



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

**ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ  
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΛΑΔΙΟΥ ΜΕ GIS-  
GEOGRAPHICAL MAPPING OF WASTE OIL WITH  
GIS.**

**ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ (Α.Μ. 5528)  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΥΚΟΥΡΓΙΩΤΗΣ ΣΩΤΗΡΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2021**

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ- ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Με την εργασία αυτή διερευνούμε την εξάπλωση αποβλήτων λαδιού με GIS. Οι ολοένα αυξανόμενες ποσότητες αποβλήτων λαδιού σε συνδυασμό με το αποτύπωμα της ανεξέλεγκτης διάθεσης τους στο περιβάλλον, μας οδήγησε στη συγγραφή αυτής της εργασίας. Αναλύοντας αφ' ενός τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και αφετέρου τους Δείκτες Χωρικής Αυτοσυσχέτισης, διερευνούμε ποσοτικά και χρονικά την εξάπλωση των αποβλήτων λαδιού.

## **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Τηγανέλαια, απόβλητα λαδιού, βιοντίζελ, GIS, χωρικά δεδομένα, χωρική αυτοσυσχέτιση.

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών – Geographic Information System

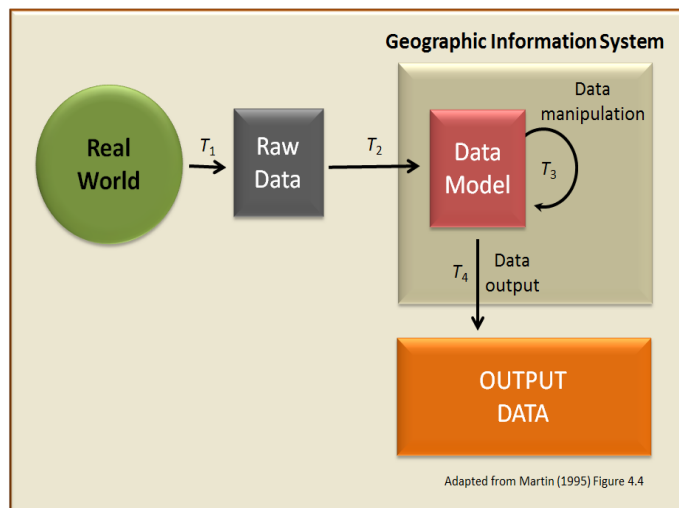
Προκειμένου να κατανοήσουμε πλήρως τι ακριβώς είναι ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (εν συντομία: Σ.Γ.Π.), πως αυτό λειτουργεί, καθώς και να ανακαλύψουμε τις δυνατότητες που αυτό προσφέρει, κρίνεται συνετό να ξεκινήσουμε με μια θεωρητική προσέγγιση, δίνοντας έναν ή ακόμα και περισσότερους ορισμούς έτσι ώστε να καλύψουμε κάθε πιθανή πτυχή του συγκεκριμένου θέματος.

Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, ευρέως γνωστό και ως Geographic Information System (GIS) είναι ένα εννοιολογικό πλαίσιο, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα σύλληψης και ανάλυσης χωρικών και γεωγραφικών δεδομένων. Οι εφαρμογές GIS είναι εργαλεία που βασίζονται σε υπολογιστή και επιτρέπουν στον χρήστη να δημιουργεί διαδραστικά ερωτήματα (αναζητήσεις που δημιουργούνται από χρήστες), να αποθηκεύει και να επεξεργάζεται χωρικά και μη χωρικά δεδομένα, να αναλύει την έξοδο χωρικών πληροφοριών και να μοιράζεται οπτικά τα αποτελέσματα αυτών των λειτουργιών, παρουσιάζοντάς τους ως χάρτες.

Ένας επιπλέον ορισμός που προσθέτει μερικά ακόμη χαρακτηριστικά στο Σ.Γ.Π. ορίζει πως πρόκειται για μια «ειδική περίπτωση συστημάτων πληροφοριών, όπου η βάση δεδομένων αποτελείται από παρατηρήσεις για χωρικά κατανεμημένα χαρακτηριστικά, δραστηριότητες ή γεγονότα, τα οποία μπορούν να οριστούν στο χώρο ως σημεία, γραμμές ή περιοχές. Ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών διαχειρίζεται δεδομένα σχετικά με αυτά τα σημεία, γραμμές και περιοχές για να ανακτήσει δεδομένα για ερωτήματα και αναλύσεις».

Οι συγκεκριμένοι ορισμοί καταδεικνύουν τα Σ.Γ.Π. περισσότερο ως πληροφοριακά συστήματα καταγραφής δεδομένων. Παρά τη σπουδαιότητα του εν λόγω χαρακτηριστικού, ωστόσο, τα Σ.Γ.Π. δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως «απλώς» πληροφοριακά συστήματα. Τα Σ.Γ.Π. λοιπόν μπορούν ακόμη να οριστούν ως «ένα ολοκληρωμένο σύστημα ηλεκτρονικών υπολογιστών, λογισμικού και εκπαιδευμένου προσωπικού που συνδέει τοπογραφικά, δημογραφικά, χρηστικά δεδομένα, εγκαταστάσεις, δεδομένα εικόνων και άλλα δεδομένα πόρων που αναφέρονται γεωγραφικά».

Επιπρόσθετα, τα Σ.Γ.Π. είναι «ένα σύστημα υπολογιστή που αναλύει και εμφανίζει πληροφορίες γεωγραφικής αναφοράς καθώς επίσης χρησιμοποιεί δεδομένα που είναι συνημμένα σε μια μοναδική τοποθεσία».



**Σχήμα 1.1** Βασική έννοια Σ.Γ.Π.

Οι παραπάνω ορισμοί προσπαθούν να δείξουν τι είναι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, τι περιλαμβάνουν καθώς και τον τρόπο με τον οποίον αυτά λειτουργούν. Ωστόσο αναφέρονται ορισμένα ακόμη ερωτήματα, όπως: «Τι περιλαμβάνει ένα Σ.Γ.Π.», «Τι είδους δεδομένα καταγράφονται και πως;» και εν τέλει «Πώς αυτά τα δεδομένα απεικονίζονται;». Απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά θα δοθούν στις επόμενες ενότητες που θα ακολουθήσουν.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

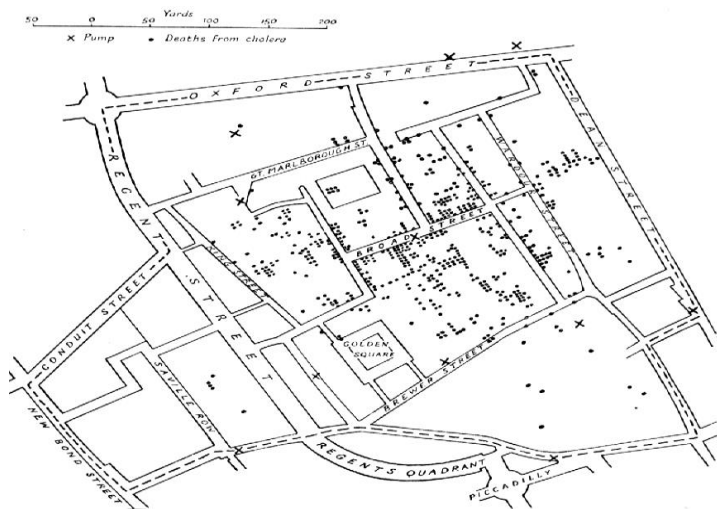
- 1.1. Ιστορική αναδρομή
- 1.2. Συστατικά μέρη Γ.Π.Σ
  - 1.2.1. Υλικό
  - 1.2.2. Λογισμικό
  - 1.2.3. Δεδομένα
  - 1.2.4. Λειτουργίες
  - 1.2.5. Ανθρώπινο δυναμικό
  - 1.2.6. Διαδίκτυο
  - 1.2.7. Γεωλογικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές
- 1.3. Χωρική Ανάλυση
- 1.4. Λογισμικό χωρικής ανάλυσης
- 1.5. Μεθολογία καταγραφής και συλλογής δεδομένων
- 1.6. Δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης
  - 1.6.1. Ορισμός
  - 1.6.2. Δείκτης μέτρησης χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran's I
  - 1.6.3. Αξιολόγηση στατιστικής σημαντικότητας του δείκτη Moran's I
  - 1.6.4. Τοπικός δείκτης Moran's I
  - 1.6.5. Δείκτης μέτρησης χωρικής αυτοσυσχέτισης Geary's C
  - 1.6.6. Δείκτης μέτρησης χωρικής αυτοσυσχέτισης Getis G
- 1.7. Λογισμικά χωρικής ανάλυσης
  - 1.7.1. Εφαρμογή χωρικής αυτοσυσχέτισης με το λογισμικό GeoDa
  - 1.7.2. Εισαγωγή δεδομένων και δημιουργία έργου στο GeoDa
  - 1.7.3. Δημιουργία βαρών
  - 1.7.4. Δημιουργία θεματικού χάρτη με το ανοιχτό λογισμικό QGIS
- 1.8. Καταγραφή και συλλογή δεδομένων
  - 1.8.1. Συλλογή χωρικών δεδομένων
  - 1.8.2. Χωρικά δεδομένα και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών
  - 1.8.3. Πηγές χωρικών δεδομένων
- 1.9. Χωρική ανάλυση χρησιμοποιημένων ελαίων WCO
- 1.10 Χωρική ανάλυση οικιακών ελαίων HO

## **ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ- ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

- Σ.Γ.Π.: Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών
- Γ.Π.Σ.: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
- G.I.S.: Geographical Information System
- Α.Λ.Ε.: Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων
- ΕΛ.ΣΤΑΤ.: Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία
- ΟΚΧΕ: Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος
- ΕΚΧΑ: Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση

## 1.1. Ιστορική αναδρομή

Ένα από τα πιο διάσημα πρώιμα παραδείγματα χωρικής ανάλυσης μπορεί να εντοπιστεί στο Λονδίνο το έτος 1854, όταν ο Δρ Τζόν Σνόου (John Snow) ήταν σε θέση να προβλέψει την εμφάνιση της επιδημίας χολέρας. Χάρη στη μελέτη που κυκλοφόρησε ο Snow, αξιωματούχοι της κυβέρνησης μπόρεσαν να προσδιορίσουν την αιτία της νόσου, το οποίο ήταν μολυσμένο νερό από μία από τις κύριες αντλίες. Ο χάρτης, τον οποίο ανκάλυψε ο Snow είχε πολύ ενδιαφέρον στο ότι είχε την ικανότητα να αναλύει τα φαινόμενα που σχετίζονται με τις γεωγραφικές τους θέσεις και αυτή ήταν η πρώτη φορά που ο κόσμος το είδε αυτό. Συγκεκριμένα, ο Snow τον δημιούργησε, σχεδιάζοντας την κατοικία κάθε θύματος σε έναν χάρτη της περιοχής, καθώς και στις κοντινές πηγές νερού. Μόλις επισημάνθηκαν αυτά τα σημεία, μπόρεσε να εντοπίσει την πηγή νερού μέσα στο σύμπλεγμα που ήταν υπεύθυνη για την εστία. Αυτή ήταν μια από τις πρώτες επιτυχημένες χρήσεις μιας γεωγραφικής μεθοδολογίας για τον εντοπισμό της πηγής μιας επιδημίας στην επιδημιολογία.



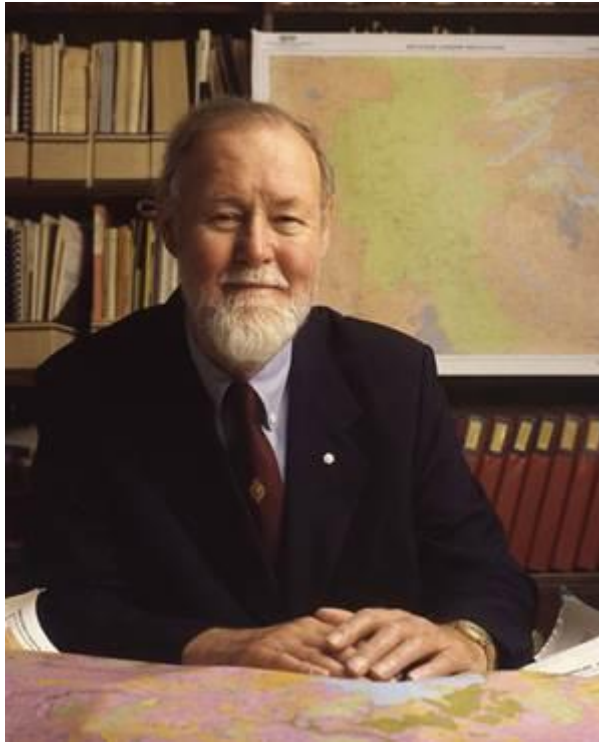
**Σχήμα 1.2** Η έκδοση του E. W. Gilbert (1958) του χάρτη του John Snow του 1855 για το ξέσπασμα της χολέρας του Σόχο που δείχνει τα σμήνη των περιπτώσεων χολέρας στην επιδημία του Λονδίνου του 1854

Η Φωτό-Ψευδογραφία (Photozincography) αναπτύχθηκε τα πρώιμα χρόνια του 1900 και αυτό επέτρεψε στους χάρτες να χωριστούν σε διάφορα επίπεδα, όπως απαιτείται, για παράδειγμα ένα στρώμα για βλάστηση και ένα άλλο για νερό. Αυτό χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα για την εκτύπωση περιγραμμάτων. Αν και η σχεδίαση αυτών ήταν μια ενασχόληση εντατικής εργασίας, η τοποθέτησή τους σε ένα ξεχωριστό στρώμα σήμαινε ότι θα μπορούσαν να εργαστούν χωρίς τα άλλα στρώματα να μπερδέψουν τον συντάκτη. Αυτό το έργο σχεδιάστηκε αρχικά σε γυάλινες πλάκες, αλλά αργότερα παρουσιάστηκε σε πλαστική μεμβράνη, με τα πλεονεκτήματα να είναι ελαφρύτερο, να απαιτείται λιγότερος χώρος αποθήκευσης και να είναι λιγότερο εύθραυστο, μεταξύ άλλων. Όταν ολοκληρώθηκαν όλα τα επίπεδα, συνδυάστηκαν σε μία εικόνα χρησιμοποιώντας μια μεγάλη κάμερα επεξεργασίας. Μόλις έφτασε η έγχρωμη εκτύπωση, η ιδέα των επιπέδων χρησιμοποιήθηκε επίσης για τη δημιουργία ξεχωριστών πλακών εκτύπωσης για κάθε χρώμα. Ενώ η χρήση επιπέδων έγινε αργότερα ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός σύγχρονου GIS, η φωτογραφική διαδικασία που μόλις περιγράφηκε δεν θεωρείται από μόνο του GIS, καθώς οι χάρτες ήταν απλώς εικόνες χωρίς βάση δεδομένων για να τις συνδέσουν.

Τη δεκαετία του 1960 εμφανίστηκαν οι υπολογιστές και οι πρώτες έννοιες της ποσοτικής και υπολογιστικής γεωγραφίας. Η πρώιμη εργασία GIS περιελάμβανε σημαντική έρευνα από την ακαδημαϊκή κοινότητα. Αργότερα, το Εθνικό Κέντρο Γεωγραφικών Πληροφοριών και Ανάλυσης, με επικεφαλής τον Μάικλ Γκουνττσάιλντ (Michael Goodchild), τυποποίησε την έρευνα σε βασικά θέματα γεωγραφικής επιστήμης, όπως η χωρική ανάλυση και οπτικοποίηση. Αυτές οι προσπάθειες τροφοδότησαν μια ποσοτική επανάσταση στον κόσμο της γεωγραφικής επιστήμης και έθεσαν τα θεμέλια για το GIS.

Ως «Πατέρας των Σ.Γ.Π.» θεωρείται ο Ρότζερ Τόμλινσον (Roger Tomlinson), του οποίου ο πρωτοποριακό έργο για την έναρξη, το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος του Καναδά (CGIS), οδήγησε στο πρώτο μηχανογραφημένο Σ.Γ.Π. στον κόσμο το 1963. Η καναδική κυβέρνηση είχε αναθέσει στον Tomlinson να δημιουργήσει έναν διαχειρίσιμο κατάλογο των φυσικών πόρων του. Οραματίστηκε τη χρήση υπολογιστών για τη συγχώνευση δεδομένων φυσικών πόρων από όλες τις επαρχίες.





**Σχήμα 1.3** Roger Tomlinson, Father of GIS

Ο Tomlinson δημιούργησε τη σχεδίαση για αυτοματοποιημένους υπολογιστές έτσι ώστε να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται μεγάλες ποσοτήτων δεδομένων, τα οποία επέτρεψαν στον Καναδά να ξεκινήσει το εθνικό του πρόγραμμα διαχείρισης της χρήσης γης. Το CGIS ήταν μια βελτίωση σε σχέση με τις εφαρμογές «χαρτογράφησης υπολογιστή», καθώς παρείχε δυνατότητες για επικάλυψη, μέτρηση και ψηφιοποίηση-σάρωση. Υποστήριζε ένα εθνικό σύστημα συντεταγμένων που εκτείνεται στην ήπειρο, κωδικοποιημένες γραμμές ως τόξα με πραγματική ενσωματωμένη τοπολογία και αποθηκεύει τις ιδιότητες και τις πληροφορίες τοποθεσίας σε ξεχωριστά αρχεία. Επιπλέον, το CGIS δημιούργησε μια μεγάλη ψηφιακή βάση δεδομένων πόρων γης στον Καναδά. Αναπτύχθηκε ως βασισμένο σε βασικό πλαίσιο σύστημα για την υποστήριξη του ομοσπονδιακού και επαρχιακού προγραμματισμού και διαχείρισης πόρων. Η ισχύς του ήταν η ανάλυση σε ολόκληρη την ήπειρο σύνθετων συνόλων δεδομένων. Παρ' όλα αυτά, δεν ήταν ποτέ διαθέσιμο στο εμπόριο.

Ενώσω βρισκόταν στο Πανεπιστήμιο Northwestern το 1964, ο Χάουαρντ Φίσερ (Howard Fisher) δημιούργησε ένα από τα πρώτα προγράμματα λογισμικού χαρτογράφησης υπολογιστών, γνωστά ως SYMAP. Το 1965 ίδρυσε το Harvard Laboratory for Computer Graphics. Ενώ ένα μέρος από το πρώτο λογισμικό

δημιουργίας χαρτών υπολογιστών δημιουργήθηκε και βελτιώθηκε στο εργαστήριο, έγινε επίσης ερευνητικό κέντρο χωρικής ανάλυσης και οπτικοποίησης. Πολλές από τις πρώτες ιδέες για το Σ.Γ.Π. και τις εφαρμογές του σχεδιάστηκαν στο εργαστήριο από μια ταλαντούχα ομάδα γεωγράφων, σχεδιαστών, επιστημόνων υπολογιστών και άλλων από διάφορους άλλους τομείς.

Το 1969, ο Τζάκ Ντέιντζερμοντ (Jack Dangermond), μέλος του Harvard Lab, και η σύζυγός του Λάουρα ίδρυσαν το Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri). Η εταιρεία συμβούλων εφάρμοσε τη χαρτογράφηση υπολογιστών και τη χωρική ανάλυση για να βοηθήσει τους σχεδιαστές της χρήσης γης και τους διαχειριστές πόρων γης να λάβουν ενημερωμένες αποφάσεις. Η πρώιμη εργασία της εταιρείας απέδειξε την αξία των Σ.Γ.Π. για την επίλυση προβλημάτων. Η Esri ανέπτυξε πολλές από τις μεθόδους χαρτογράφησης Σ.Γ.Π. και χωρικής ανάλυσης που χρησιμοποιούνται τώρα. Αυτά τα αποτελέσματα δημιούργησαν ένα ευρύτερο ενδιαφέρον για τα εργαλεία λογισμικού και τις ροές εργασίας της εταιρείας που είναι πλέον στάνταρ στο Σ.Γ.Π.

Καθώς η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών έγινε πιο ισχυρή, η Esri βελτίωσε τα εργαλεία λογισμικού της. Η ενασχόληση με έργα που έλυσαν προβλήματα στον πραγματικό κόσμο, έδωσε το έναυσμα στην εταιρεία να καινοτομήσει και να αναπτύξει ισχυρά εργαλεία και προσεγγίσεις των Σ.Γ.Π. που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ευρέως. Το έργο της Esri απέκτησε αναγνώριση από την ακαδημαϊκή κοινότητα ως ένας νέος τρόπος για να γίνει χωρική ανάλυση και σχεδιασμός. Για να αναλύσει αποτελεσματικότερα έναν αυξανόμενο αριθμό έργων, η Esri ανέπτυξε το πρώτο εμπορικό της προϊόν GIS, ονόματι ARC / INFO. Η τεχνολογία κυκλοφόρησε το 1981 και ξεκίνησε την εξέλιξη της Esri σε εταιρεία λογισμικού. Την εποχή εκείνη άρχισε να λειτουργεί επίσης το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System - GPS) το οποίο αποτέλεσε πηγή δεδομένων για τη χαρτογράφηση. Επιπλέον, στους ακαδημαϊκούς κύκλους κυκλοφόρησε το πρώτο επιστημονικό περιοδικό με τον τίτλο «International Journal of Geographical Information Systems» (πλέον IJGI Science).

