlib & Seaborn** – Βιβλιοθήκες για οπτικοποίηση δεδομένων στην Python.  
   Διαθέσιμο από:
   * <https://matplotlib.org>
   * https://seaborn.pydata.org
9. **Εθνικό Δίκτυο Πληροφοριών Περιβάλλοντος (ΕΔΠΠ)** – Ανοικτά δεδομένα για ποιότητα νερών κολύμβησης.  
   Διαθέσιμο από: <https://data.gov.gr>
10. **Κώδικας και αρχεία υλοποίησης της εργασίας**  
    Προσωπικό αποθετήριο και αρχεία εφαρμογής (τοπική εγκατάσταση).
11. **OKFN Greece – Open Environmental Data**  
    Δεδομένα ακτών και ποιότητας νερού:  
    <https://tds.okfn.gr/dataset/15>