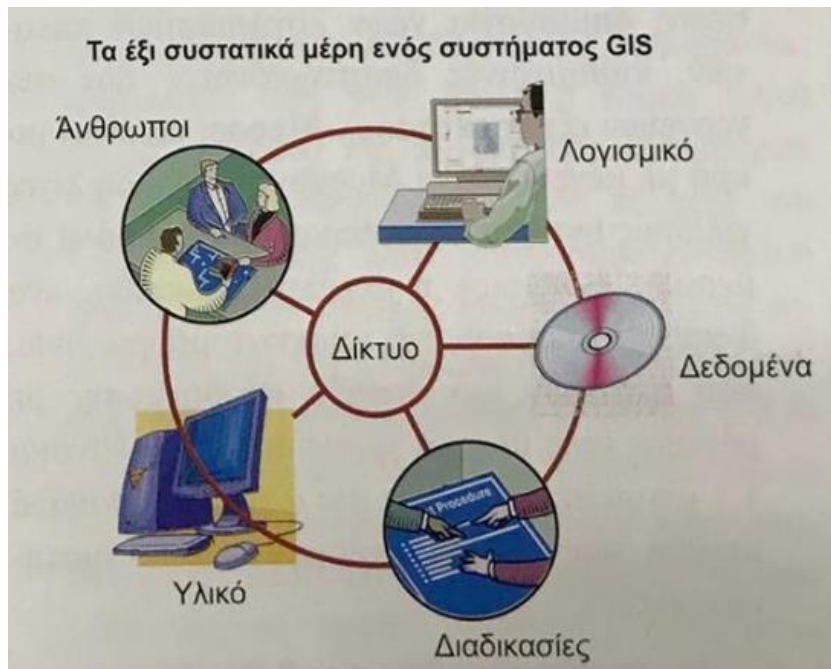
Το 1986 το Mapping Display and Analysis System (MIDAS), το πρώτο προϊόν GIS για επιτραπέζιους υπολογιστές, κυκλοφόρησε για το λειτουργικό σύστημα DOS. Αυτό μετονομάστηκε το 1990 σε MapInfo για τα Windows, όταν μεταφέρθηκε στην πλατφόρμα Microsoft Windows. Αυτό ξεκίνησε τη διαδικασία μεταφοράς του GIS από

το ερευνητικό τμήμα στο επιχειρηματικό περιβάλλον. Μέχρι το τέλος του 20ού αιώνα η ταχεία ανάπτυξη σε διάφορα συστήματα είχε ενοποιηθεί και τυποποιηθεί σε σχετικά λίγες πλατφόρμες και οι χρήστες άρχισαν να εξερευνούν την προβολή δεδομένων GIS μέσω του Διαδικτύου, απαιτώντας μορφές δεδομένων και πρότυπα μεταφοράς. Πιο πρόσφατα, ένας αυξανόμενος αριθμός δωρεάν πακέτων GIS ανοιχτού κώδικα λειτουργούν σε μια σειρά λειτουργικών συστημάτων και μπορούν να προσαρμοστούν για την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών. Διαρκώς αυξανόμενα γεωγραφικά δεδομένα και εφαρμογές χαρτογράφησης διατίθενται μέσω του World Wide Web.

Τα Σ.Γ.Π, επομένως, παρέχουν στους ανθρώπους τη δυνατότητα να δημιουργήσουν τα δικά τους επίπεδα ψηφιακών χαρτών, έτσι ώστε να συνεισφέρουν στην επίλυση προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο. Τα Σ.Γ.Π. έχουν εξελιχθεί σε ένα μέσο για κοινή χρήση δεδομένων και συνεργασία, εμπνέοντας ένα όραμα που τώρα γίνεται γρήγορα πραγματικότητα, μια συνεχής, αλληλεπικαλυπτόμενη και διαλειτουργική βάση δεδομένων Σ.Γ.Π. του κόσμου για σχεδόν όλα τα θέματα. Σήμερα, εκατοντάδες χιλιάδες οργανισμοί μοιράζονται το έργο τους και δημιουργούν δισεκατομμύρια χάρτες καθημερινά για να διηγούνται ιστορίες και να αποκαλύπτουν μοτίβα, τάσεις και σχέσεις για τα πάντα. Όπως δήλωσε και ο Τζακ Ντέιντζερμοντ (Jack Dangermond), CEO της εταιρείας Esri, «*Το Σ.Γ.Π. αφορά την αποκάλυψη νοήματος και πληροφοριών από τα δεδομένα. Εξελίσσεται γρήγορα και παρέχει ένα εντελώς νέο πλαίσιο και διαδικασία για κατανόηση*».

## **1.2. Συστατικά μέρη Σ.Γ.Π.**

Τα βασικά δομικά στοιχεία ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι *το υλικό, το λογισμικό, τα δεδομένα, οι λειτουργίες, το ανθρώπινο δυναμικό* ενώ πρόσφατα προστέθηκε και *το διαδίκτυο*. Συγκεκριμένα το διαδίκτυο εξυπηρέτησε ιδιαίτερα την εξέλιξη των Σ.Γ.Π. καθώς ήταν αυτό που διευκόλυνε την συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων.



**Σχήμα 1.4** Τα συστατικά μέρη ενός συστήματος GIS

### 1.2.1. Υλικό

Το υλικό περιλαμβάνει τον εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για την υποστήριξη των πολλών δραστηριοτήτων που απαιτούνται για γεωχωρική ανάλυση, από τη συλλογή έως την ανάλυση δεδομένων. Για τα Σ.Γ.Π. επιτραπέζιων υπολογιστών, το κεντρικό κομμάτι του εξοπλισμού είναι ο σταθμός εργασίας, ο οποίος εκτελεί το λογισμικό του Σ.Γ.Π. και είναι το σημείο σύνδεσης για τον βοηθητικό εξοπλισμό. Η χρήση τεχνολογίας φορητού πεδίου και κινητών Σ.Γ.Π. αποτελεί, επίσης, ένα σημαντικό εργαλείο συλλογής δεδομένων στα Σ.Γ.Π. Με την έλευση της χαρτογράφησης του διαδικτύου, οι διακομιστές διαδικτύου έχουν επίσης γίνει ένα ουσιώδες κομμάτι εξοπλισμού.

### 1.2.2. Λογισμικό

Στο λογισμικό περιλαμβάνονται τα προγράμματα και οι διαδικασίες που εκτελούνται στη συσκευή του χρήστη. Οι διαφορετικοί τύποι λογισμικού είναι σημαντικοί. Κεντρικό σημείο αυτού είναι το πακέτο εφαρμογών Σ.Γ.Π. Ένα τέτοιο λογισμικό είναι αναγκαίο για τη δημιουργία, την επεξεργασία και την ανάλυση χωρικών και

χαρακτηριστικών δεδομένων, επομένως αυτά τα πακέτα περιέχουν πολλές γεωχωρικές συναρτήσεις. Οι επεκτάσεις ή τα πρόσθετα είναι το λογισμικό που επεκτείνει τις δυνατότητες του πακέτου λογισμικού Σ.Γ.Π.. Το λογισμικό Component GIS είναι το αντίθετο του λογισμικού εφαρμογής. Το Component GIS επιδιώκει να δημιουργήσει εφαρμογές λογισμικού που ανταποκρίνονται σε έναν συγκεκριμένο σκοπό και έτσι είναι περιορισμένες στις χωρικές τους δυνατότητες ανάλυσης. Τα βοηθητικά προγράμματα είναι αυτόνομα προγράμματα που εκτελούν μια συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα, ένα βοηθητικό πρόγραμμα μορφής αρχείου που μετατρέπεται από τον τύπο αρχείου GIS σε άλλο. Επιπρόσθετα, υπάρχει λογισμικό Σ.Γ.Π. ιστού που βοηθά στην εξυπηρέτηση δεδομένων και διαδραστικών χαρτών μέσω προγραμμάτων περιήγησης Διαδικτύου.

### **1.2.3. Δεδομένα**

Τα δεδομένα είναι ο πυρήνας οποιουδήποτε Σ.Γ.Π. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι δεδομένων που χρησιμοποιούνται στα Σ.Γ.Π.: διανυσματικά και raster δεδομένα. Τα διανυσματικά δεδομένα είναι χωρικά δεδομένα που αντιπροσωπεύονται ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Τα δεδομένα Raster είναι δεδομένα που βασίζονται σε κελιά, όπως αεροφωτογραφίες και μοντέλα ψηφιακής ανύψωσης. Σε συνδυασμό με αυτά τα δεδομένα είναι συνήθως γνωστά ως δεδομένα χαρακτηριστικών (attribute data). Τα δεδομένα χαρακτηριστικών ορίζονται γενικά ως πρόσθετες πληροφορίες για κάθε χωρική δυνατότητα που βρίσκεται σε μορφή πίνακα.

Η τεκμηρίωση των συνόλων δεδομένων Σ.Γ.Π. είναι γνωστή ως μεταδεδομένα (metadata). Τα μεταδεδομένα περιέχουν πληροφορίες, όπως το σύστημα συντεταγμένων, τότε δημιουργήθηκαν τα δεδομένα, τότε ενημερώθηκε τελευταία φορά, ποιος τα δημιούργησε και πώς να επικοινωνήσει μαζί τους και ορισμούς για οποιοδήποτε από τα δεδομένα χαρακτηριστικού κώδικα. Όσον αφορά τους τρόπους συλλογής των δεδομένων ενός Σ.Γ.Π., υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι όπως για παράδειγμα επικεφαλής ψηφιοποίηση (δηλαδή, η διαδικασία εντοπισμού δεδομένων GIS απευθείας στην οθόνη), LiDAR, drone, GPS και δορυφόροι.

Ιδιαίτερη βαρύτητα θα πρέπει να δώσουμε και στις βάσεις δεδομένων. Ως Data Base Management System (DBMS), μπορεί να ορισθεί μια οργανωμένη συλλογή

συσχετιζόμενων δεδομένων. Μια τέτοια βάση δεδομένων οργάνωσης δύναται να αναζητήσει αποδοτικά δεδομένα, θέτοντας πολύπλοκα ερωτήματα. Τα συστήματα βάσεων δεδομένων «*χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να υποστηρίζουν την αποδοτική πρόσβαση σε μεγάλες ποσότητες δεδομένων, τα οποία διατηρούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Χαρακτηρίζονται επίσης και από την ικανότητά τους να υποστηρίζουν ισχυρές γλώσσες ερωτημάτων...*».

#### **1.2.4. Λειτουργίες**

Οι λειτουργίες σε ένα Σ.Γ.Π. περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο τον τρόπο με τον οποίο συλλέγονται τα δεδομένα, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο αυτά αποθηκεύονται, γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας και τελικώς χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση συμπερασμάτων.

#### **1.2.5. Ανθρώπινο δυναμικό**

Οι καλά εκπαιδευμένοι επαγγελματίες του GIS, με γνώση της χωρικής ανάλυσης και εξειδικευμένοι στη χρήση λογισμικού GIS είναι απαραίτητοι για τη διαδικασία GIS. Υπάρχουν τρεις παράγοντες για τη συνιστώσα του ανθρωπίνου δυναμικού: εκπαίδευση, πορεία σταδιοδρομίας και δικτύωση. Η σωστή εκπαίδευση είναι το κλειδί, ιδίως λαμβάνοντας τον σωστό συνδυασμό τάξεων. Η επιλογή του σωστού τύπου εργασίας GIS είναι σημαντική. Ένα άτομο με υψηλή εξειδίκευση στην ανάλυση GIS δεν πρέπει να αναζητήσει εργασία ως προγραμματιστής GIS, εάν δεν έχει λάβει τις απαραίτητες τάξεις προγραμματισμού. Τέλος, η συνεχής δικτύωση με άλλους επαγγελματίες του GIS είναι απαραίτητη για την ανταλλαγή ιδεών καθώς και για μια κοινότητα υποστήριξης.

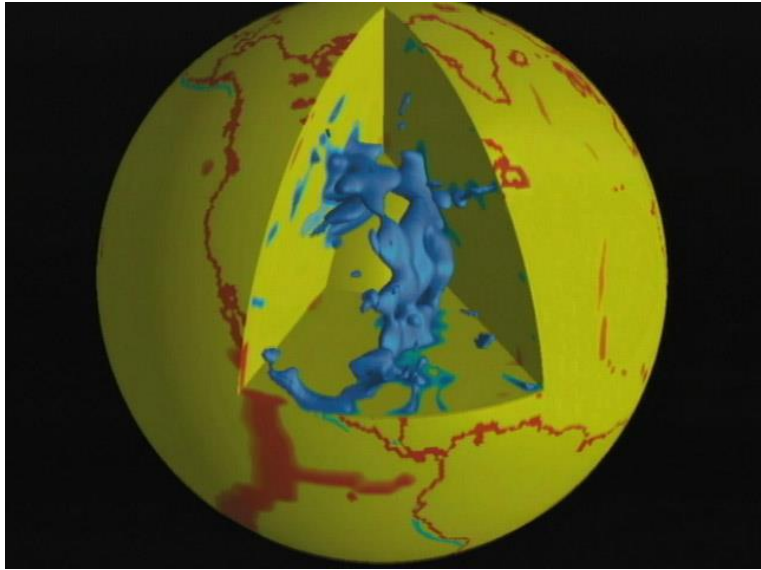
#### **1.2.6. Διαδίκτυο**

Αναντίρρητα ο συνδυασμός της χρήσης Διαδικτύου και Σ.Γ.Π. επιτρέπει σήμερα την καλύτερη, πιο ολοκληρωμένη και πιο αποδοτική λειτουργία των τελευταίων. Από τα πιο ουσιώδη πλεονεκτήματα του συνδυασμού αυτών των δύο είναι η κοινή χρήση

δεδομένων και η ανταλλαγή πληροφοριών. Επιπρόσθετα, παρέχεται η δυνατότητα της πρόσβασης αλλά και επεξεργασίας Σ.Γ.Π. μέσω απομακρυσμένης σύνδεσης.

### **1.2.7. Γεωλογικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές.**

Αρχικά, τα Γ.Σ.Π. εφαρμόστηκαν στην κλασική τοπογραφία, την χαρτογραφία και τη γεωγραφία, σύντομα όμως η εφαρμογή τους επεκτάθηκε και στον τομέα της γεωφυσικής. Αιτία υπήρξε κυρίως η διαπίστωση πως μπορούμε να αποκτήσουμε μία πρώτη εικόνα των γεωλογικών ρηγμάτων αλλά και των ηφαιστειακών πυρήνων, εφόσον γνωρίζουμε ακριβώς τις μετακινήσεις στην επιφάνεια του εδάφους, γεγονός που συνέδεσε αναπόσπαστα τη γεωφυσική με την τοπογραφία και τα Γ.Σ.Π. Η έρευνα επεκτάθηκε και στο λεγόμενο *αντίστροφο πρόβλημα*, δηλαδή στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής τρισδιάστατης απεικόνισης της γήινης υπό-επιφάνειας (υπεδάφους) μέσα από την ανάλυση των σεισμικών κυμάτων. Το γνωστό φαινόμενο της χρονικής διαφοράς μεταξύ των κυμάτων P-S καθώς και οι αλλοιώσεις του σεισμικού σήματος που προκαλούνται από την ανομοιομορφία σύνθεσης των γεωλογικών δομών, μπορούν να μας δώσουν το σχήμα μιας υπεδάφιας δομής (ρήγματος, κοιτάσματος, ηφαιστειακού πυρήνα κ.α.). Η τεχνική λειτουργεί με μια παρόμοια αρχή με αυτή ενός αξονικού τομογράφου, όπου η τρισδιάστατη εικόνα δημιουργείται από την εξεργασία των δεδομένων του δέκτη. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια εφαρμογή της τεχνικής στον προσδιορισμό των υπολειμμάτων της αρχαίας ωκεάνιας πλάκας Farallon κάτω από την περιοχή της Βόρειας Αμερικής.



**Σχήμα 1.5** Παράδειγμα υπολογισμού υπεδάφιας δομής. Η πλάκα Farallon όπως προσδιορίστηκε από την NASA.

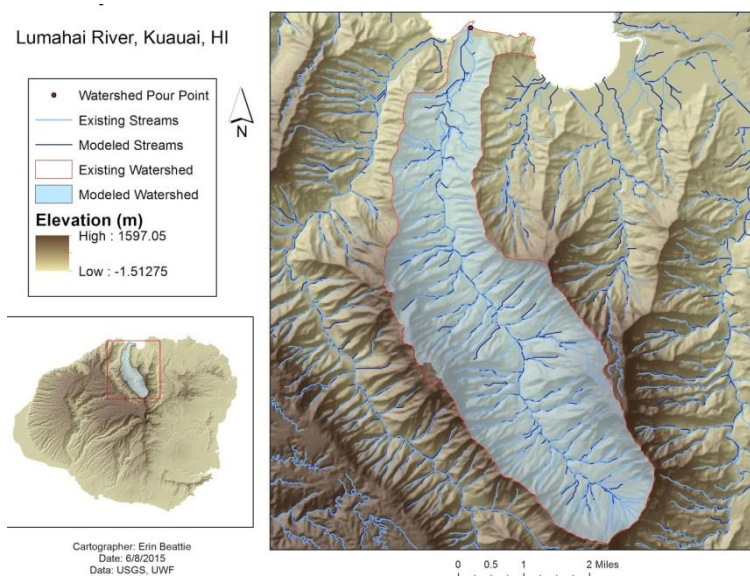
Επιπρόσθετα, εξαιτίας της βαρύτητας της μελέτης των ορυκτών καυσίμων πάσας μορφής, η δημιουργία και εφαρμογή Γ.Σ.Π. κρίθηκε αναγκαία κατά την καταγραφή και διαχείριση των φυσικών πόρων, με σκοπό τη μη εξάντληση των τελευταίων. Χαρακτηριστικό αποτελεί πως τα τελευταία χρόνια επιδιώκεται η δημιουργία Γ.Σ.Π., στοχεύοντας στην χαρτογράφηση στερεών, υγρών και αέριων αποθεμάτων. Η χρήση τέτοιου είδους Γ.Σ.Π. εξυπηρετεί όχι μόνο την χαρτογράφηση της ποσότητας των αποθεμάτων, αλλά και τυχόν ανάλυση κόστους – οφέλους από μια ενδεχόμενη εξόρυξή τους.

Αναμφίβολα, λοιπόν, τα συστήματα Γ.Σ.Π. είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένα με την γεωλογική επιστήμη και τις απαραίτητες γεωλογικές έρευνες. Μία από τις πρώτες γεωλογικές εφαρμογές των Γ.Σ.Π. είναι και η τυπική γεωλογική χαρτογράφηση, η δημιουργία, δηλαδή, αναλυτικών γεωλογικών χαρτών, που απεικονίζουν τόσο τα πετρώματα όσο και τα επιφανειακά ρήγματα. Επιπλέον, τα Γ.Σ.Π. εφαρμόζονται και στην χαρτογράφηση εδαφών (soil-mapping), μία εφαρμογή ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τη διαχείριση της τροφής και των αναγκών. Εκτός από αυτό, κατά τη σεισμολογική έρευνα αναπτύχθηκαν Γ.Σ.Π. για την καταγραφή και μελέτη των σεισμών, παρέχοντας την ευκαιρία ολοκληρωτικής έρευνας του φαινομένου αυτού.

Άλλες χρήσιμες εφαρμογές των Γ.Σ.Π. παρατηρούνται και στην οικολογία, όπως παραδείγματος χάριν η οικογεωγραφία, η περιβαλλοντική γεωγραφία, η βιογεωγραφία, η υδρογεωγραφία κ.ά. Ιδιαίτερα στον τομέα της υδρολογίας η ανάπτυξη Γ.Σ.Π. κρίθηκε



επιτακτικά αναγκαία, κυρίως για τον προσδιορισμό των λεκανών απορροής αλλά και των ποσοτήτων νερού, καθώς η ορθή διαχείριση του πόσιμου νερού συνιστά ένα μείζον πρόβλημα της εποχής, ιδίως αν σκεφτούμε πως ένα ιδιαίτερα μεγάλο ποσοστό του ανθρώπινου πληθυσμού δεν έχει πρόσβαση σε πόσιμο νερό.



**Σχήμα 1.6** Προσδιορισμός ενός υδροκρίτη (water head) και της λεκάνης απορροής στο νησί Καουάι στον Ειρηνικό Ωκεανό (νησιά Χαβάης) με τη βοήθεια GIS.

Πρακτικές εφαρμογές των Γ.Σ.Π. γίνονται επίσης αντιληπτές κατά την εκτίμηση κινδύνου διάφορων φυσικών καταστροφών, κατά τη μελέτη κλιματικών αλλαγών (γεωγραφική μελέτη αρκτικού πάγου και των μεταβολών του ανά τον χρόνο), κατά την έρευνα αναφορικά με την οικολογική εξαφάνιση ειδών (σημασία στην βιογεωγραφία), καθώς και την μελέτη της βιολογικής ποικιλότητας. Παρ' όλα αυτά, ένας από τους πιο πρωτεύοντες τομείς εφαρμογής των Γ.Σ.Π. είναι αυτός της περιβαλλοντικής διαχείρισης, τομέας που κατά κύριο λόγο θα μας απασχολήσει στην παρούσα διπλωματική εργασία και με πλειονότητα πρακτικών εφαρμογών, όπως για παράδειγμα, κατά τον έλεγχο αποθεμάτων σε περιβαλλοντικούς πόρους, τη διαχείριση οικοσυστημάτων ή ακόμη κατά τον σχεδιασμό για την περίπτωση φυσικών καταστροφών. Μια ακόμα εφαρμογή είναι, τέλος, η διαχείριση των σκουπιδιών αλλά και των υπολειμματικών πρώτων υλών της βιομηχανίας.

### 1.3 Χωρική ανάλυση

Η χωρική ανάλυση παρουσιάζει ευρύτατη διάδοση στη σύγχρονη βιβλιογραφία. Η βασική χρήση της εντοπίζεται στις κοινωνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές και επιδημιολογικές επιστήμες. Η ραγδαία εξάπλωσή της στις μέρες μας οφείλεται κυρίως στο γεγονός πως αποτελεί ένα υπερ-πεδίο, αφού στη βάση αυτής της μεθοδολογίας μπορούν να συσχετιστούν ανομοιογενή δεδομένα από κοινωνικές, οικονομικές ή/και φυσικές επιστήμες που με κανέναν άλλον τρόπο δεν μπορούν να συνεκτιμηθούν. Έτσι, η χωρική ανάλυση, θεωρείται σήμερα ιδανική για τη διερεύνηση σύνθετων κοινωνικών, οικονομοτεχνικών ή περιβαλλοντικών ζητημάτων —όπως τα ερωτήματα της παρούσας έρευνας— που απαιτούν ολιστικές προσεγγίσεις.

Η χωρική ανάλυση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη χρήση Γ.Σ.Π., καθώς αποτελεί μια προσπάθεια στατιστικής (geostatistic) ή και αναλυτικής μαθηματικοποίησης των γεωγραφικών κατανομών. Η χρήση της προϋποθέτει τη γνώση του μαθηματικού υποβάθρου καθώς και την ανάπτυξη υπολογιστικού κώδικα ή τη χρήση ειδικών λογισμικών χωρικής ανάλυσης.

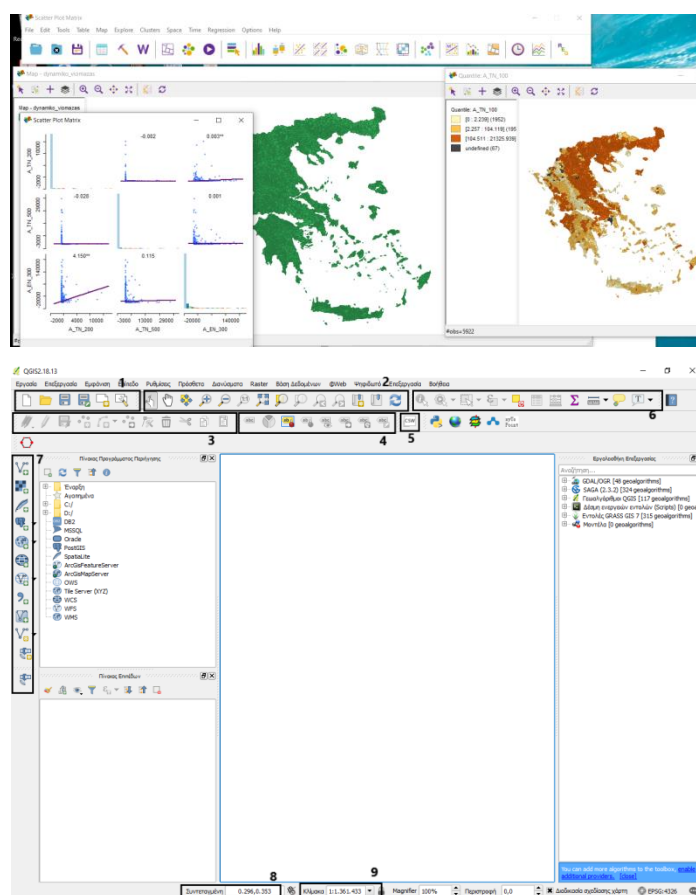
### 1.4 Λογισμικά χωρικής ανάλυσης

Για τον υπολογισμό των προαναφερθέντων δεικτών, αλλά και για τη δημιουργία της γεωαναφερόμενης βάσης δεδομένων Γ.Σ.Π. χρησιμοποιήθηκε μια ποικιλία από λογισμικά, όπως η γλώσσα **R** και τα λογισμικά ανοικτού κώδικα **GeoDA** και **QGIS**. Η χρήση της γλώσσας **R** είχε ως σκοπό να προσαρμοστεί η γεωαναφερόμενη βάση αναφοράς, να προστεθούν πεδία στην βάση δεδομένων αλλά και να υπολογιστούν στατιστικές παράμετροι των δεικτών αυτοσυσχέτισης. Παρά το γεγονός πως η γλώσσα **R** παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού των δεικτών, για καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση των λογισμικών ανοικτού κώδικα που αναφέραμε προηγουμένως.

Η γλώσσα **R** είναι ένα διαρκώς εξελισσόμενο περιβάλλον κατάλληλο για στατιστικούς υπολογισμούς και γραφικές απεικονίσεις. Είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας του GNU, που σημαίνει πως παρέχεται δωρεάν και πως ο κάθε χρήστης έχει πρόσβαση στη βελτίωση και τροποποίηση του. Η γλώσσα **R** διαθέτει ένα εξαιρετικά σύγχρονο και ευέλικτο περιβάλλον εργασίας και μπορεί να επεκταθεί με διάφορα πακέτα εντολών

και δεδομένων που οι χρήστες της δημιουργούν και διαθέτουν ελεύθερα. Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση του πακέτου *Ictools*.

Τα λογισμικά **QGIS** και **GeoDA** ανήκουν στην ίδια κατηγορία των λογισμικών Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Είναι και τα δυο ελεύθερα λογισμικά. Το Quantum GIS ή QGIS γράφτηκε από ανεξάρτητη ομάδα σε γλώσσες C++, Python και Qt, ενώ το GeoDA κατασκευάστηκε από το Spatial Analysis Laboratory του πανεπιστημίου του Illinois υπό τη διεύθυνση του Luc Anselin. Και τα δύο παρέχουν παρόμοιες δυνατότητες υπολογισμών και οπτικοποίησης δεδομένων. Υπάρχουν όμως και πολλές δυνατότητες μοναδικές στο καθένα, έτσι η χρήση και των δύο κρίθηκε απαραίτητη. Στο σχήμα 4.6 παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον των λογισμικών GIS που χρησιμοποιήθηκαν.



**Σχήμα 1.7** Γραφικό περιβάλλον των λογισμικών GIS που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Επάνω το λογισμικό GeoDA και κάτω το περιβάλλον του QGIS.

## **1.5 Μεθοδολογία καταγραφής και συλλογής δεδομένων**

Ο κεντρικός πυρήνας κάθε γεωγραφικής έρευνας χωρικής ανάλυσης είναι μία ακριβής συλλογή και καταγραφή των υπό εξέταση δεδομένων. Για τη συλλογή των δεδομένων, ανάλογα με το είδος και την έκτασή τους, χρησιμοποιούνται: α) επιτόπιες καταγραφές, εκεί που γίνεται πλήρης καταγραφή των στοιχείων β) δειγματοληπτικές καταγραφές, στις περιπτώσεις όπου η πλήρης καταγραφή είτε δεν είναι δυνατή είτε δεν ενδιαφέρει την έρευνα γ) ενσωμάτωση δεδομένων από ανοιχτές πηγές. Οι παραπάνω τεχνικές δεν αποκλείουν η μία την άλλη ενώ πολλές φορές χρησιμοποιούνται και παράλληλα. Εξαιτίας της μεγάλης ετερογένειας των δεδομένων της παρούσας εργασίας, της απουσίας κεντρικού συστήματος καταγραφής αλλά και του πολύ μεγάλου όγκου δουλειάς έγινε παράλληλη χρήση και των τριών παραπάνω στρατηγικών.

## **1.6 Δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης**

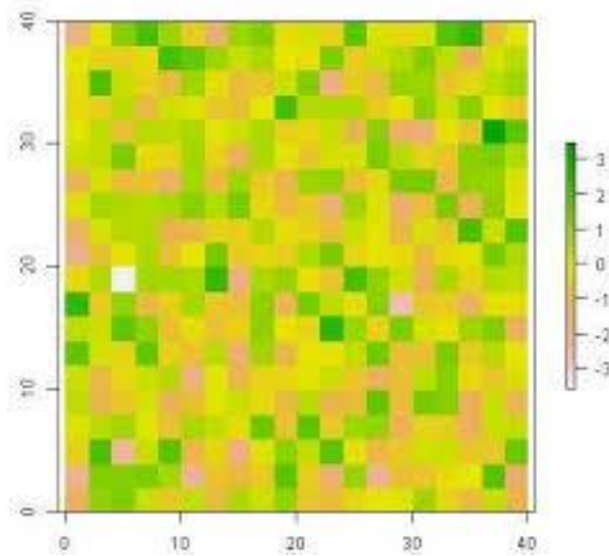
### **1.6.1. Ορισμός**

Χωρική αυτοσυσχέτιση είναι η συσχέτιση μεταξύ των τιμών μιας μεταβλητής που οφείλεται αυστηρά στην εγγύτητα των τιμών αυτών στο γεωγραφικό χώρο, εισάγοντας μια απόκλιση από την υπόθεση ανεξάρτητων παρατηρήσεων της κλασικής στατιστικής (Griffith, 2003).

Η χωρική αυτοσυσχέτιση αποτελεί την πιο απλή μορφή της χωρικής εξάρτησης και είναι το χαρακτηριστικό που μπορεί να μελετηθεί από τον ερευνητή. Χωρική αυτοσυσχέτιση σημαίνει ότι υπάρχει τάση στις παρατηρήσεις μίας μεταβλητής να συγκεντρώνονται στον γεωγραφικό χώρο δημιουργώντας συστάδες και να μην κατανέμονται με τυχαίο τρόπο. Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Tobler ‘‘κάθετι στον χώρο συσχετίζεται με κάτι άλλο αλλά τα κοντινότερα πράγματα έχουν μεγαλύτερη συσχέτιση από αυτά που ελιναι πιο απομακρυσμένα’’.

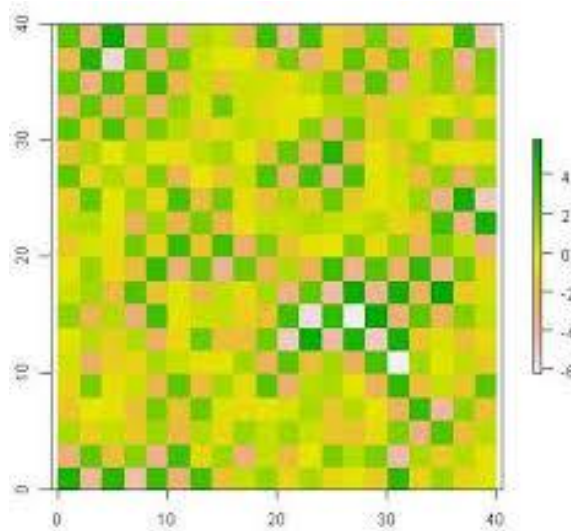
Η χωρική αυτοσυσχέτιση διακρίνεται στις εξής κατηγορίες

- **Θετική χωρική αυτοσυσχέτιση**, η οποία σχηματίζει στον χάρτη συστάδες υψηλών και χαμηλών τιμών



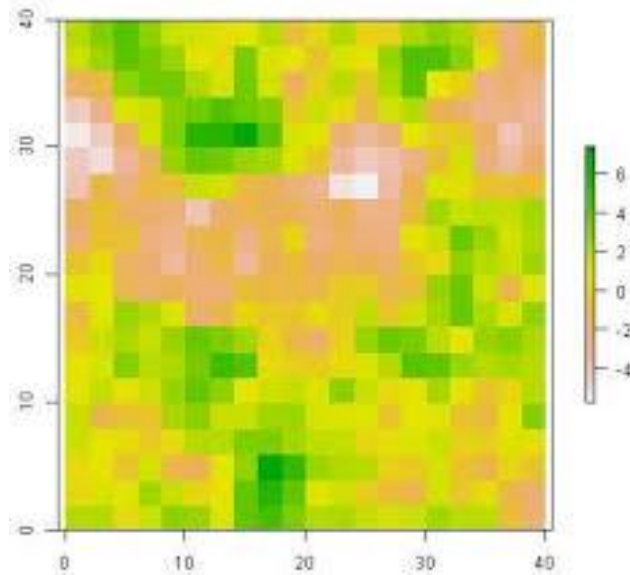
Σχήμα 1.8 Θετική χωρική αυτοσυσχέτιση

- **Αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση**, όπου εμφανίζεται στον χάρτη ένα πρότυπο που ομοιάζει με σκακιέρα



Σχήμα 1.9 Αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση

- **Απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης**, όπου οι τιμές μιας μεταβλητής κατανέμονται στον χώρο με τέτοιον τρόπο που η χαρτογράφηση τους δεν δημιουργεί κάποιο αξιοσημειώτο πρότυπο.



**Σχήμα 1.10** Απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης

### 1.6.2 Δείκτης μέτρησης χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran's I

Ο δείκτης Moran's I είναι από τους πιο παλιούς και πιο συνηθισμένους δείκτες που χρησιμοποιούνται για να εξετάσουν την ύπαρξη χωρικής αυτοσυσχέτισης σε χωρικά δεδομένα μίας μεταβλητής. Στις δημοσιεύσεις τους οι παραπάνω ερευνητές προτείνουν τη δική τους μαθηματική συνάρτηση υπολογισμού του δείκτη Moran's I που βασίζεται στους υπολογισμούς των moments του ερευνητή Moran (1948) και τον πρώτο ορισμό του δείκτη I (Moran, 1950), που βασίστηκε στην ανάλυση του συντελεστή συσχέτισης Pearson.

Ο πρώτος ορισμός του δείκτη Moran's I για μια μεταβλητή  $X$  με τιμές  $x_i$  για κάθε χωρική οντότητα  $i$ , ο οποίος προτάθηκε από τον Moran είναι:

$$I = \frac{n}{2A} \frac{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

όπου  $n$  είναι ο αριθμός των χωρικών οντοτήτων (παρατηρήσεων),  $\bar{x}$  είναι ο μέσος των τιμών  $x_i$ ,  $A$  είναι ο συνολικός αριθμός συνδέσεων στο σύστημα με βάση τη γειτνίαση και  $w_{ij}$  είναι τα βάρη που ορίζονται με βάση τη χωρική εγγύτητα μεταξύ των παρατηρήσεων. Ο μαθηματικός τύπος των Cliff και Ord (1973, 1981) που χρησιμοποιείται σήμερα για τον υπολογισμό του δείκτη Moran's  $I$  είναι:

$$I = \frac{n \sum_i^n \sum_j^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i^n \sum_j^n w_{ij}) \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

όπου  $n$  είναι ο αριθμός των χωρικών οντοτήτων (παρατηρήσεων) και  $w_{ij}$  είναι τα βάρη που ορίζονται με βάση τη χωρική εγγύτητα μεταξύ των παρατηρήσεων. Ο ολικός δείκτης Moran's  $I$  παίρνει τιμές από  $-1$  ως  $+1$  και η ερμηνεία του είναι παρόμοια με αυτή του συντελεστή συσχέτισης (Rogerson 2010):

- Τιμές κοντά στο  $+1$  υποδηλώνουν ισχυρή θετική χωρική αυτοσυσχέτιση (αναμένονται χωρικά πρότυπα στα οποία γειτονικές παρατηρήσεις τείνουν να έχουν παρόμοια υψηλές ή χαμηλές τιμές μιας μεταβλητής),
- Τιμές κοντά στο  $-1$  υποδηλώνουν ισχυρή αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση (π.χ. υψηλές τιμές μιας μεταβλητής τείνουν να βρίσκονται κοντά σε χαμηλές τιμές)
- Τιμές κοντά στο  $0$  υποδηλώνουν απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης και επομένως χωρικών προτύπων. Αξίζει να σημειωθεί ότι γενικά τα χωρικά δεδομένα τείνουν να έχουν θετική χωρική αυτοσυσχέτιση - ως απόρροια του πρώτου νόμου της γεωγραφίας- ενώ η αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση είναι σπάνια.

### 1.6.3. Αξιολόγηση στατιστικής σημαντικότητας του δείκτη Moran's I

Για να αξιολογηθεί αν ο δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικός ή όχι έχει αναπτυχθεί ένα θεωρητικό πλαίσιο που επιτρέπει να διαφανεί αν ο δείκτης Moran's I υποδηλώνει μια συγκεκριμένη χωρική κατανομή των χωρικών δεδομένων που δεν είναι τυχαία. Σύμφωνα με τον Rogerson (2010), αν ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι αρκετά μεγάλος, η κατανομή των δειγματικών I, υπό την υπόθεση ότι τα χωρικά δεδομένα είναι τυχαία κατανεμημένα στο χώρο, προσεγγίζει την κανονική κατανομή, και ο μέσος και η διακύμανση του I μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον ορισμό ενός στατιστικού μέτρου Z ως εξής:

$$Z = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}}$$

όπου τα  $E[I]$  και  $V[I]$  είναι αντίστοιχα η αναμενόμενη μέση τιμή και διακύμανση του I όταν η μηδενική υπόθεση τυχαίας κατανομής των χωρικών οντοτήτων είναι αληθής. Ουσιαστικά γίνεται ένας έλεγχος υποθέσεων με μηδενική υπόθεση  $H_0=0$  ότι ο δείκτης Moran's I είναι 0, που σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάποιο χωρικό πρότυπο στα δεδομένα και άρα αυτά είναι τυχαία κατανεμημένα στο χώρο, έναντι της αμφίδρομης εναλλακτικής υπόθεσης  $H_1 \neq 0$  όπου ο δείκτης Moran's I δεν είναι 0, γεγονός που καταδεικνύει ότι τα δεδομένα δεν είναι τυχαία κατανεμημένα στο χώρο και εμφανίζουν συγκριμένα χωρικά πρότυπα ή έχουν συγκεκριμένη χωρική δομή και κατανομή. Σχετικά με το πόσο μεγάλος πρέπει να είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων έχουν προταθεί διάφοροι κανόνες πρακτικής. Ένας αριθμός μεγαλύτερος του 16 (Cliff and Ord 1973) ή 20 (Rogerson 2010) μπορεί να θεωρηθεί ικανός θεωρητικά, ωστόσο καλό είναι κατά την εφαρμογή σε πραγματικά δεδομένα ο αριθμός των παρατηρήσεων να είναι αρκετά μεγαλύτερος (>30 ή >100). Αν το στατιστικό μέτρο Z που θα υπολογιστεί είναι μεγαλύτερο του +1,96 ή μικρότερο του -1,96 σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$  (95%), τότε απορρίπτεται η  $H_0$ , επομένως ο σχετικός δείκτης Moran's I μπορεί να θεωρηθεί στατιστικά σημαντικός. Ο Goodchild (1986) αναφέρει δύο θεωρητικά πλαίσια υποθέσεων για την εκτίμηση της σημαντικότητας του δείκτη Moran's I: την υπόθεση τυχαιοποίησης (randomization hypothesis) σύμφωνα με την οποία για τη δημιουργία ενός δείγματος λαμβάνεται κάθε φορά μια θεωρητικά ανεξάρτητη



παρατήρηση από ένα θεωρητικά άπειρο πληθυσμό, η οποία αφαιρείται από αυτόν, και την υπόθεση αναδειγματοληψίας (resampling hypothesis) σύμφωνα με την οποία είναι δυνατό να δημιουργηθούν πολλά δείγματα παρατηρήσεων από έναν πληθυσμό όπου κάθε παρατήρηση αφού επιλεγεί για το κάθε δείγμα επιστρέφει στον πληθυσμό. Με βάση την υπόθεση τυχαιοποίησης τα παραπάνω στατιστικά  $E[I]$  και  $V[I]$  υπολογίζονται ως εξής (Rogerson 2010):

$$E[I] = \frac{-1}{n-1}$$

$$V[I] = \frac{n^2(n-1)S_1 - n(n-1)S_2 + 2(n-2)S_0^2}{(n+1)(n-1)^2 S_0^2}$$

όπου

$$S_0 = \sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij}$$

$$S_1 = 0.5 \sum_i \sum_{j \neq i} (w_{ij} + w_{ji})^2$$

$$S_2 = \sum_k \left( \sum_j w_{kj} + \sum_l w_{lk} \right)^2$$

Σύμφωνα με τον Goodchild (1986), τα στατιστικά των Εξισώσεων (3.4) και (3.5) με δείκτες N και R για τις μηδενικές υποθέσεις με βάση το θεωρητικό πλαίσιο αναδειγματοληψίας και τυχαιοποίησης αντίστοιχα ορίζονται ως εξής

$$E_N[I] = \frac{-1}{n-1}$$

$$E_R[I] = \frac{-1}{n-1}$$

$$V_N[I] = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^2}{(n^2 - 1) S_0^2} - (E_N[I])^2$$

$$V_R[I] = \frac{n((n^2 - 3n + 3)S_1 - nS_2 + 3S_0^2)}{(n-1)(n-2)(n-3)S_0^2} - \frac{b_2((n^2 - n)S_1 - 2nS_2 + 6S_0^2)}{(n-1)(n-2)(n-3)S_0^2} - (E_R[I])^2$$

όπου

$$S_0 = \sum_i^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij}$$

$$S_1 = 0.5 \sum_i^n \sum_{j \neq i}^n (w_{ij} + w_{ji})^2$$

$$S_2 = \sum_k^n \left( \sum_j^n w_{kj} + \sum_i^n w_{ik} \right)^2$$

$$m_2 = \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 / n$$

$$m_4 = \sum_i^n (x_i - \bar{x})^4 / n$$

$$b_2 = m_4 / m_2^2$$

Είναι προφανές ότι τα παραπάνω στατιστικά  $V[I]$ ,  $VN[I]$  και  $VR[I]$  είναι δύσκολο να υπολογιστούν με αριθμομηχανή ή λογιστικό φύλλο. Τα τελευταία είκοσι και πλέον χρόνια, έχει γίνει σοβαρή προσπάθεια συγγραφής κώδικα για τον υπολογισμό του δείκτη Moran's I τόσο σε εμπορικά όσο και σε ανοιχτά λογισμικά ΣΓΠ και Στατιστικής Ανάλυσης. Για τον υπολογισμό των δεικτών Moran's I, δημιουργήθηκαν πίνακες δυαδικών βαρών με βάση επτά διαφορετικούς αριθμούς κοντινότερων γειτόνων ( $k = 3, 4, 6, 9, 12, 18, 24$ ) με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου lctools (Kalogirou 2015) της R, των ενσωματωμένων σε αυτό δεδομένων GR.Municipalities και της συνάρτησης moransI.

#### 1.6.4. Τοπικός δείκτης Moran's I

Ο Anselin (1995) προτείνει τη χωρική αποδόμηση των ολικών δεικτών χωρικής αυτοσυσχέτισης και τον ορισμό τοπικών δεικτών χωρικής σχέσης (local indicators of spatial association – LISA) όπως ο τοπικός δείκτης του Moran I. Ο τοπικός δείκτης  $I_i$  μιας μεταβλητής  $X$ , με τιμές  $x_i$  για κάθε χωρική οντότητα  $i$  και μέσο  $\bar{x}$  ορίζεται ως εξής (Anselin 1995):

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{m_2} \sum_{j=1}^k w_{ij} (x_j - \bar{x}), j \neq i$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή  $m_2$  είναι σταθερή για όλα τα τοπικά  $I_i$  μιας μεταβλητής. Ο αριθμός των μη μηδενικών βαρών ισούται με τον αριθμό γειτόνων που ορίζονται με τους ίδιους εναλλακτικούς τρόπους όπως και στον ολικό δείκτη Moran's I. Η ερμηνεία του τοπικού δείκτη Moran  $I_i$  είναι ουσιαστικά η ίδια με αυτή του ολικού δείκτη I. Η θετική τιμή του τοπικού  $I_i$  υποδεικνύει χωρική συγκέντρωση παρόμοιων τιμών (χαμηλών ή υψηλών) ενώ η αρνητική τιμή του  $I_i$  υποδεικνύει χωρική συγκέντρωση ανόμοιων τιμών, για παράδειγμα μια τοποθεσία με υψηλή τιμή που περιβάλλεται από γείτονες με χαμηλές τιμές (Anselin 1995). Για τον έλεγχο της στατιστικής σημαντικότητας του τοπικού δείκτη Moran  $I_i$  με βάση τη μηδενική υπόθεση τυχαιοποίησης (randomization) πρέπει να υπολογιστεί η τιμή  $Z_i$  για κάθε θέση στο χώρο ως εξής (Anselin 1995):

$$E_R[I_i] = \frac{-\sum_j w_{ij}}{(n-1)}$$

$$V_R[I_i] = \sum_{j \neq i} w_{ij}^2 \frac{(n-b_2)}{(n-1)} + \sum_{k \neq i} \sum_{h \neq i} w_{ik} w_{ih} \frac{(2b_2 - n)}{(n-1)(n-2)} - (E_R[I_i])^2$$

όπου το  $b_2$  δίνεται από την Εξίσωση (3.7). Στην περίπτωση του τοπικού δείκτη Moran's I δεν ισχύει το όριο  $-1$  ως  $+1$  στην τιμή του, αλλά μπορεί να έχει τιμές μεγαλύτερες από  $+1$  και μικρότερες από  $-1$ . Παράλληλα με τον υπολογισμό του ολικού και των τοπικών δεικτών Moran's I, μπορεί να δημιουργηθεί το διάγραμμα διασποράς του Moran στο οποίο προβάλλονται σε σύστημα δύο αξόνων τα ζεύγη τιμών που αφορούν την κανονικοποιημένη τιμή της μεταβλητής (z-score) που μελετάται και την κανονικοποιημένη τιμή του αθροίσματος των τιμών των γειτόνων σταθμισμένων με τα αντίστοιχα βάρη. Με βάση το συνδυασμό των προσήμων των τιμών των ζευγών αυτών και το επίπεδο σημαντικότητας των τοπικών δεικτών Moran's I, είναι δυνατή η δημιουργία του χάρτη χωρικών προτύπων. Πρόκειται για ένα θεματικό χάρτη όπου κάθε χωρική οντότητα έχει ταξινομηθεί σε μία από τις παρακάτω πέντε κατηγορίες:

Υψηλή – Υψηλή (High – High) που αφορά σε χωρικές οντότητες με υψηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με επίσης υψηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής

- Χαμηλή – Χαμηλή (Low – Low) που αφορά σε χωρικές οντότητες με χαμηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με επίσης χαμηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής

- Χαμηλή – Υψηλή (Low – High) που αφορά σε χωρικές οντότητες με χαμηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με υψηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής
- Υψηλή – Χαμηλή (High – Low) που αφορά σε χωρικές οντότητες με υψηλή τιμή που συνορεύουν με οντότητες με χαμηλές τιμές της υπό μελέτη μεταβλητής
- Μη στατιστικά σημαντικό τοπικό δείκτη Moran's I Πρακτική εφαρμογή των παραπάνω παρουσιάζεται στις ενότητες 5 και 6 που αφορούν την μελέτη χωρικής αυτοσυσχέτισης με το πακέτο Ictools (Kalogirou 2015) και το λογισμικό GeoDa (Anselin 2005), αντίστοιχα.

### 1.6.5 Δείκτης μέτρησης χωρικής αυτοσυσχέτισης Geary's c

Ο δείκτης Geary's c εισήχθη από τον Geary (1954) ως ο λόγος γειννίασης (contiguity ratio) c ο οποίος αρχικά ορίστηκε ως εξής:

$$C = \frac{(n-1) \sum_{t \neq t'} (z_t - z_{t'})^2}{2K1 \sum_t (z_t - \bar{z})^2},$$

όπου n είναι ο αριθμός των χωρικών οντοτήτων,  $z_t$  είναι η τιμή μιας μεταβλητής Z στη χωρική οντότητα t, η οποία γειννιάζει με  $k_t$  αριθμό γειτόνων,  $K1 = \sum k_t$ , όπου  $\Sigma$  είναι το άθροισμα που αφορά όλες τις χωρικές οντότητες και  $\Sigma'$  είναι το άθροισμα που αφορά όλες τις γειτονικές χωρικές οντότητες.

Ο τοπικός δείκτης Geary's  $c_i$  που παρουσιάστηκε από τον Anselin (1995) υπολογίζεται ως εξής:

$$C_i = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - x_j)^2$$

Συχνά στη βιβλιογραφία ο ολικός και οι τοπικοί δείκτες Geary's c παρουσιάζονται και εφαρμόζονται ταυτόχρονα με τους αντίστοιχους δείκτες Moran's I (Cliff and Ord 1973, 1981, Anselin 1995, Getis 1991, Getis and Ord, 1996).

Οι τιμές του δείκτη Geary's c έχουν αντίθετη ερμηνεία από αυτούς του Moran's I. Ενώ ο τελευταίος δείκτης παίρνει τιμές από -1 ως +1, ο δείκτης c παίρνει πάντα θετικές τιμές. Ενώ η τιμή 0 στην περίπτωση του Moran's I σημαίνει μηδενική χωρική αυτοσυσχέτιση, στην περίπτωση του Geary's c όσο η τιμή του δείκτη πλησιάζει στο 0 τόσο πιο ισχυρή θετική χωρική αυτοσυσχέτιση εμφανίζεται η υπό μελέτη μεταβλητή. Τιμή του c ίση με +1 δηλώνει απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης, ενώ τιμή του c μεγαλύτερη του +1 αντιπροσωπεύει αρνητική χωρική συσχέτισης με μεγαλύτερες τιμές να αντιστοιχούν σε μια ισχυρή αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση (Zhou and Lin 2008).

#### 1.6.6 Ο δείκτης μέτρησης χωρικής αυτοσυσχέτισης Getis G

Οι Getis και Ord (1992) παρουσίασαν μια ομάδα στατιστικών δεικτών που συμβολίζονται με το γράμμα G και επιτρέπουν τη μέτρηση της χωρικής εξάρτησης σε μεταβλητές χωρικών δεδομένων. Υπάρχουν δύο κύριοι δείκτες και οι διαφοροποιήσεις τους. Ο ολικός δείκτης G για μια μεταβλητή X με μέσο  $\bar{x}$  ορίζεται ως εξής:

$$G(d) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j}, j \neq i$$

και ο τοπικός δείκτης  $G_i$  ορίζεται ως εξής:

$$G_i(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}, j \neq i$$

όπου  $d$  είναι η απόσταση που ορίζει μια γειτονιά γύρω από κάθε σημείο  $i$ ,  $w_{ij}$  είναι το βάρος για κάθε σημείο  $j$  της γειτονιάς εκτός από το ίδιο το  $i$  (το βάρος είναι συνήθως 1 για σημεία εντός της γειτονιάς και 0 για τα υπόλοιπα σημεία στα οποία αναφέρονται οι τιμές της μεταβλητής) και  $x_i, x_j$  είναι οι τιμές της μεταβλητής  $X$  στα σημεία  $i, j$  αντίστοιχα. Η μεταβλητή  $X$  θα πρέπει να έχει ως αρχή φυσικό αριθμό και να παίρνει θετικές τιμές, ένα κριτήριο που συνήθως ικανοποιείται από κοινωνικοοικονομικά δεδομένα όπως για παράδειγμα το μέσο δηλωθέν εισόδημα σε επίπεδο δήμου.

Επιπρόσθετα, οι Ord και Getis (2001) προτείνουν ένα νέο στατιστικό δείκτη που συμβολίζεται με  $O_i$  ο οποίος μπορεί να ελέγξει τη ύπαρξη τοπικής χωρικής αυτοσυσχέτισης αν διαπιστωθεί ολική χωρική αυτοσυσχέτιση στις τιμές μιας μεταβλητής. Ο ολικός δείκτης Getis  $G$  παρέχει μια ένδειξη ύπαρξης ή απουσίας χωρικών προτύπων ενώ για την ανίχνευση της θέσης των χωρικών προτύπων υψηλών ή χαμηλών τιμών μιας μεταβλητής  $X$  πρέπει να υπολογιστούν οι τοπικοί δείκτες  $G_i$  για κάθε σημείο  $i$ . Μια θετική τιμή του  $G_i$  που είναι στατιστικά σημαντική δηλώνει ότι γύρω από το σημείο  $i$  σε απόσταση  $d$  υπάρχει μια γειτονιά υψηλών τιμών (πάνω από τη μέση τιμή) ενώ μια αρνητική τιμή του  $G_i$  που είναι στατιστικά σημαντική δηλώνει ότι γύρω από το σημείο  $i$  σε απόσταση  $d$  υπάρχει μια γειτονιά χαμηλών τιμών (πάνω από τη μέση τιμή). Γίνεται η υπόθεση ότι το σύνολο των τιμών  $x_i$  εντός της γειτονιάς  $d$  είναι ένα τυχαίο δείγμα των τιμών της μεταβλητής  $X$  και ακολουθεί κανονική κατανομή (Getis and Ord, 1992). Οι Getis και Ord (1996) θεωρούν ότι αν ο αριθμός των παρατηρήσεων  $n$  της μεταβλητής  $X$  είναι σχετικά μικρός, τότε το ελάχιστο 8 γείτονες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των τοπικών δεικτών  $G_i$  χωρίς ιδιαίτερο σφάλμα με βάση τη θεωρία της στατιστικής επαγωγής εκτός αν η εν λόγω κατανομή είναι πολύ ασύμμετρη. Εφαρμογές των στατιστικών δεικτών  $G$  γίνονται τόσο σε ψηφιδωτά όσο και σε διανυσματικά δεδομένα. Παράδειγμα εφαρμογής σε ψηφιδωτά (raster) δεδομένα είναι η χωρική ανάλυση δορυφορικών εικόνων (Getis, 1994) ενώ εφαρμογή σε διανυσματικά (vector) δεδομένα αποτελεί η ανάλυση κοινωνικοοικονομικών μεταβλητών με χρήση διοικητικών ορίων (Getis and Ord, 1992; Ord and Getis, 2001).

## 1.7 Λογισμικά χωρικής ανάλυσης

Για τη δημιουργία, επεξεργασία, αποθήκευση και οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων η επιστήμη της πληροφορικής έχει αναπτύξει ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα που ονομάζονται Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems – GIS). Τα συστήματα αυτά υποστηρίζουν πολλές μορφές χωρικών δεδομένων, πολλούς τύπους αρχείων και διάφορα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Database Management Systems). Στα GIS τα δεδομένα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

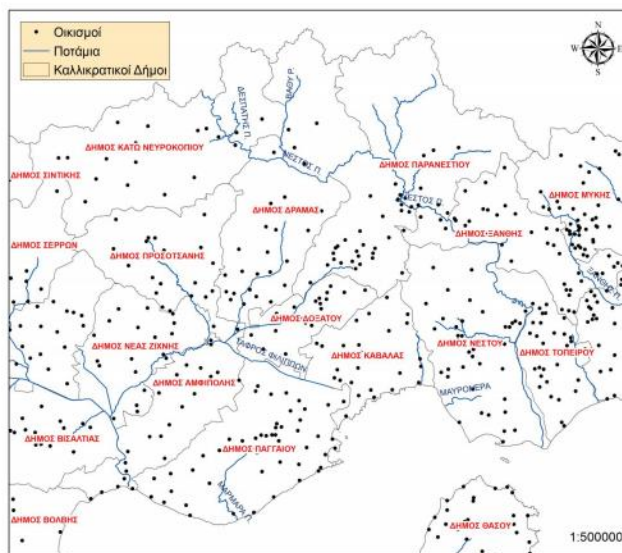
- στα διανυσματικά (vector) δεδομένα και
- στα ψηφιδωτά (raster) δεδομένα.

Τα διανυσματικά δεδομένα αναπαριστούν τριών ειδών χωρικές οντότητες με βάση το σχήμα τους:

- Σημεία (Points)
- Διανύσματα / γραμμές (Polylines)
- Πολύγωνα (Polygons)

Τα διανυσματικά δεδομένα είναι αποτέλεσμα ψηφιοποίησης (χειροκίνητης ή αυτόματης) με τη χρήση κατάλληλου υλικού και λογισμικού. Τα σημεία αποτελούν βασική χωρική οντότητα διότι έχουν συγκεκριμένη θέση στο χώρο και μπορούν να αναπαραστήσουν είτε ένα φυσικό αντικείμενο (όπως ένας τηλεφωνικός θάλαμος) είτε ένα συμβάν (π.χ. τροχαίο ατύχημα). Η θέση του σημείου προσδιορίζεται με βάση τις γεωγραφικές του συντεταγμένες. Τα διανύσματα ή γραμμές είναι χωρικές οντότητες που ορίζονται από τουλάχιστον δύο σημεία και μπορούν κι αυτά να αναπαραστήσουν ένα φυσικό αντικείμενο (όπως ένα δρόμο ή ένα καλώδιο τηλεφώνου) ή μια κίνηση, όπως για παράδειγμα η διαδρομή ενός ατόμου πάνω στο οδικό δίκτυο. Τέλος, τα πολύγωνα είναι χωρικές οντότητες που ορίζονται από πολλά διανύσματα (και κατ' επέκταση πολλά σημεία), όπου η αρχή του πρώτου διανύσματος συμπίπτει με το τέλος του τελευταίου διανύσματος. Τα πολύγωνα είναι κλειστά γεωμετρικά σχήματα που συνήθως αναπαριστούν φυσικά αντικείμενα μεγάλης επιφάνειας που δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με ένα σημείο, όπως για παράδειγμα μία λίμνη, αλλά

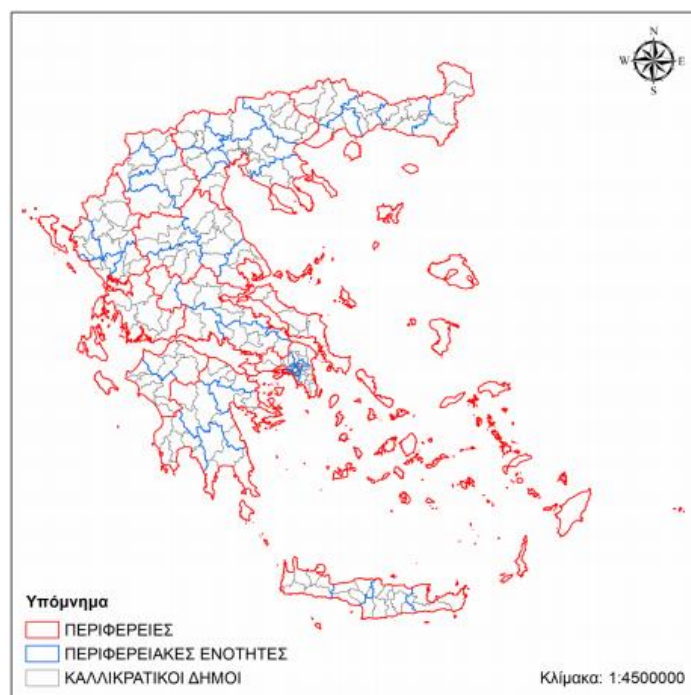
ακόμη συχνότερα αναπαριστούν νοητές οντότητες, όπως για παράδειγμα τα γεωγραφικά όρια των οντοτήτων μιας διοικητικής διαίρεσης ενός κράτους. Η Ελλάδα, σύμφωνα με τον νόμο 3852 (ΦΕΚ 87Α, 7 Ιουνίου 2010) με τίτλο «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης» διαιρείται διοικητικά σε: 7 Αποκεντρωμένες Διοικήσεις, 13 Περιφέρειες, 51 Νομούς που σήμερα ονομάζονται Περιφερειακές Ενότητες, 325 Δήμους και το Άγιο Όρος. Κάθε Δήμος υποδιαιρείται σε Δημοτικές Ενότητες που συχνά αφορούν σε Δήμους και Κοινότητες προ του παραπάνω νόμου. Δύο παραδείγματα διανυσματικών δεδομένων παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.6.1 και 4.6.2 που ακολουθούν. Η πρώτη εικόνα παρουσιάζει ένα χάρτη με τους οικισμούς (σημεία), τα ποτάμια (διανύσματα) και τα διοικητικά όρια των νομών Δράμας και Καβάλας ενώ η δεύτερη εικόνα παρουσιάζει τη διοικητική διαίρεση όλης της Ελλάδας. Η πηγές των διανυσματικών δεδομένων που παρουσιάζονται στους χάρτες αυτούς είναι η Ελληνική Στατιστική Αρχή και το Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος και Ενέργειας.



**Σχήμα 1.11** Χάρτης διανυσματικών δεδομένων στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας



Τα ψηφιδωτά δεδομένα αφορούν κυρίως σε συνεχή πεδία φυσικά ή νοητά. Στα ψηφιδωτά δεδομένα κάθε ψηφίδα αποτελεί ένα τετράγωνο με συγκεκριμένες διαστάσεις που αναπαριστά ένα τμήμα της επιφάνειας της γης. Τα πιο διαδεδομένα ψηφιδωτά δεδομένα είναι οι δορυφορικές εικόνες και οι ορθοφωτοχάρτες όπου η κάθε ψηφίδα μπορεί να έχει διαστάσεις από μερικά εκατοστά ως μερικές δεκάδες μέτρα και μια τιμή που αφορά στο χρώμα που φωτογράφησε ο δορυφόρος ή το αεροπλάνο για ένα μικρό τμήμα της επιφάνειας της γης. Ιδιαίτερα διαδεδομένο είναι και το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model – DEM) στο οποίο η κάθε ψηφίδα λαμβάνει τιμή ίση με το μέσο υψόμετρο στο τμήμα γης που αναπαριστά. Αν για παράδειγμα, η ψηφίδα έχει μέγεθος 100 επί 100 μέτρα, τότε η τιμή υψομέτρου αφορά στο μέσο υψόμετρο σε μια επιφάνεια της γης ίση με 10.000 τετραγωνικά μέτρα (10 στρέμματα). Νοητά πεδία τα οποία αποθηκεύονται υπό τη μορφή ψηφιδωτών δεδομένων αποτελούν τα κλιματικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα η μέση θερμοκρασία. Εδώ οι ψηφίδες είναι μεγαλύτερες, συνήθως 0,25ο επί 0,25ο (Katsafados et al. 2012).



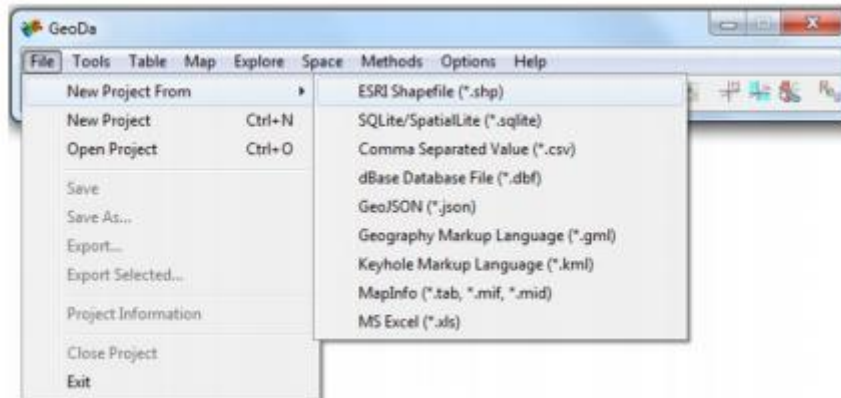
**Σχήμα 1.12** Χάρτης Αρχιτεκτονικής της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης

### **1.7.1.Εφαρμογή χωρικής αυτοσυσχέτισης με το λογισμικό GeoDa**

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι η εξοικείωση των φοιτητών με ένα ακόμη ευρέως διαδεδομένο ανοιχτό λογισμικό διερευνητικής ανάλυσης χωρικών δεδομένων, το GeoDa. Για το σκοπό αυτό, παρουσιάζεται βήμα προς βήμα η ανάλυση χωρικής αυτοσυσχέτισης με το λογισμικό GeoDa (Anselin et al., 2005), το οποίο μπορεί να ληφθεί από την επίσημη ιστοσελίδα του Κέντρου Χωρικής Ανάλυσης και Πληροφορικής GeoDa του Πανεπιστημίου της Αριζόνα, των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (Η.Π.Α.) και πιο συγκεκριμένα από τον παρακάτω σύνδεσμο: <https://geodacenter.asu.edu/software/downloads>. Το λογισμικό και τα εγχειρίδια χρήσης διανέμονται δωρεάν με την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιηθούν για διδακτικό ή ερευνητικό σκοπό και θα αναγνωριστεί η χρήση τους (με μια αναφορά στη βιβλιογραφία και τις ευχαριστίες). Το GeoDa (έκδοση 1.6.6) είναι ένα εξειδικευμένο και εύχρηστο λογισμικό ανάλυσης χωρικών δεδομένων με παραθυρικό περιβάλλον και κατά μια έννοια αποτελεί ένα ελαφρύ ΣΓΠ. Ωστόσο, δεν έχει πολλές δυνατότητες δημιουργίας και διαχείρισης δεδομένων γι' αυτό και συχνά κρίνεται αναγκαία η προετοιμασία των προς ανάλυση δεδομένων σε άλλο λογισμικό ΣΓΠ, όπως το QGIS (<http://www.qgis.org>). Το GeoDa έκδοση 1.6.6 υποστηρίζει αρκετούς τύπους χωρικών βάσεων δεδομένων. Για πρακτικούς λόγους, προτείνεται τα περιγραφικά δεδομένα (μεταβλητές) να είναι ενσωματωμένα με τα χωρικά δεδομένα (σημεία ή πολύγωνα) και να είναι σε μια κοινή μορφή που αναγνωρίζουν πολλά λογισμικά, όπως η μορφή ESRI shapefile (\*.shp).

### **1.7.2. Εισαγωγή δεδομένων και δημιουργία έργου στο GeoDa, έκδοση 1.6.6**

Τα δεδομένα που αναλύονται εδώ αφορούν το μέσο ετήσιο δηλωθέν οικογενειακό εισόδημα που αποκτήθηκε το 2001 και είναι διαθέσιμα στο πακέτο lctools της R. Αφού γίνει λήψη και εγκατάσταση του λογισμικού GeoDa, αναλόγως του λειτουργικού συστήματος του χρήστη, ακολούθως θα πρέπει να γίνει εκκίνηση του λογισμικού ώστε να εμφανιστεί η χαρακτηριστική μπάρα εργαλείων του. Για την ανάλυση δεδομένων, από το μενού File, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα νέο έργο επιλέγοντας New Project From και να επιλεγεί η χωρική βάση δεδομένων, εν προκειμένω της μορφής ESRI Shapefile όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.6.4.

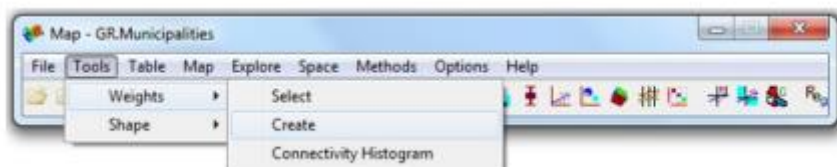


**Σχήμα 1.13** Εισαγωγή δεδομένων στο GeoDa

Αφού επιλεγεί το αρχείο GR.Municipalities.shp, εμφανίζεται ο χάρτης με τους δήμους Καλλικράτη της Ελλάδας και ενεργοποιείται το μενού του λογισμικού.

### 1.7.3. Δημιουργία βαρών

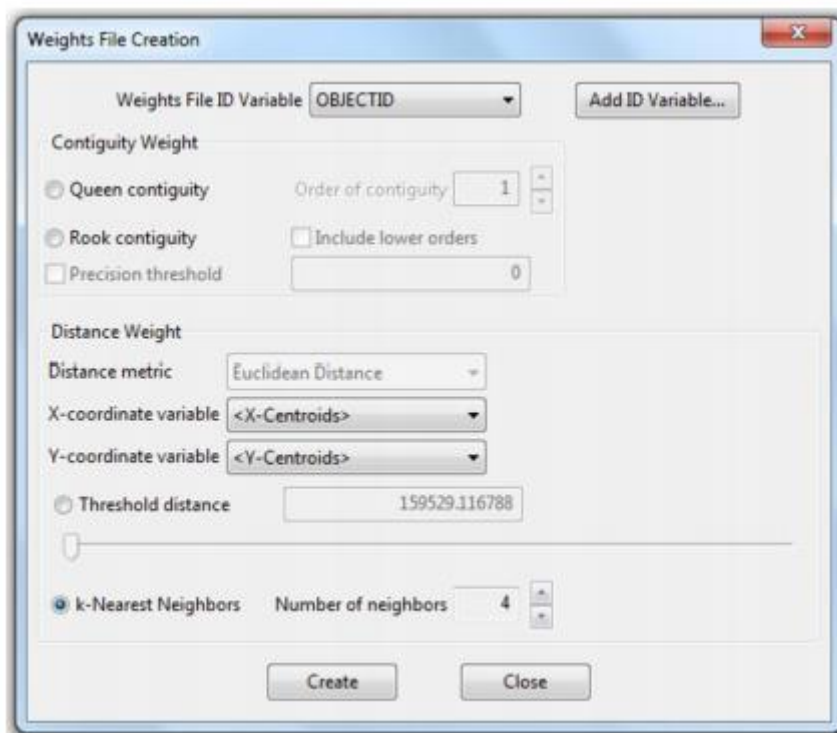
Για τον υπολογισμό του ολικού και των τοπικών δεικτών χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran's I το πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός των βαρών. Για το σκοπό αυτό, το GeoDa διαθέτει ένα ειδικό παράθυρο, το οποίο εμφανίζεται αν από το μενού Tools επιλεγεί το υπομενού Weights και ακολούθως το Create, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



**Σχήμα 1.14** Μενού υπολογισμού βαρών

Στο παράθυρο που εμφανίζεται με τίτλο Weights File Creation θα πρέπει να οριστούν: μια μεταβλητή με μοναδικές τιμές (Weights File ID Variable) όπως για παράδειγμα το OBJECTID, το είδος της συνάρτησης υπολογισμού βάρους και των παραμέτρων αυτής, όπως για παράδειγμα ένας συγκεκριμένος αριθμός κοντινότερων γειτόνων (k-

Nearest Neighbours), που εδώ ορίζονται 4 κοντινότεροι γείτονες όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Σχήμα 1.15 Παράθυρο υπολογισμού βαρών.

Η επιλογή της συνάρτησης υπολογισμού των βαρών  $w_{ij}$  γίνεται τόσο με θεωρητικές προσεγγίσεις όσο και με εμπειρικές. Σε κάθε περίπτωση, είναι σημαντικό να μελετηθεί η γεωγραφία των χωρικών οντοτήτων ώστε να βγουν συμπεράσματα για τη γειτνίαση μεταξύ τους. Παραδείγματος χάρη, όταν η γεωγραφία αφορά πολύγωνα δήμων μιας ηπειρωτικής περιοχής όπως η Γαλλία ή οι Η.Π.Α., τότε η δημιουργία βαρών με βάση τη γειτνίαση Rook ή Queen Contiguity είναι πιο εύλογη επιλογή μιας και εξασφαλίζει έναν αριθμό φυσικών γειτόνων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ομοίως, όταν οι χωρικές οντότητες είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες στο χώρο, τότε πιο εύλογη επιλογή είναι η στάθμιση με βάση ένα όριο ευθείας απόστασης. Στην περίπτωση όμως χωρικών δεδομένων, όπως η δήμοι της Ελλάδας, που περιλαμβάνουν απομακρυσμένες και νησιωτικές περιοχές χωρίς φυσικούς γείτονες, ο πιο ασφαλής τρόπος δημιουργίας βαρών είναι με βάση έναν ορισμένο αριθμό γειτόνων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε ερευνητικές εργασίες καλό είναι οι δείκτες Moran's I να υπολογίζονται με

διαφορετικά βάρη. Η επιλογή του αριθμού κοντινότερων γειτόνων 4 είναι αυθαίρετη και έγινε χάριν του παραδείγματος που παρουσιάζεται εδώ. Για τη δημιουργία και αποθήκευση των βαρών, στο παραπάνω παράθυρο θα πρέπει να πατηθεί το κουμπί Create και στο παράθυρο διαλόγου αποθήκευσης αρχείων που εμφανίζεται να επιλεγεί το όνομα του αρχείου (π.χ. GR.Municipalities.gwt) και να αποθηκευθεί σε κατάλληλο φάκελο ώστε να είναι δυνατή η ανάκτησή του. Για να πραγματοποιηθεί η αποθήκευση θα πρέπει να πατηθεί το κουμπί Save και ο χρήστης να λάβει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης στην οθόνη του υπολογιστή. Στο φάκελο που έχει επιλεγεί, και συνήθως είναι αυτός στον οποίο βρίσκεται ο χάρτης γεωγραφικών δεδομένων, δημιουργείται το αρχείο βαρών GR.Municipalities.gwt. Πατώντας Close κλείνει το παράθυρο δημιουργίας βαρών που δεν είναι πλέον απαραίτητο για τη συνέχεια της ανάλυσης χωρικής αυτοσυσχέτισης. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι γείτονες και οι αποστάσεις τους για τις πρώτες τρεις χωρικές οντότητες (δήμοι) με βάση το OBJECTID.

OBJECTID χωρικής οντότητας	OBJECTID κοντινότερων γειτόνων	Απόσταση (σε μέτρα)
1	3	14874,8610
1	4	20944,9462
1	20	25683,1795
1	2	37590,1910
2	4	22453,7134
2	14	29478,2742
2	1	37590,1910
2	10	39567,3675
3	1	14874,8610
3	20	18332,2122
3	21	26534,8835
3	4	35493,7823

**Πίνακας 1.1** Πίνακας γειτνίασης δήμων Καλλικράτη με βάση τους 4 κοντινότερους γείτονες.

#### **1.7.4. Δημιουργία Θεματικού Χάρτη με το Ανοιχτό Λογισμικό QGIS**

Το Quantum GIS (QGIS) είναι ένα φιλικό προς το χρήστη λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) ανοιχτού κώδικα που διέπεται από την άδεια χρήσης General Public License (GNU). Το QGIS αποτελεί επίσημο πρόγραμμα του Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Τρέχει στα λειτουργικά συστήματα Windows, MacOS X, Linux και Android και υποστηρίζει πολλές μορφές γεωγραφικών δεδομένων (διανυσματικών και ψηφιδωτών) και μορφές χωρικών και μη βάσεων δεδομένων. Το QGIS έχει πολλές λειτουργικές δυνατότητες που αυξάνονται με τις νεότερες εκδόσεις ενώ είναι επεκτάσιμο με πρόσθετα που μπορούν να αναπτυχθούν σε γλώσσες προγραμματισμού όπως η Python. Τα τελευταία χρόνια η εξέλιξη του λογισμικού είναι ραγδαία εμφανίζοντας μια δυναμική ανταγωνισμού εμπορικών λογισμικών ΣΓΠ προκαλώντας πίεση προς τη σχετική βιομηχανία λογισμικού.

Η άνοδος του QGIS ήταν σημαντική τα τελευταία χρόνια, καθώς αυτό το λογισμικό αποτελεί μια δωρεάν εφαρμογή ανοιχτού κώδικα γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών που ξεκίνησε το 2002 και αναπτύχθηκε από μια ευρεία κοινότητα επιστημόνων.

Το 2005, το εργαλείο ήταν ως επί το πλείστον ένα βοήθημα οπτικοποίησης χωρικών δεδομένων. Ωστόσο, μέσα σε λίγα χρόνια κέρδισε επιπλέον δυνατότητες σε προβολή διαχείριση, επεξεργασία, ελέγχων , ανάλυση και εκτύπωση.

#### **Τα οφέλη του QGIS**

Το QGIS έχει υιοθετηθεί από οργανισμούς και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο, όντας δωρεάν, επιτρέποντας σημαντική εξοικονόμηση κόστους.

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι σε συνεχή αλματώδη εξέλιξη με on-line εφαρμογές πολλές λειτουργικότητες και ευελιξία συστημάτων GIS.

Το QGIS είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση σε σχέση με αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα .Σε αντίθεση με άλλα εμπορικά λογισμικά GIS, το QGIS αναπτύσσεται συνεργατικά από πολλούς ανθρώπους από κάθε είδους διαφορετικό υπόβαθρο. Υπάρχει ένα πολύ υψηλό επίπεδο διαχείρισης και διακυβέρνησης του έργου υπό την ηγεσία μιας ομάδας που ονομάζεται Project Steering Committee.

Τέλος ορισμένες δυνατότητες που ενδέχεται να βρίσκονται σε μελλοντική ανάπτυξη για το QGIS περιλαμβάνουν κινηματικές εφαρμογές , τρισδιάστατες απεικονίσεις αυτοματοποίηση χωρικών αναλύσεων, μαζικές επαναλαμβανόμενες εργασίες.

### **Χρήσιμα πρόσθετα (plugins)**

Οι χρήστες QGIS επωφελούνται επίσης από πολλές προσθήκες που επεκτείνουν τη λειτουργικότητα του QGIS. Αυτά διατίθενται μέσω της επίσημης «αποθήκης» QGIS και έχουν πρόσβαση και εγκαθίστανται απευθείας από το QGIS. Τα πρόσθετα είναι σαν επεκτάσεις στο πρόγραμμα QGIS που κωδικοποιούνται και συντάσσονται ανεξάρτητα από το βασικό λογισμικό. Οποιοσδήποτε προγραμματιστής μπορεί να δημιουργήσει μια νέα προσθήκη στο QGIS, αρκεί να τηρούνται ορισμένοι βασικοί κανόνες. Οι προσθήκες είναι ένας ισχυρός τρόπος ενθάρρυνσης νέας καινοτομίας και ανάπτυξης γύρω από το QGIS.

Στα πιο δημοφιλή πρόσθετα για είναι η ενσωμάτωση με τους Χάρτες Google και PostgreSQL.

### **Η Δύναμη του QGIS**

Το QGIS προσφέρει δυνατότητα ενσωμάτωσης λειτουργιών (plugin) για ανάπτυξη, με το pyQGIS, ένα σύστημα υποστήριξης που βασίζεται σε Python, που χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην κατασκευή επιπροσθέτων εργαλείων. Υπάρχουν μια σειρά ενσωματωμένων εργαλείων που βοηθούν στην οπτικοποίηση , σε μετασχηματισμούς δεδομένων και σε τοπολογικούς ελέγχους.

Η δημοτικότητα άλλων εργαλείων όπως το Google Earth οδήγησε τους προγραμματιστές να θέλουν να ενσωματώσουν αυτά τα εργαλεία στο QGIS, αξιοποιώντας δημοφιλή δωρεάν εργαλεία . Ενώ εξελίσσεται αποτελεσματικά σε ένα σύνολο γεωχωρικών υπηρεσιών, εξακολουθεί να λειτουργεί ως επεξεργαστής γεωχωρικών δεδομένων στον πυρήνα του και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως διακομιστής χρησιμοποιώντας το πρόσθετο διακομιστή QGIS.

Οι χωρικές βάσεις δεδομένων αποτελούν βασικό μέρος κάθε γεωχωρικής επεξεργασίας και το QGIS συνδέεται εύκολα με την PostGIS, μια επέκταση της PostgreSQL, για ισχυρή υποστήριξη ερωτημάτων και χωρικών βάσεων δεδομένων. Ακόμη και τα αναδυόμενα δημοφιλή εργαλεία, όπως η R στατιστική γλώσσα, μπορούν τώρα να

εφαρμοστούν απευθείας στο QGIS για να βοηθήσουν με αναλύσεις και οπτικοποίηση. Το Python 3 έχει γίνει η ραχοκοκαλιά του QGIS, όπου οι προγραμματιστές μπορούν να συνεισφέρουν και να ανεβάζουν τις προσθήκες τους στη συνεχώς αναπτυσσόμενη λίστα εργαλείων.

### **PostgreSQL / PostGIS και Geoserver**

Το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων PostgreSQL αποτελεί το πιο προηγμένο σύστημα ανοικτού κώδικα της κατηγορίας. Η ανάπτυξή του διαρκεί ήδη πάνω από είκοσι (20) χρόνια και βασίζεται σε αρχιτεκτονική η οποία έχει δημιουργήσει μια ισχυρή αντίληψη των χρηστών της σχετικά με την αξιοπιστία, την ακεραιότητα των δεδομένων και την ορθή λειτουργία.

Διαθέτει ταχύτητα και λειτουργίες που το καθιστούν ανταγωνιστικό εμπορικών πακέτων όπως τα ΣΔΒΔ της Oracle και της Microsoft, ενώ χρησιμοποιείται επιτυχώς για την υποστήριξη βάσεων δεδομένων που το μέγεθός τους ανέρχεται σε μερικά Terabytes. Η PostGIS ενεργοποιεί χωρικά την PostgreSQL, καθιστώντας την ένα ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Χωρικών Βάσεων Δεδομένων.

Ο Geoserver Σχεδιασμένος για διαλειτουργικότητα, το λογισμικό διάχυσης γεωχωρικών δεδομένων μέσω διαδικτυακών υπηρεσιών GeoServer μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άντληση – δημοσίευση δεδομένων που βρίσκονται αποθηκευμένα στα πιο διαδεδομένα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων.



## 1.8 Καταγραφή και συλλογή δεδομένων

Σημαντικό είναι να σημειωθούν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χωρικών δεδομένων όπως η απόσταση η θέση και η γειτνίαση. Αφορά το ανθρώπινο είδος από την προϊστορική εποχή ως σήμερα. Από την αρχαιότητα, ο άνθρωπος ασχολείται με τα χωρικά δεδομένα, η αλληλεπίδρασή των οποίων με το χώρο είναι καθημερινή. Ακόμη και στην καθημερινότητά μας, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο χρησιμοποιούμε χωρικά δεδομένα. Για παράδειγμα η διεύθυνση κατοικίας προσδιορίζεται με

- Ένα όνομα και έναν αριθμό στη θέση της οικίας ως προς το δρόμο,
- Τον δήμο που έχει δοθεί από το Υπουργείο Εσωτερικών και
- Ένα ταχυδρομικό κώδικα που έχει οριστεί για τη διανομή της αλληλογραφίας

Όλες οι παραπάνω χωρικές πληροφορίες μπορούν με μοναδικό τρόπο να προσδιορίσουν τη θέση μιας κατοικίας, ωστόσο αυτή δεν είναι απόλυτα ακριβής ως προς τη θέση της πάνω στην επιφάνεια της γης. Η τελευταία προσδιορίζεται επακριβώς με βάση τις γεωγραφικές ή καρτεσιανές συντεταγμένες που αποτελούν δύο διαφορετικούς τρόπους μέτρησης του γεωγραφικού μήκους (απόσταση από τον πρώτο μεσημβρινό που διέρχεται από το αστεροσκοπείο του Greenwich στην Αγγλία) και του γεωγραφικού πλάτους (απόσταση από τον ισημερινό). Στη σύγχρονη εποχή, ο ακριβής προσδιορισμός των γεωγραφικών συντεταγμένων ενός σημείου γίνεται με τη βοήθεια ειδικών συσκευών εφοδιασμένων με τεχνολογία εντοπισμού θέσης (GPS–Global Position System) και τη βοήθεια δορυφόρων. Οι μέθοδοι χωρικής ανάλυσης, που παρουσιάζονται παρακάτω, αφορούν συχνά σε σύνθετες μαθηματικές επεξεργασίες δεδομένων και απαιτούν αρκετή υπολογιστική ισχύ. Ωστόσο, είναι αξιοθαύμαστο το γεγονός ότι στην καθημερινότητά τους, ένας επαγγελματίας οδηγός και ένας ταχυδρόμος πραγματοποιούν υποσυνείδητα υψηλού επιπέδου ανάλυση χωρικών δεδομένων που ενδεχομένως να είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί από ένα σύστημα πληροφορικής. Για παράδειγμα, κάθε μέρα ένας ταχυδρόμος έχοντας υπόψη του όλες τις διευθύνσεις της περιοχής του, παραδίδει γράμματα ή συντάξεις ακολουθώντας βέλτιστες διαδρομές και μάλιστα στην επαρχία με ευφυή τρόπο παρακάμπτοντας την

κατοικία ενός παραλήπτη και αποδίδοντάς του/της την αλληλογραφία επί τόπου αν τον/την συναντήσει στο δρόμο, σε κάποιο κατάστημα ή σε κάποια υπηρεσία. Αντίστοιχα, όταν μπαίνουμε σε ένα ταξί και ζητάμε από τον οδηγό να μας πάει σε κάποια σημείο ενδιαφέροντος σε συγκεκριμένο χρόνο, ο οδηγός γνωρίζοντας γνωστά σημεία ενδιαφέροντος, τη μέρα και την ώρα, μπορεί να βρει τη βέλτιστη διαδρομή που άλλες φορές είναι από κεντρικούς δρόμους και άλλες φορές από στενά. Ορισμένες φορές μάλιστα, ο οδηγός μπορεί να μας δώσει τη δυνατότητα να επιλέξουμε ποια εναλλακτική διαδρομή επιθυμούμε. Εκείνη τη στιγμή κάνουμε μια χωρική απόφαση με βάση τη δική μας ικανότητα ανάλυσης χωρικής πληροφορίας και τη γνώση μας για το χώρο στην περιοχή που κινούμαστε. Προφανώς, δεν είμαστε σε θέση να λάβουμε μια τέτοια απόφαση σε μια περιοχή άγνωστη σε εμάς. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούμε έναν πλοηγό (navigator).

### 1.8.1. Συλλογή Χωρικών Δεδομένων

Τα δεδομένα συνήθως χωρίζονται σε δύο ομάδες με βάση την πηγή τους:

σε πρωτογενή δεδομένα και δευτερογενή δεδομένα.

**Τα πρωτογενή δεδομένα** είναι αυτά που συλλέγει ο ερευνητής ακολουθώντας κάποια μεθοδολογία και κάποια εργαλεία. **Δευτερογενή** θεωρούνται τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί και είναι διαθέσιμα είτε δωρεάν είτε με κάποιο κόστος. Και στις δύο περιπτώσεις, είναι απαραίτητη κάποια στιγμή η συλλογή δεδομένων που ειδικά στην περίπτωση των χωρικών δεδομένων θα πρέπει να περιλαμβάνει κάποιου είδους χωρική πληροφορία, άμεση (γεωγραφικές συντεταγμένες) ή έμμεση (τιμή σε ένα σύστημα αναφοράς όπως το όνομα του Δήμου). Οι Fotheringhametal et al. ορίζουν τη συλλογή δεδομένων στην ποσοτική γεωγραφία: «Τα χωρικά δεδομένα προκύπτουν όταν προσπαθούμε να συλλέξουμε πληροφορίες από τον πραγματικό κόσμο. Η φύση της συλλογής πληροφοριών είναι τέτοια που δεν μας ενδιαφέρει μόνο η διακύμανση κάποιου φαινομένου, αλλά και η θέση της εν λόγω διακύμανσης. Πρέπει, συνεπώς, να συλλέξουμε πληροφορίες όχι μόνο για τη φύση του φαινομένου που μας ενδιαφέρει, αλλά επίσης και για τη θέση του. Υπάρχει μια ευρεία ποικιλία τεχνικών, τόσο

χειροκίνητων όσο και αυτόματων, για να γίνει αυτό.» Ωστόσο, σχετικά με την έρευνα πεδίου κατά την οποία συνήθως συλλέγονται πληροφορίες για ένα φαινόμενο με χωρική διάσταση, υπάρχει μια μεγάλη συζήτηση για το αν αυτό που βλέπουμε είναι αυτό που πραγματικά υπάρχει. Με απλά λόγια το ζήτημα που προκύπτει είναι το κατά πόσο η συλλογή δεδομένων με βάση την παρατήρηση του ερευνητή είναι αμερόληπτη. Γι' αυτό, τόσο στην ποσοτική γεωγραφία όσο και στη φυσική γεωγραφία, η συλλογή δεδομένων γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται από την υποκειμενικότητα του ερευνητή και συλλέκτη δεδομένων κάτι που μπορεί να συμβεί στην ποιοτική γεωγραφία. Στην ποσοτική φυσική γεωγραφία, η συλλογή δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια οργάνων και με δομημένο τρόπο, ώστε να αποφεύγονται τα ζητήματα μεροληψίας. Για παράδειγμα, κατά την απογραφή πληθυσμού που διενεργεί η Ελληνική Στατιστική Αρχή, ο απογραφέας συλλέγει δεδομένα που αφορούν ένα νοικοκυριό και κάθε μέλος του με βάση ένα ερωτηματολόγιο στο οποίο είτε συμπληρώνει αριθμούς σε μια κλίμακα (πχ. ημερομηνία γέννησης), είτε πληροφορίες σε ένα σύστημα αναφοράς με γνωστές σχεδόν όλες τις πιθανές τιμές (π.χ. διεύθυνση κατοικίας), είτε επιλέγει μια ή περισσότερες από τις προεπιλεγμένες πιθανές απαντήσεις μαυρίζοντας ένα κουτάκι. Ακόμη και πληροφορίες όπως το ονοματεπώνυμο και η ημερομηνία γέννησης του ατόμου, μπορούν να επαληθευτούν από το κατάλληλο επίσημο έγγραφο (π.χ. ταυτότητα ή διαβατήριο). Ομοίως, στη φυσική γεωγραφία, η συλλογή για παράδειγμα γεωλογικών δεδομένων γίνεται με τη συλλογή δείγματος και χημική του επεξεργασία, ενώ η συλλογή κλιματικών δεδομένων με τη βοήθεια αισθητήρων ενός μετεωρολογικού σταθμού. Ένα άλλο συχνό φυσικό φαινόμενο στην Ελλάδα είναι οι σεισμοί, οι οποίοι καταγράφονται συνεχώς και συλλέγεται πληροφορία σχετικά με την ακριβή τους θέση στο χώρο, το εστιακό τους βάθος καθώς και τη χρονική στιγμή που έχουν συμβεί. Από την αρχαία εποχή ως το πρόσφατο παρελθόν η συλλογή χωρικών δεδομένων γινόταν κυρίως με βάση την παρατήρηση και τις μαρτυρίες, γι' αυτό και μπορεί να αμφισβητηθεί η ποιότητα των δεδομένων αυτών. Στη σύγχρονη εποχή η συλλογή δεδομένων γίνεται είτε από τον ερευνητή υποβοηθούμενη από διάφορα τεχνικά μέσα είτε αυτόματα από υπολογιστικές μηχανές. Μια άλλη εξέλιξη με την πάροδο του χρόνου είναι η καθολικότητα συλλογής δεδομένων και το μέγεθος του δείγματος με βάση το οποίο μπορεί να αναπαρασταθεί ένα χωρικό φαινόμενο. Προφανώς είναι αδύνατο να καταγραφεί πλήρως το φυσικό τοπίο, οι κλιματικές συνθήκες, το φυτικό και ζωικό βασίλειο, η δραστηριότητα του ανθρώπου και η αλληλεπίδρασή τους με το χώρο κι ακόμη δυσκολότερο να

καταγραφούν οι χωρικές αποφάσεις κάθε ανθρώπου πάνω στη γη. Χωρικά δεδομένα που έχουν παραχθεί στο παρελθόν, έχουν ψηφιοποιηθεί και ενημερώνονται συνεχώς ώστε να αυξηθεί η πληρότητα και η ποιότητά τους. Κλασικό παράδειγμα στον ελλαδικό χώρο, αποτελεί η ψηφιοποίηση των χαρτών της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) των δεκαετιών του 1960 και 1970 που αποτέλεσαν τη βάση για τα ψηφιακά υπόβαθρα του οδικού δικτύου, των σημείων ενδιαφέροντος και της ακτογραμμής της χώρας. Τα δεδομένα αυτά μετέπειτα βελτιώθηκαν και ενημερώθηκαν με τη χρήση συσκευών GPS, δορυφορικών εικόνων και γεωμετρική επεξεργασία με λογισμικά Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) ώστε να φτάσουν στη σύγχρονη μορφή τους. Σήμερα η συλλογή δεδομένων γίνεται με όλο και πιο αυτοματοποιημένο τρόπο. Τα παγκόσμια χωρικά δεδομένα πολυεθνικών εταιριών, όπως η Google, γίνονται με δορυφόρους, αεροπλάνα, drones και ειδικά οχήματα που είναι εφοδιασμένα με ειδικές κάμερες και GPS. Παράλληλα, παγκόσμια χωρικά δεδομένα δημιουργούνται από την ευρεία εθελοντική ψηφιοποίηση ερασιτεχνών που συγκεντρώνονται σε συλλογικές βάσεις δεδομένων όπως το Open Street Map. Παγκόσμια χωρικά δεδομένα συλλέγονται, επίσης, μέσω των κοινωνικών δικτύων (Facebook, Twitter, Instagram, Flickr) των οποίων οι χρήστες εθελοντικά καταχωρούν κείμενα, φωτογραφίες και βίντεο με χωρική αναφορά. Τέλος, δύο ιδιαίτερα σημαντικά ζητήματα που αφορούν τόσο τη συλλογή όσο και τη διάθεση των δεδομένων αποτελούν η Οδηγία INSPIRE της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) που σχετίζεται με τις υποδομές χωρικής πληροφορίας στα κράτη μέλη της ΕΕ και τα Ανοιχτά Δεδομένα που σχετίζονται με τη ιδέα της δωρεάν διάθεσης δεδομένων, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς κόστος και περιορισμούς που πηγάζουν από την ιδιοκτησία των πνευματικών τους δικαιωμάτων.

### **1.8.2. Χωρικά Δεδομένα και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών**

Για τη δημιουργία, επεξεργασία, αποθήκευση και οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων η επιστήμη της πληροφορικής έχει αναπτύξει ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα που ονομάζονται Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems–GIS). Τα συστήματα αυτά υποστηρίζουν πολλές μορφές χωρικών δεδομένων, πολλούς τύπους αρχείων και διάφορα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Database Management Systems). Στα GIS τα

δεδομένα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα διανυσματικά (vector) δεδομένα και στα ψηφιδωτά (raster) δεδομένα. Τα διανυσματικά δεδομένα αναπαριστούν τριών ειδών χωρικές οντότητες με βάση το σχήμα τους:

- Σημεία (Points)
- Διανύσματα / γραμμές (Polylines)
- Πολύγωνα (Polygons)

Τα διανυσματικά δεδομένα είναι αποτέλεσμα ψηφιοποίησης (χειροκίνητης ή αυτόματης) με τη χρήση κατάλληλου υλικού και λογισμικού. Τα σημεία αποτελούν βασική χωρική οντότητα διότι έχουν συγκεκριμένη θέση στο χώρο και μπορούν να αναπαραστήσουν είτε ένα φυσικό αντικείμενο (όπως ένας τηλεφωνικός θάλαμος) είτε ένα συμβάν (π.χ. τροχαίο ατύχημα). Η θέση του σημείου προσδιορίζεται με βάση τις γεωγραφικές του συντεταγμένες. Τα διανύσματα ή γραμμές είναι χωρικές οντότητες που ορίζονται από τουλάχιστον δύο σημεία και μπορούν κι αυτά να αναπαραστήσουν ένα φυσικό αντικείμενο (όπως ένα δρόμο ή ένα καλώδιο τηλεφώνου) ή μια κίνηση, όπως για παράδειγμα η διαδρομή ενός ατόμου πάνω στο οδικό δίκτυο. Τέλος, τα πολύγωνα είναι χωρικές οντότητες που ορίζονται από πολλά διανύσματα (και κατ' επέκταση πολλά σημεία), όπου η αρχή του πρώτου διανύσματος συμπίπτει με το τέλος του τελευταίου διανύσματος. Τα πολύγωνα είναι κλειστά γεωμετρικά σχήματα που συνήθως αναπαριστούν φυσικά αντικείμενα μεγάλης επιφάνειας που δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με ένα σημείο, όπως για παράδειγμα μία λίμνη, αλλά ακόμη συχνότερα αναπαριστούν νοητές οντότητες, όπως για παράδειγμα τα γεωγραφικά όρια των οντοτήτων μιας διοικητικής διαίρεσης ενός κράτους. Η Ελλάδα, σύμφωνα με τον νόμο 3852 (ΦΕΚ 87Α, 7 Ιουνίου 2010) με τίτλο «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης» διαιρείται διοικητικά σε: 7 Αποκεντρωμένες Διοικήσεις, 13 Περιφέρειες, 51 Νομούς που σήμερα ονομάζονται Περιφερειακές Ενότητες, 325 Δήμους και το Άγιο Όρος. Κάθε Δήμος υποδιαιρείται σε Δημοτικές Ενότητες που συχνά αφορούν σε Δήμους και Κοινότητες προ του παραπάνω νόμου. 2.2 που ακολουθούν. Η πρώτη εικόνα παρουσιάζει ένα χάρτη με τους οικισμούς (Δύο παραδείγματα διανυσματικών δεδομένων παρουσιάζονται στις Εικόνες 2.1 και σημεία), τα ποτάμια (διανύσματα) και τα διοικητικά όρια των νομών Δράμας και Καβάλας ενώ η δεύτερη εικόνα παρουσιάζει

τη διοικητική διαίρεση όλης της Ελλάδας. Η πηγές των διανυσματικών δεδομένων που παρουσιάζονται στους χάρτες αυτούς είναι η Ελληνική Στατιστική Αρχή και το Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Τα ψηφιδωτά δεδομένα αφορούν κυρίως σε συνεχή πεδία φυσικά ή νοητά. Στα ψηφιδωτά δεδομένα κάθε ψηφίδα αποτελεί ένα τετράγωνο με συγκεκριμένες διαστάσεις που αναπαριστά ένα τμήμα της επιφάνειας της γης. Τα πιο διαδεδομένα ψηφιδωτά δεδομένα είναι οι δορυφορικές εικόνες και οι ορθοφωτοχάρτες όπου η κάθε ψηφίδα μπορεί να έχει διαστάσεις από μερικά εκατοστά ως μερικές δεκάδες μέτρα και μια τιμή που αφορά στο χρώμα που φωτογράφησε ο δορυφόρος ή το αεροπλάνο για ένα μικρό τμήμα της επιφάνειας της γης. Ιδιαίτερα διαδεδομένο είναι και το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model–DEM) στο οποίο η κάθε ψηφίδα λαμβάνει τιμή ίση με το μέσο υψόμετρο στο τμήμα γης που αναπαριστά. Αν για παράδειγμα, η ψηφίδα έχει μέγεθος 100 επί 100 μέτρα, τότε η τιμή υψομέτρου αφορά στο μέσο υψόμετρο σε μια επιφάνεια της γης ίση με 10.000 τετραγωνικά μέτρα (10 στρέμματα). Νοητά πεδία τα οποία αποθηκεύονται υπό τη μορφή ψηφιδωτών δεδομένων αποτελούν τα κλιματικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα η μέση θερμοκρασία. Εδώ οι ψηφίδες είναι μεγαλύτερες, συνήθως 0,25° επί 0,25°.

### **1.8.3. Πηγές χωρικών δεδομένων**

Για πολλά χρόνια στον Ελλαδικό χώρο οι επιστήμονες ζητούσαν επίμονα δημόσιες επενδύσεις για τη συλλογή έγκυρων δεδομένων και τη διάθεσή τους στο ευρύ κοινό. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, και ειδικά τα τελευταία χρόνια, έγινε μια προσπάθεια εκσυγχρονισμού της δημόσιας διοίκησης προς την κατεύθυνση της πλήρους μηχανοργάνωση. Έτσι είναι δυνατή η συλλογή και διάθεση στατιστικών δεδομένων από πολλές υπηρεσίες και φορείς του δημοσίου. Ειδικά για τα χωρικά δεδομένα υπήρξε μια περίοδος κατασπατάλησης δημοσίου χρήματος όπου δεδομένα που παρήχθησαν με δημόσιους πόρους αλλά από ιδιωτικές εταιρίες αποτελούσαν συχνά εμπορικά προϊόντα και πωλούνταν πολλές φορές σε άλλους δημόσιους φορείς. Ευτυχώς, από το 2010 και μετά υπήρξε η πρωτοβουλία για τα Δημόσια Ανοιχτά Δεδομένα, η βασική αρχή των

οποίων είναι ότι δεδομένα που δημιουργούνται με δημόσιους πόρους, αποτελούν δημόσιο αγαθό και παρέχονται δωρεάν στο ευρύ κοινό πάντα με σεβασμό σε προσωπικά και ευαίσθητα δεδομένα. Τα δεδομένα της δημόσιας διοίκησης ανήκουν σε όλους τους Έλληνες πολίτες. Το geodata.gov.gr αποτελεί την πρώτη προσπάθεια για τη δωρεάν διάθεση γεωχωρικών δεδομένων της ευρύτερης Δημόσιας Διοίκησης προς όλους τους πολίτες της χώρας. Ο διαδικτυακός τόπος θα ενημερώνεται διαρκώς με δεδομένα από ολοένα και περισσότερους φορείς της Δημόσιας Διοίκησης, ενώ θα εμπλουτίζεται και με λειτουργικότητα. Στόχος είναι σε μερικούς μήνες να μπορεί να προσφέρει όλα τα γεωχωρικά δεδομένα που διαθέτει η Δημόσια Διοίκηση, ώστε εμείς, οι πολίτες, να μπορούμε:

- Να ελέγχουμε τη δημόσια διοίκηση
- Να συμμετέχουμε ενεργά στην προστασία του περιβάλλοντος
- Να αναπτύσσουμε νέες, έξυπνες εφαρμογές και υπηρεσίες.

Η θετική αυτή πρωτοβουλία ξεκίνησε δυναμικά στα μέσα του έτους 2010, ωστόσο ατόνησε από τα μέσα του 2014 και έπειτα με τους περισσότερους φορείς που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν σε αυτήν να μην το πράττουν. Μια εκτενής έρευνα στο διαδίκτυο θα αποκαλύψει πολλές πηγές ανοιχτών δεδομένων ή δωρεάν δεδομένων που παρέχονται για κάποιο σκοπό και μετά από μια σύναψη συμφωνίας με τον πάροχό τους στην Ελλάδα και διεθνώς. Στόχος αυτού το κεφαλαίου είναι να αναδείξει το σύγχρονο τοπίο σχετικά με τα διαθέσιμα δεδομένα που επιτρέπουν την έρευνα με μεθόδους χωρικής ανάλυσης καθώς και να κατευθύνει τον αναγνώστη στις πηγές τους. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού θα γίνει μια συνοπτική παρουσίαση ορισμένων φορέων παροχής Δημόσιων Δεδομένων, όπως η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), η Ελληνική Αστυνομία, ο Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.) και η εταιρία Κτηματολόγιο Α.Ε.. Στις μέρες μας υπάρχει πληθώρα δεδομένων τα οποία δεν έχουν αναλυθεί επαρκώς. Έτσι, το αίτημα των ερευνητών θα πρέπει να επικαιροποιηθεί ώστε να αφορά σε πλήρη και ποιοτικά δεδομένα που να επιτρέπουν τη χωροχρονική ανάλυση των φαινομένων με χωρική διάσταση όπως η δημογραφική δομή, η οικονομική κατάσταση, η ασφάλεια, η υγεία και η μετακίνηση των πολιτών. Δυστυχώς, η Ελλάδα υστερεί σε πλούτο, εργαλεία

διάθεσης και προδιαγραφές Δημόσιων Δεδομένων περισσότερο λόγω έλλειψης πολιτικής βούλησης και λιγότερο λόγω έλλειψης δεξιοτήτων του προσωπικού της Δημόσιας Διοίκησης. Σε κάθε περίπτωση, υποχρέωση του ερευνητή είναι η όσο το δυνατό καλύτερη αξιοποίηση των δεδομένων που παρουσιάζουν την υπάρχουσα κατάσταση, ώστε να προκύπτουν εμπειρικά ευρήματα που βοηθούν στην κατανόησή της με απώτερο στόχο την ενημερωμένη λήψη αποφάσεων κατά την άσκηση πολιτικής.

### **Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.)**

Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) αποτελεί βασικό φορέα παροχής Δημόσιων Δεδομένων τα οποία πλέον παρέχονται δωρεάν. Τα τελευταία χρόνια αποτελεί ανεξάρτητη αρχή ώστε, ανεπηρέαστη από πολιτικές πιέσεις, να υπολογίζει και να δημοσιοποιεί στατιστικά για τους μακροοικονομικούς δείκτες της χώρας, όπως ο Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (Πληθωρισμός), η ανεργία και το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (Α.Ε.Π.). Ωστόσο, στους περισσότερους φοιτητές γεωγραφίας, η ΕΛ.ΣΤΑΤ. είναι γνωστή για τα δεδομένα της Απογραφής Πληθυσμού και Κατοικιών που γίνονται κάθε δέκα χρόνια και παρέχει πλούτο δεδομένων για τα νοικοκυριά και τους κατοίκους της Ελλάδας σε λεπτομερές γεωγραφικό επίπεδο. Με βάση την παρουσίαση της ΕΛ.ΣΤΑΤ. στην επίσημη ιστοσελίδα της (<http://www.statistics.gr>): «Αποστολή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής είναι η διασφάλιση και η διαρκής βελτίωση της ποιότητας των στατιστικών της Χώρας. Η Ελληνική Στατιστική Αρχή εκτελεί την αποστολή της ακολουθώντας τα υψηλότερα ευρωπαϊκά και διεθνή στατιστικά πρότυπα σε όλους τους τομείς, ενώ ταυτόχρονα, απαρέγκλιτα τηρεί τους προβλεπόμενους κανόνες και εκπληρεί τις υποχρεώσεις που έχει αναλάβει. Με αυτό τον τρόπο στοχεύει:

- Να είναι και να παραμένει πραγματικά και αναμφισβήτητα μια Ανεξάρτητη Στατιστική Αρχή, η οποία θα λειτουργεί πάντοτε με τρόπο που να εκφράζει αυτό το πρότυπο
- Να παράγει στατιστικά στοιχεία χρήσιμα συναφή για τη δημόσια πολιτική, την οικονομία και τους άλλους τομείς της ζωής
- Να κερδίζει και να ανανεώνει συνεχώς την εμπιστοσύνη των χρηστών στην αξιοπιστία των στατιστικών στοιχείων



- Να έχει και να διαφυλάττει την εμπιστοσύνη των στατιστικών μονάδων των πολιτών, νοικοκυριών, επιχειρήσεων οι οποίες παρέχουν εμπιστευτικές πληροφορίες τους για την παραγωγή στατιστικών. Οι πρακτικές αυτές αποτελούν τη βάση πάνω στην οποία η Ελληνική Στατιστική Αρχή συντονίζει τη δράση και των υπόλοιπων φορέων του Ελληνικού Στατιστικού Συστήματος, όσον αφορά την ανάπτυξη, παραγωγή και διάθεση των επίσημων στατιστικών της Ελλάδος. Η Ελληνική Στατιστική Αρχή στοχεύει επίσης την άριστη συνεργασία με τη Eurostat και τις άλλες Υπηρεσίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, όπως επίσης, και με τις Εθνικές Στατιστικές Υπηρεσίες των υπόλοιπων Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έτσι ώστε να αποτελεί ενεργό μέλος στο έργο και στην εξέλιξη του Ευρωπαϊκού Στατιστικού Συστήματος.» Η ΕΛ.ΣΤΑΤ. ασχολείται με μια πληθώρα στατιστικών θεμάτων όπως η αγορά εργασίας, η οικοδομική δραστηριότητα, η φυσική κίνηση του πληθυσμού, τα εισοδήματα και οι συνθήκες διαβίωσης των νοικοκυριών, ο πολιτισμός και ο τουρισμός. Εκτός από τις απογραφές, τα μητρώα και τα στατιστικά σχετικά με τις ληξιαρχικές πράξεις (γεννήσεις, γάμοι, θάνατοι) που αφορούν όλους τους κατοίκους της Ελλάδας, τα περισσότερα στατιστικά δεδομένα που δημοσιοποιεί η ΕΛ.ΣΤΑΤ. για άλλα θέματα βασίζονται σε έρευνες με βάση ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του πληθυσμού. Ως εκ τούτου, συχνά τα δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ. δεν είναι διαθέσιμα σε επίπεδο Δήμου ή Δημοτικού διαμερίσματος κυρίως γιατί είναι μικρό το δείγμα και τίθεται ζήτημα προσωπικών δεδομένων. Ωστόσο, τα δεδομένα των απογραφών είναι διαθέσιμα σε λεπτομερές γεωγραφικό επίπεδο. Ανάλογα με τις ανάγκες τους ερευνητή, πιο λεπτομερή στατιστικά δεδομένα παρέχονται ηλεκτρονικά μετά από υποβολή συγκεκριμένου αιτήματος μέσω της ιστοσελίδας της ΕΛ.ΣΤΑΤ. Παρόλο που η ιστοσελίδα της ΕΛ.ΣΤΑΤ. παρέχει πολλές δυνατότητες λήψης δεδομένων της απογραφής, συχνά αυτό είναι δύσκολο και χρονοβόρο για τον μη εξειδικευμένο χρήστη.

## **Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.)**

Ο Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.) ιδρύθηκε το 1986 ωστόσο το σημερινό του καθεστώς διέπεται από τον νόμο 3882 του 2010όπως αναφέρεται στην επίσημη ιστοσελίδα του (<http://www.okxe.gr/el/arkhiki-selida/organismos>). Ο Ο.Κ.Χ.Ε. είναι πολύ σημαντικός για τους γεωγράφους και τους μηχανικούς γιατί είναι ο υπεύθυνος οργανισμός για την χαρτογράφηση και κτηματογράφηση της Ελλάδας αλλά και το επίσημο σημείο ενημέρωσης και επικοινωνίας για την Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓΕΠ) και την Οδηγία INSPIRE (2007/2/ΕΚ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αναλυτικά, σκοπός του Ο.Κ.Χ.Ε. είναι:

- Η σύνταξη, τήρηση και ενημέρωση του ενιαίου αποδεικτικού κτηματολογίου της Ελλάδας
- Η γεωδαιτική κάλυψη και χαρτογράφηση της χώρας
- Η απογραφή και χαρτογράφηση των φυσικών διαθεσίμων της
- Η δημιουργία και τήρηση ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων και δεδομένων περιβάλλοντος
- Η λειτουργία συστήματος συντονισμού και διάχυσης γεωπληροφορίας.

Ίσως η πιο σημαντική συνεισφορά του Ο.Κ.Χ.Ε. σε χωρικά δεδομένα αποτελούν οι δωρεάν σε όλους ορθοφωτοχάρτες υψηλής ανάλυσης για την Περιφέρεια Αττικής και άλλες περιοχές της Ελλάδας μέσω ftp. Ωστόσο, ορθοφωτοχάρτες υψηλής ανάλυσης είναι διαθέσιμοι από την ειδική ιστοσελίδα της εταιρίας Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε. (ΕΚΧΑΑ.Ε.) και ως υπηρεσίας χαρτών διαδικτύου (Web Map Service -WMS) μέσω εξυπηρετητή).

## **Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.(ΕΚΧΑ Α.Ε.)**

Σκοπός της εταιρίας Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε. (ΕΚΧΑ Α.Ε.), που αποτελεί το νέο όνομα της εταιρίας Κτηματολόγιο Α.Ε., είναι «η μελέτη, σύνταξη και λειτουργία του Εθνικού Κτηματολογίου[...] και η γεωδαιτική κάλυψη και χαρτογράφηση της χώρας, η απογραφή και χαρτογράφηση των φυσικών διαθεσίμων της, η δημιουργία και τήρηση ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων και δεδομένων περιβάλλοντος». Το Εθνικό Κτηματολόγιο είναι ένα τεράστιο αναπτυξιακό έργο της Ελλάδας που διαρκεί πολλές δεκαετίες κι ενώ έχουν επενδυθεί πάρα πολλά χρήματα δυστυχώς δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη. Παρόλες τις καθυστερήσεις του έργου αυτού και την κριτική για τη διαχείριση των πόρων του, αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά έργα στα οποία απασχολούνται μόνιμα επιστήμονες του χώρου ενώ έχει απασχολήσει εποχιακά πάρα πολύ μεγάλο αριθμό επιστημόνων κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Στις μέρες μας λειτουργεί ένα πληροφοριακό σύστημα στο οποίο έχουν καταγραφεί οι πληροφορίες για κάθε ακίνητο (στις περιοχές που έχει ολοκληρωθεί η κτηματογράφηση). Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν την ακριβή θέση του ακινήτου στο χώρο με βάση γεωγραφικές συντεταγμένες των πλευρών του, το εμβαδό του, τη νομική του υπόσταση, τα δικαιώματα σε αυτό, δηλαδή τους ιδιοκτήτες και τα ποσοστά κάθε ιδιοκτήτη. Το πληροφοριακό αυτό σύστημα λειτουργεί παράλληλα με τα υποθηκοφυλακεία, έχει σημείο επαφής το Κτηματολογικό Γραφείο, είναι δυναμικό και ενημερώνεται με υποχρέωση του κράτους και των πολιτών για κάθε αλλαγή που πραγματοποιείται σε ένα ακίνητο.

## Στατιστική Υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eurostat)

Στόχος της Στατιστικής Υπηρεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eurostat) είναι να αποτελεί τον κύριο πάροχο στατιστικών δεδομένων υψηλής ποιότητας στην Ευρώπη. Η Eurostat είναι η επίσημη Στατιστική Υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εδρεύει στο Λουξεμβούργο. Συνεργάζεται άμεσα με τις Στατιστικές Υπηρεσίες κάθε κράτους μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης από τις οποίες λαμβάνει δεδομένα που έχουν παραχθεί με κοινές προδιαγραφές. Αφού ελέγξει την ποιότητα των δεδομένων αυτών, τα ενοποιεί και έτσι, παράλληλα με τις δικές της έρευνες, είναι σε θέση να παρέχει στα επίσημα όργανα αλλά και στο ευρύ κοινό της Ευρωπαϊκής Ένωσης στατιστικά στοιχεία σε ευρωπαϊκό επίπεδο που να επιτρέπουν συγκρίσεις μεταξύ χωρών και περιφερειών. Στόχος των εθνικών στατιστικών υπηρεσιών και της Eurostat είναι τα δεδομένα που συλλέγουν προάγουν τη διαφάνεια και τη δημοκρατία μέσω του ελέγχου των πολιτικών βάσει του αποτελέσματος της άσκησης πολιτικής στην πραγματική οικονομία, την πρόνοια, την κοινωνική συνοχή και το γενικότερο επίπεδο ευημερίας των πολιτών. Οι δημόσιοι φορείς, συχνά απαλλαγμένοι από πολιτικές και οικονομικές πιέσεις, συλλέγουν και διαθέτουν στις εθνικές κυβερνήσεις και τα ευρωπαϊκά όργανα αξιόπιστα στατιστικά δεδομένα ώστε να βοηθούν στην άσκηση πάσης φύσης εθνικής και ευρωπαϊκής πολιτικής. Από την πλευρά τους, οι εθνικές κυβερνήσεις και η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) χρηματοδοτώντας αυτές τις επίσημες στατιστικές υπηρεσίες και ορίζοντας, με δημοκρατικό τρόπο, τις διοικήσεις τους, εξασφαλίζουν έναν πάροχο στατιστικών δεδομένων που μπορούν να εμπιστευθούν. Σε κάθε περίπτωση, η συμβολή της Eurostat στην καθημερινή ανάγκη των οργάνων της ΕΕ, της επιστημονικής κοινότητας, των επιχειρήσεων και των ευρωπαίων πολιτών για στατιστικά δεδομένα είναι τεράστια και αδιαμφισβήτητη. Τα στατιστικά που συλλέγει και διαθέτει η Eurostat, δεν επιτρέπουν μόνο στην πορεία προς την ολοένα και καλύτερη ευρωπαϊκή ολοκλήρωση, αλλά και στη δυνατότητα μιας νέας χώρας να γίνει μέλος της ΕΕ.

## Στατιστικές Υπηρεσίες Άλλων Χωρών και Στατιστικά Διεθνών Οργανισμών

Στατιστικά δεδομένα παρέχουν οι στατιστικές υπηρεσίες σχεδόν όλων των κρατών της γης αλλά και διεθνείς οργανισμοί. Ενδεικτικά στην ΕΕ μεγάλο πλούτο δεδομένων παρέχουν το Statistiska central byråns (SCB) στη Σουηδία (<http://www.scb.se>), το Office for National Statistics (ONS) στο Ηνωμένο Βασίλειο (<http://www.ons.gov.uk>), το Istituto nazionale di statistica (Istat) της Ιταλίας (<http://www.istat.it>) και το Central Statistics Office(CSO) στην Ιρλανδία (<http://www.cso.ie>). Οι διαφορές στο τι στατιστικά δεδομένα παρέχει η κάθε χώρα είναι μεγάλη. Για παράδειγμα, παρόλο που συνήθως η απογραφή πληθυσμού γίνεται κάθε δέκα χρόνια, στην Ιρλανδία γίνεται κάθε 5 χρόνια, ενώ στη Σουηδία μετά το 1990 σπάνια διενεργείται απογραφή γιατί λόγω των σωστά ενημερωμένων μητρώων, το κράτος ανά πάσα στιγμή μπορεί να υπολογίζει τα στατιστικά που τυπικά συλλέγονται σε μια απογραφή πληθυσμού. Πολλά παγκόσμια στατιστικά δεδομένα συλλέγονται και είναι διαθέσιμα στην παγκόσμια κοινότητα από διεθνείς οργανισμούς, όπως ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών που διαθέτει, μεταξύ άλλων, στατιστικά για την ανθρώπινη ανάπτυξη και φτώχεια (<http://unstats.un.org/unsd>), η Παγκόσμια Τράπεζα που έχει πληθώρα στατιστικών για τις εθνικές οικονομίες (<http://data.worldbank.org>), ο Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων (<http://faostat3.fao.org>), ο Διεθνής Οργανισμός Υγείας (<http://www.who.int/gho>) και πολλοί άλλοι. Στους περισσότερους φορείς που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο αυτό, τα στατιστικά είναι διαθέσιμα μέσω δωρεάν διαδικτύου ή μετά από σχετικό αίτημα.

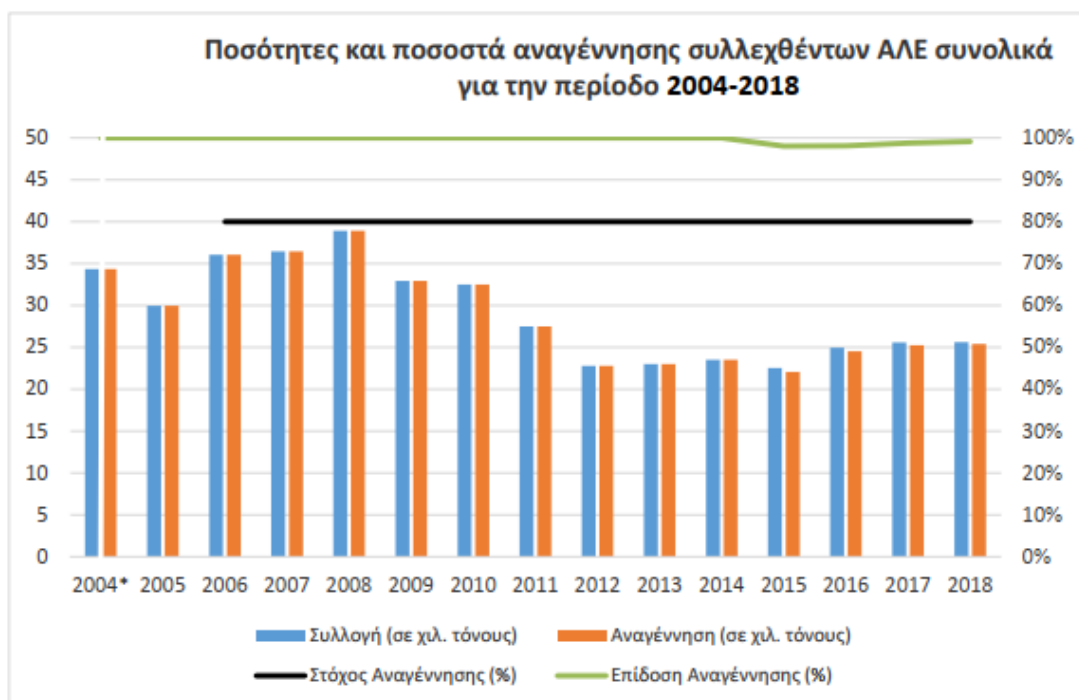
Σύμφωνα με το ΠΔ υπ' αρ. 82/2004, τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων μετά τη συλλογή τους υποβάλλονται: Κατά προτεραιότητα σε επεξεργασία με αναγέννηση. Εφόσον η επεξεργασία με αναγέννηση δεν είναι εφικτή από τεχνικοοικονομική και οργανωτική άποψη, η επεξεργασία γίνεται με καύση. Στην περίπτωση αυτή η επεξεργασία δεν θα πρέπει να προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στη δημόσια υγεία. Εφόσον και η επεξεργασία με καύση δεν είναι εφικτή από τεχνικοοικονομική και οργανωτική άποψη, πρέπει να εξασφαλίζεται η ακίνδυνη καταστροφή τους ή η ελεγχόμενη αποθήκευση ή εναπόθεσή τους.

Όσον αφορά τα λιπαντικά έλαια, οι ποσοτικοί στόχοι για τα απόβλητα λιπαντικών ελαίων (ΑΛΕ), όπως ορίζονται στο ΠΔ 82/2004, θέτουν ότι μέχρι το τέλος του 2006, πρέπει να συλλέγεται τουλάχιστον το 70% κατά βάρος όλων των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων και εξ αυτών να αναγεννάται τουλάχιστον το 80% κατά βάρος.

Η καλύτερη και πιο κατάλληλη μέθοδος ανακύκλωσης του τηγανέλαιου είναι με διαλογή στην πηγή. Ο καταναλωτής έχει την ευθύνη της συλλογής των χρησιμοποιημένων λαδιών σε ένα πλαστικό, συνήθως, δοχείο αφού πρώτα το περάσει από ένα στραγγιστήρι ώστε να το απαλλάξει από ξένα σώματα (ΚΠΕ Ελευθερίου Κορδελιού & Βερτίσκου, 2013). Χρειάζεται μεγάλη προσοχή κατά τη συλλογή, διότι αν εμπεριέχεται μέσα νερό, δυσχεραίνεται η διαδικασία της μεταστεριοποίησης. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ολοκλήρωση της διαδικασίας είναι η εξασφάλιση σημείων συλλογής από τις δημοτικές αρχές, ώστε να προωθηθούν τα τηγανέλαια στα εργοστάσια επεξεργασίας και μετατροπής σε βιοντίζελ. Φυσικά υπάρχουν και ιδιωτικές εταιρείες που αναλαμβάνουν το ρόλο του διαμεσολαβητή και επωφελούνται από αυτό. Η μετατροπή του τηγανέλαιου σε βιοντίζελ γίνεται με τη μέθοδο της μετεστεροποίησης που αναφέρθηκε προηγουμένως. Εκτός από τη μετεστεροποίηση έχει προταθεί από το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) μια νέα μέθοδος μετατροπής του τηγανέλαιου σε βιοντίζελ, αυτή της καταλυτικής υδρογονοεπεξεργασίας. Με τη βοήθεια φωτοβολταϊκών γίνεται μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε υδρογόνο, το οποίο στη συνέχεια συμμετέχει σε χημική αντίδραση μετατρέποντας τα λιπαρά οξέα του λαδιού σε παραφίνες που συνιστούν και το βιοντίζελ δεύτερης γενιάς (Μπεζεργιάννη, 2011).

Ενώ η μετατροπή των μαγειρικών λαδιών σε βιοκαύσιμο β' γενιάς είναι η πιο ελκυστική λύση, δεν αποτελεί και τη μοναδική. Τα χρησιμοποιημένα έλαια μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ως λιπαντικά έλαια (Rafael Luque, 2012) ή για την κατασκευή κεριού και να ανακυκλωθούν μέσω της μετατροπής τους σε σαπούνι με τη μέθοδο της σαπωνοποίησης (Rafael Luque, 2012).

Για την παρακολούθηση της επίτευξης των στόχων το ΥΠΕΝ αποστέλλει εκθέσεις στην Ε.Ε. σχετικά με την πρόοδο της αναγέννησης των ΑΛΕ συνεκτιμώντας διάφορες πηγές πληροφόρησης. Στα παρακάτω διάγραμματα παρατίθενται συγκεντρωτικά στοιχεία για την περίοδο 2004-2015.



**Σχήμα 1.16** Ποσότητες και ποσοστά αναγέννησης συλλεχθέντων ΑΛΕ συνολικά για την περίοδο 2004- 2018.



**Σχήμα 1.17** Ποσότητες και ποσοστά συλλογής ΑΛΕ συνολικά για την περίοδο 2004-2018.

## 1.9. Χωρική ανάλυση χρησιμοποιημένων ελαίων (WCO)

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι συλλογής των χρησιμοποιημένων μαγειρικών ελαίων (Wasted Cooking Oils):

- Συλλογή από πόρτα σε πόρτα
- Σημεία συλλογής όπου οι παραγωγοί δίνουν τα μεταχειρισμένα μαγειρικά έλαια σε σημεία συλλογής προκειμένου οι εταιρείες παραγωγής να τα συλλέξουν από τα σημεία απόθεσης.
- Συνδυασμένη παροχή /συλλογή. Σε αυτή την μέθοδο οι εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ τροφοδοτούν με πρώτη ύλη τους παραγωγούς των μεταχειρισμένων μαγειρικών ελαίων και έπειτα τα συλλέγουν για ανακύκλωση.



Μέθοδοι συλλογής	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Συλλογή από πόρτα σε πόρτα	Η μονάδα παραγωγής βιοντίζελ έχει απευθείας επικοινωνία με τους καταναλωτές μαγειρικών ελαίων, με αυτό τον τρόπο εκπαιδεύονται για την απαιτούμενη ποιότητα των λαδιών για ανακύκλωση όπως και πώς να διαχωρίζουν τα ακατάλληλα μαγειρικά λάδια	Ακριβή μέθοδος συλλογής και σπατάλη χρόνου για τη συλλογή (εξαρτάται από τον αριθμό των νοικοκυριών/καταναλωτών που παίρνουν μέρος και τον όγκο/ποιότητα των χρησιμοποιημένων μαγειρικών ελαίων από κάθε νοικοκυριό)
	Δυνατότητα παράδοσης βιοντίζελ στους καταναλωτές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας συλλογής, μειώνοντας το κόστος διανομής και προωθώντας την χρήση βιοντίζελ.	Απαιτείται άδεια συλλογής και μεταφοράς
	Καλύτερη επικοινωνία και επαφή μεταξύ των παραγωγών και της μονάδας παραγωγής βιοντίζελ	Η συχνότητα συλλογής συνήθως προσδιορίζεται από τους "παραγωγούς"
	Κατάργηση τελών συλλογής αποβλήτων για τους χρήστες μαγειρικών ελαίων	
Σημεία συλλογής	Χαμηλό κόστος συλλογής από τον χώρο απόθεσης τους που θα είναι πλησίον της μονάδας παραγωγής βιοντίζελ	Δεν γίνεται άμεσος έλεγχος της ποιότητας της πρώτης ύλης
	Η συλλογή από ένα κεντρικό σημείο συλλογής από ένα προκαθορισμένη, ξεχωριστή εταιρεία διαχείρισης, μειώνει το κόστος	Υψηλότερο κόστος πρώτης ύλης
	Εάν ο χώρος απόθεσης των μεταχειρισμένων ελαίων μπορεί να παραδώσει στη μονάδα παραγωγής βιοντίζελ, δεν απαιτείται άδεια μεταφοράς αποβλήτων από τη μονάδα παραγωγής βιοντίζελ	Η μονάδα παραγωγής βιοντίζελ ελέγχει λιγότερο την αποδοτικότητα της αλυσίδα εφοδιασμού
		Η μονάδα παραγωγής βιοντίζελ προβαίνει σε υψηλό οικονομικό ρίσκο όταν συλλέγει μεταχειρισμένα μαγειρικά έλαια από ένα σημείο απόθεσης
Συνδυασμένη παροχή/συλλογή	Μείωση κόστους στις δραστηριότητες της αλυσίδα εφοδιασμού	
	Συχνή επικοινωνία της αλυσίδας εφοδιασμού	Ανταγωνισμός μεταξύ των προμηθευτών μαγειρικών ελαίων

**Σχήμα 1.18** Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα μεθόδων συλλογής

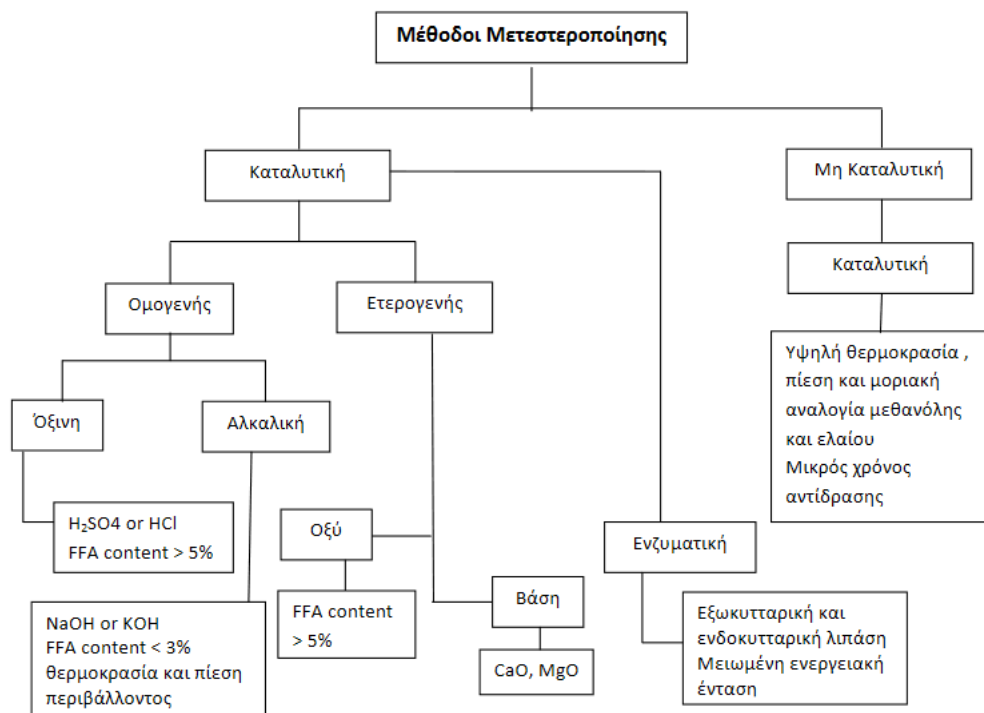
**Αξιολόγηση των πρακτικών για επεξεργασία των χρησιμοποιημένων μαγειρικών ελαίων σε βιοντίζελ**

<b>Ιδιότητες</b>	<b>Τιμές</b>
Κινηματικό ιξώδες (mm <sup>2</sup> /s στους 40°C)	36,4
Πυκνότητα (kg/L στους 15°C)	0.924
Σημείο ανάφλεξης (°C)	212
Σημείο ροής(°C)	11
Αριθμός κετανίου	49
Περιεχόμενη τέφρα (%)	0,006
Περιεχόμενο θείο (%)	0,09
Ανθρακούχο υπόλειμμα (%)	0,46
Περιεχόμενη υγρασία (%)	0,42
Ελεύθερα λιπαρά οξέα (mg KOH/g ελαίου)	1,32
Δείκτης σαπωνοποίησης	188,2
Ιώδιο	141,5

**Πίνακας 1.2** Ιδιότητες αποβλήτων μαγειρικών ελαίων

## Διεργασίες Παραγωγής Βιοντίζελ

Για τη μετατροπή των χρησιμοποιημένων μαγειρικών ελαίων (WCO) σε βιοντίζελ χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές μετεστεροποίησης που παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 1.19 Μέθοδοι μετεστεροποίησης μαγειρικών ελαίων σε βιοντίζελ

### Βασικά καταλυόμενη μετεστεροποίηση

Σε αυτή την περίπτωση, ως καταλύτες χρησιμοποιούνται κυρίως ισχυρές βάσεις όπως το υδροξείδιο του νατρίου ή του καλίου (NaOH ή KOH) ,δηλαδή ισχυροί βασικοί στερεοί καταλύτες οι οποίοι είναι ομογενείς αφού διαλύονται στη μεθανόλη και σχηματίζουν με αυτή ομογενή μίγματα. Η βασική καταλυόμενη μετεστεροποίηση είναι 400 φορές γρηγορότερη από την όξινη και επίσης οι βασικοί καταλύτες είναι λιγότερο

διαβρωτικοί από τους όξινους. Για τον λόγο αυτό η βασική καταλυόμενη μετεστεροποίηση είναι ευρύτερα χρησιμοποιούμενη έναντι της όξινης

Στην περίπτωση των ισχυρών βασικών ομογενών καταλυτών, η αντίδραση γίνεται κοντά στο σημείο ζέσης της αλκοόλης οπότε η πίεση στον χώρο της αντίδρασης δεν υπερβαίνει το 1 bar, ο χρόνος που απαιτείται είναι το πολύ 1 h, ενώ η μοριακή αναλογία μεθανόλης /ελαίου ή λίπους είναι 6:1. Μετά την αντίδραση οι δυο υγρές φάσεις, η εστερική φάση(του βιοντίζελ) και αυτή της γλυκερίνης, διαχωρίζονται και καθαρίζονται.

### **Όξινα καταλυόμενη μετεστεροποίηση**

Στην όξινα καταλυόμενη μετεστεροποίηση, ως καταλύτες χρησιμοποιούνται και ισχυρά οξέα (πυκνό H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) δηλαδή, ισχυροί όξινοι υγροί καταλύτες που είναι ομογενείς αφού διαλύονται στη μεθανόλη και σχηματίζουν με αυτή ομογενή μίγματα

Χρησιμοποιώντας ισχυρά οξέα, δεν εμφανίζεται το πρόβλημα της παραγωγής σαπουνιών, η αντίδραση γίνεται στους 60 έως 64°C, αλλά απαιτεί περίπου 50 h για να ολοκληρωθεί, ενώ η μοριακή αναλογία μεθανόλης /ελαίου ή λίπους είναι 30:1. Μεγάλο μειονέκτημα αποτελεί η διάβρωση από τους καταλύτες του μηχανολογικού εξοπλισμού της μονάδας. Εκτός αυτού, τα προϊόντα του καταλύτη είναι εξαιρετικά διαβρωτικά για τον κινητήρα και ρυπογόνα για το περιβάλλον εάν καίγονται μαζί με το καύσιμο. Οι παραπάνω λόγοι οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η όξινη κατάλυση δεν αποτελεί βιώσιμη επιλογή για βιομηχανικές εφαρμογές.

### **Ενζυμικά καταλυόμενη μετεστεροποίηση**

Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ειδικό ένζυμο ως καταλύτης σε χαμηλές θερμοκρασίες (35-40°C) και με στοιχειομετρικές μοριακές αναλογίες μεθανόλης ελαίου (1:1 σε κάθε στάδιο της αντίδρασης). Στα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου

διεργασίας είναι η χρήση μεθανόλης σε στοιχειομετρικές αναλογίες όπου δεν απαιτεί ανάκτηση της όποιας περίσσειας, η αντίδραση σε χαμηλές θερμοκρασίες, η παραγωγή προϊόντων υψηλής καθαρότητας, η δυνατότητα υψηλής καθαρότητας, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του καταλύτη κ.α.

Μεγάλο μειονέκτημα είναι η υψηλή τιμή του ενζύμου και η απαίτηση χρήσης ελαίων ως πρώτη ύλη για την αποφυγή της απενεργοποίησης του βιοκαταλύτη.

### **Θερμική –μη καταλυτική μετεστεροποίηση**

Πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις απουσία καταλύτη. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο παράγεται βιοντίζελ από ραφινέ όσο και από όξινο έλαιο και η οξύτητα παρουσιάζει καταλυτική δράση στη μετεστεροποίηση των ελαίων και λιπών.

Σημαντικό της πλεονέκτημα είναι ότι στα τελικά προϊόντα βιοντίζελ και γλυκερίνης δεν υπάρχουν μολύνσεις του καταλύτη. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι οι χαμηλοί ρυθμοί αντίδρασης καθώς και οι απαιτούμενες υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις για τη διεξαγωγή της αντίδρασης

Για την συλλογή δεδομένων δημιουργήθηκαν 4 διαφορετικά σενάρια ολοκληρωμένης διαχείρισης τηγανελαιών για κάθε μία από τις 3 μεθόδους που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Κατηγοριοποιήθηκαν τα δεδομένα σε πίνακες και δημιουργήθηκαν διαγράμματα που μας δίνουν πλήρη εικόνα για το συνολικό κόστος κάθε μεθόδου. Η μέθοδος επεξεργασίας τηγανελαιών που εξετάζεται για σκοπούς αξιολόγησης σεναρίων είναι η αλκαλική μετεστεροποίηση

## Αλκαλική Μετεστεροποίηση

Η πιο διαδεδομένη διεργασία παραγωγής είναι η βασικά καταλυόμενη ομογενής μετεστεροποίηση που πραγματοποιείται με βασικούς καταλύτες που διαλύονται στο αντιδρών μίγμα. Η διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Φιλτράρισμα της πρώτης ύλης για την απομάκρυνση διαφόρων ανεπιθύμητων συστατικών
- Εξευγενισμός της ελαιούχου ύλης για την απομάκρυνση της οξύτητας και της υγρασίας
- Αντίδραση μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων της ελαιούχου ύλης με μεθανόλη στους αντιδραστήρες της μονάδας.
- Διαχωρισμός της γλυκερινικής στοιβάδας από το βιοντίζελ με τη βοήθεια βαρυτικών ή φυγοκεντρικών διαχωριστών
- Απομάκρυνση με απόσταξη της μεθανόλης από τη στοιβάδα του βιοντίζελ
- Εξουδετέρωση του βιοντίζελ με υδατικό διάλυμα με οργανικού ή ανόργανου οξέος
- Έκπλυση του βιοντίζελ με υδατικό διάλυμα οξέος και νερού
- Ξήρανση του βιοντίζελ μέχρι τα επιθυμητά επίπεδα υγρασίας

Για την παραγωγή του βιοντίζελ με την αλκαλική ομογενή μετεστεροποίηση:

Τοποθετούνται οι κατάλληλες ποσότητες της ελαιούχου ύλης, μεθανόλης και του καταλύτη στον αντιδραστήρα. Η αντίδραση πραγματοποιείται υπόσυνεχή ανάδευση για 1 ώρα περίπου στους 62 βαθμούς Κελσίου. Μετά το τέλος της αντίδρασης το μίγμα βιοντίζελ και γλυκερίνης αφήνεται να ηρεμήσει. Σε λίγη ώρα το μίγμα διαχωρίζεται σε δυο στιβάδες, του βιοντίζελ και της γλυκερίνης. Η γλυκερίνη οδηγείται στη μονάδα ανάκτησης της μεθανόλης. Το βιοντίζελ με τη βοήθεια νερού καθαρίζεται από υπολείμματα μεθανόλης, καταλύτη και γλυκερίνης που περιέχει. Τέλος, το βιοντίζελ ξηραίνεται και οδηγείται στη δεξαμενή αποθήκευσης προς διάθεση

Στον Πίνακα 1.3 παρουσιάζονται οι επιλογές στο μέγεθος του αντιδραστήρα (μικρή, μέτρια και μεγάλη μονάδα) και ο αριθμός κύκλων διεργασιών που μεταβάλλεται αναλόγως του μεγέθους του αντιδραστήρα

Συνολική ποσότητα πρώτης ύλης(L)	Επιλέξτε μέγεθος αντιδραστήρα	Αριθμός διεργασιών
5000	A) Μικρή μονάδα (αντιδραστήρας batch 500 L) B) Μεσαία μονάδα(αντιδραστήρας batch 1.000 L) Γ) Μεγάλη μονάδα(αντιδραστήρας batch 1.500 L)	A) 10 B) 5 Γ) 3

**Πίνακας 1.3** Επιλογές μεγέθους αντιδραστήρα και αριθμών κύκλων διεργασιών

Στον Πίνακα 1.4 παρουσιάζονται για κάθε πρώτη ύλη το ποσοστό που συλλέγεται και η ποσότητα της πρώτης ύλης σε Λίτρα (L) .Τα στοιχεία αυτά γίνονται γνωστά κατά τη συλλογή από τον παραγωγό τους.

Πρώτη ύλη		
Πρώτη ύλη	Ποσοστό (%)	Ποσότητα πρώτης ύλης (L)
Ελαιόλαδο	40	2.000
Ηλιανθέλαιο	60	3.000
Σύνολο	100	5.000

**Πίνακας 1.4 Ποσοστά πρώτων υλών**

Στον Πίνακα 1.5 παρουσιάζονται οι τρόποι συλλογής που αναφέρθηκαν και παραπάνω και υπενθυμίζουμε ότι είναι α) από πόρτα σε πόρτα, β) από σημεία συλλογής και γ) η παράδοση κατευθείαν στη μονάδα επεξεργασίας. Διακρίνουμε τρεις διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς που επηρεάζονται από τον τρόπο συλλογής που είναι α) με μικρά οχήματα, β) με μεγάλα οχήματα και γ) παράδοση κατευθείαν στη μονάδα επεξεργασίας.

Τρόπος συλλογής					
Τρόπος συλλογής	Κόστος συλλογής	Τρόπος μεταφοράς	Κόστος μεταφοράς	Αντίτιμο απόκτησης μαγειρικών λαδιών (€/L)	Συνολικό κόστος συλλογής και μεταφοράς (€/L)
Συγκέντρωση σε σημεία συλλογής		Περιοδική μεταφορά με μεγάλα οχήματα			
Συλλογή από πόρτα σε πόρτα		Συχνή μεταφορά με μικρά οχήματα			
Συλλογή στη μονάδα επεξεργασίας		Παράδοση στο σταθμό επεξεργασίας			

**Πίνακας 1.5 Τρόποι συλλογής και μεταφοράς**



Επεξεργασία και παραγωγή βιοντίζελ								
Κόστος προσωπικού (L)	Κόστος υπερκεφαλικών δαπανών (L)	Κόστος μεθανόλης (L)	Κόστος καταλύτη (L)	Κόστος ηλεκτρισμού (L)	Κόστος θεικού οξέος (L)	Κόστος μέσου ξηρού καθαρισμού (L)	Συνολικό κόστος επεξεργασίας (L)	Παραγωγή βιοντίζελ (L)
0,06	0,03	0,10	0,06	0,01	0,01	0,03	0,30	2.000
0,06	0,03	0,10	0,06	0,01	0,01	0,03	0,30	3.000

**Πίνακας 1.6 Λειτουργικά έξοδα παραγωγής βιοντίζελ**

Στον Πίνακα 1.7 παρουσιάζονται οι δαπάνες που προκαλούνται λόγω της συλλογής της μεταφοράς και της επεξεργασίας

Συγκεντρωτικά έξοδα			
Συνολικό κόστος συλλογής και μεταφοράς (€/L)	Συνολικό κόστος επεξεργασίας (€/L)	Συνολικό κόστος (€/L)	Συνολικό κόστος (€)
0,60	0,30	0,90	1.790
0,60	0,30	0,90	2.685

**Πίνακας 1.7 Συνολικά έξοδα μεταφοράς και επεξεργασίας**

Στον Πίνακα 1.8 παρουσιάζονται οι παράμετροι που επηρεάζουν τη διάθεση του βιοντίζελ που είναι η τιμή πώλησης και επιδότησης του βιοντίζελ

Διάθεση βιοντίζελ			
Τιμή πώλησης βιοντίζελ (€/L)	Επιδότηση τιμής βιοντίζελ(€/L)	Έσοδα από την παραγωγή βιοντίζελ(€)	Καθαρά έσοδα από την παραγωγή βιοντίζελ (€)
1,00	0	2.000	210
1,00	0	3.000	315
			525

Καθαρά έσοδα ανά L πρώτης ύλης	€0,11
--------------------------------	-------

**Πίνακας 1.8 Καθαρά έσοδα (€) πρώτης ύλης ανα λίτρο**

Όλα αυτά τα δεδομένα μας δίνουν την δυνατότητα να επιλέξουμε τον καταλληλότερο τρόπο συλλογής και μεταφοράς, αν είναι συμφέρουσα η όχι η επιλογή επιδότησης και αν το τελικό προϊόν είναι ανταγωνιστικό.

### **Ανάλυση αποτελεσμάτων**

Τα σενάρια που εξετάστηκαν και αναλύονται , είναι:

1. Τρόπος συλλογής και μεταφοράς (3 διαφορετικοί τρόποι συλλογής και μεταφοράς)
2. Αντίτιμο απόκτησης απόβλητων τηγανελαίων
3. Τιμή πώλησης βιοντίζελ
4. Επιδότηση πώλησης βιοντίζελ.

Οι παράμετροι που εξετάζονται είναι:

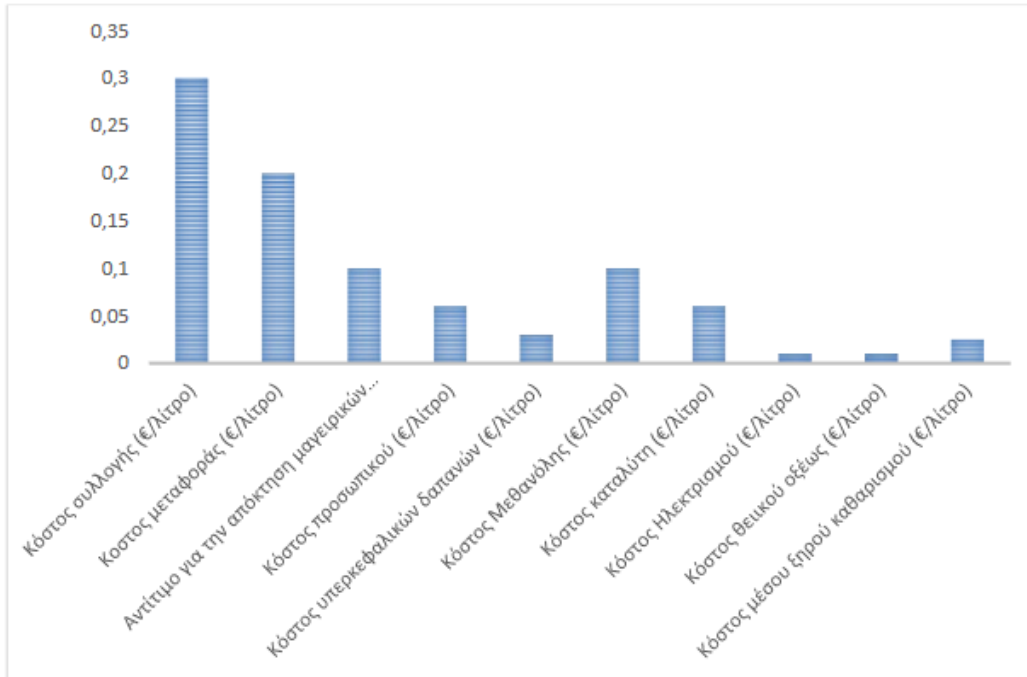
- Ο τρόπος συλλογής της πρώτης ύλης (από πόρτα σε πόρτα, συγκέντρωση σε σημεία συλλογής, συλλογή στη μονάδα επεξεργασίας)
- Ο τρόπος μεταφοράς της πρώτης ύλης (συχνή μεταφορά με μικρά οχήματα, περιοδική μεταφορά με μεγάλα οχήματα, συλλογή στη μονάδα επεξεργασίας)
- Το κόστος συλλογής και μεταφοράς
- Το αντίτιμο για τα τηγανέλαια
- Η τιμή πώλησης του τελικού προϊόντος και
- Η επιδότηση της τιμής του τελικού προϊόντος.

Ως σταθερές για την αξιολόγηση των επιμέρους σεναρίων είναι χρησιμοποιούνται:

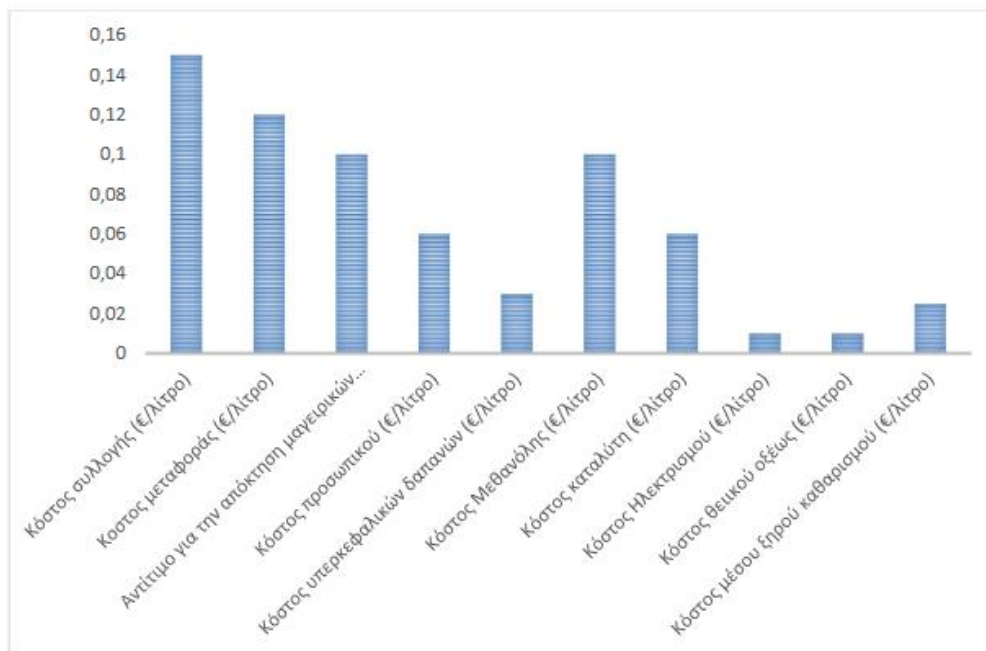
- 5.000 L πρώτης ύλης

- Μεσαίος αντιδραστήρας (1.000 L)
- 5 κύκλοι διεργασιών
- Συνολικό κόστος επεξεργασίας: 0,30 €/L
- Τιμή πώλησης: 1 €/L (στο σενάριο 1,2 & 4)
- Επιδότηση πώλησης: 0 €/L (στο σενάριο 1, 2 & 3)

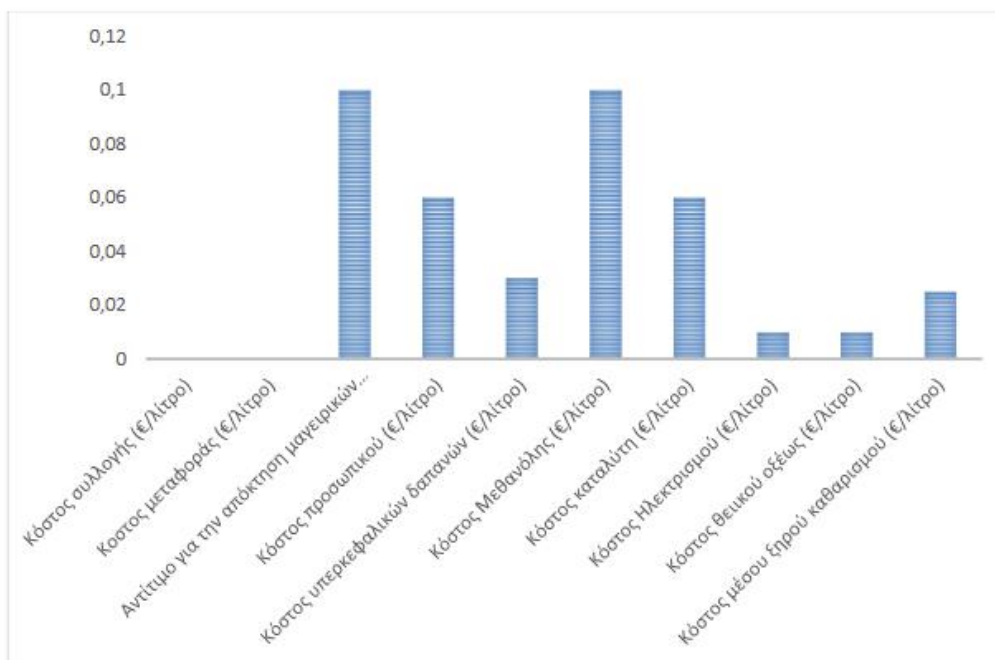
Με βάση τον τρόπο συλλογής και μεταφοράς παρατίθενται τα παρακάτω σχήματα που παρουσιάζουν τα κόστη που επηρεάζουν την τιμή του τελικού προϊόντος. Στο Σχήμα 1.20 παρατηρούμε ότι το κόστος συλλογής και μεταφοράς επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό την τιμή του βιοντίζελ λόγω της συλλογής από πόρτα σε πόρτα ενώ στο Σχήμα 1.21 το κόστος συλλογής και μεταφοράς επηρεάζει σε μικρότερο βαθμό. Στο Σχήμα 1.22 το κόστος συλλογής και μεταφοράς είναι μηδαμινό γιατί οι παραγωγοί παραδίδουν τα τηγανέλαια στη μονάδα επεξεργασίας.



**Σχήμα 1.20** Διάγραμμα συλλογής τηγανελαίων πόρτα- πόρτα



**Σχήμα 1.21** Διάγραμμα συλλογής τηγανελαίων σε σημεία συγκέντρωσης



**Σχήμα 1.22** Διάγραμμα συλλογής τηγανελαιών ανά μονάδα επεξεργασίας

### Συμπεράσματα

Η οικονομική βιωσιμότητα επηρεάζεται κυρίως από τη δυνατότητα εξασφάλισης της απαραίτητης πρώτης ύλης στους σταθμούς επεξεργασίας. Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη ολοκληρωμένων συστημάτων συλλογής απόβλητων τηγανελαιών από τις διάφορες πηγές όπως εστιατόρια, κατοικίες, επιχειρήσεις, νοσοκομεία κλπ, αλλά και την ύπαρξη του απαραίτητου νομικού πλαισίου. Σε πολλές περιπτώσεις, για την ενθάρρυνση τόσο της συλλογής όσο και της επεξεργασίας των απόβλητων τηγανελαιών για παραγωγή βιοντίζελ, δίνονται κίνητρα όπως επιδοτήσεις, επιχορηγήσεις, αντίτιμα σε είδος κ.α. Το κόστος παραγωγής μπορεί να επηρεάζεται ακόμη από το κόστος των απαραίτητων χημικών και αναλώσιμων καθώς επίσης και από το κόστος της ενέργειας. Συγκεκριμένα, στην Κύπρο το κόστος ηλεκτρισμού αλλά και των καυσίμων κίνησης είναι ιδιαίτερα υψηλό με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος παραγωγής βιοντίζελ να αυξάνεται ακόμη περισσότερο. Με βάση και τα αποτελέσματα

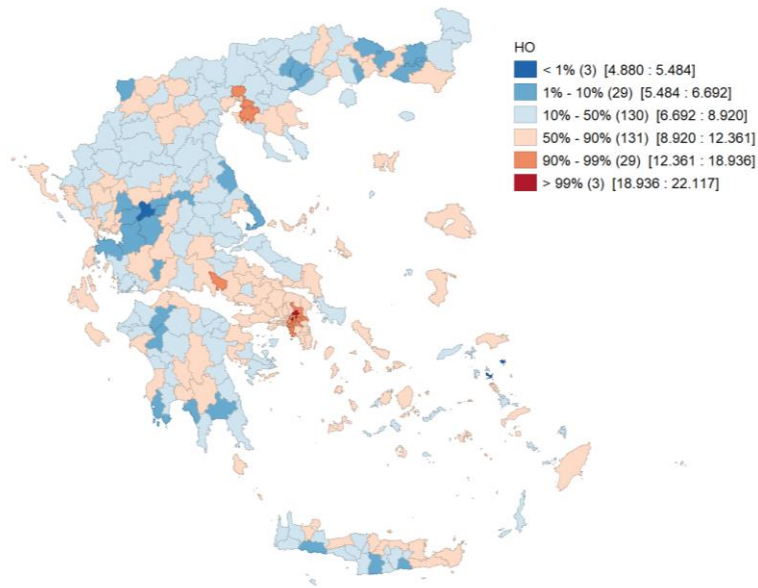
των σεναρίων που εξετάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, οι πιο σημαντικές παρατηρήσεις που καταγράφονται είναι οι ακόλουθες:

- Η εξασφάλιση επιδότησης για τον παραγωγό βιοντίζελ είναι ένα μέτρο το οποίο θα πρέπει να εφαρμόζεται για τις περιπτώσεις όπου η οικονομική βιωσιμότητα των μονάδων είναι οριακή. Για την παραχώρηση επιδότησης θα πρέπει να εξετάζονται όλες οι εσωτερικές και εξωτερικές παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος παραγωγής.
- Η επιλογή της δυναμικότητας των μονάδων παραγωγής βιοντίζελ θα πρέπει να είναι άμεσα συνδεδεμένη με το δυναμικό απόβλητων τηγανελαιίων που μπορούν να συλλεχθούν. Η επιλογή της κατάλληλης δυναμικότητας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά στη μείωση του λειτουργικού κόστους παραγωγής βιοντίζελ. Η τιμή του πετρελαίου κίνησης έχει ανοδική πορεία και αυτό καθιστά τα ανανεώσιμα καύσιμα ανταγωνιστικά. Παρόλα αυτά, η αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων αυξάνει το λειτουργικό κόστος παραγωγής του καυσίμου (ηλεκτρισμός, κόστος συλλογής και μεταφοράς). το πιο σημαντικό λειτουργικό κόστος είναι το κόστος συλλογής και μεταφοράς των τηγανελαιίων. Σε περιπτώσεις που μια μονάδα εξασφαλίζει την πρώτη ύλη (τηγανέλαια) δωρεάν ή έναντι χαμηλού αντιτίμου, το κόστος του βιοκαυσίμου είναι δυνατό να ανταγωνιστεί τις σημερινές τιμές του πετρελαίου κίνησης

## 1.10 Χωρική ανάλυση οικιακών ελαίων (HO)

Πέραν των WCO σημαντικό μερίδιο στο σύνολο των τηγανελαίων κατέχουν τα οικιακά τηγανελαία (House Oils- HO). Λόγω του ότι δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για τις ποσότητες οικιακών ελαίων ανά περιφέρεια, νομό ή δήμο, η μελέτη της χωρικής εξάπλωσης είναι εξαιρετικά δύσκολη. Αρχικά, ξεκινήσαμε μία τηλεφωνική έρευνα σε εταιρίες συλλογής οικιακών ελαίων, σε εταιρίες παραγωγής και συλλογής και λοιπούς φορείς που σχετίζονται με τα απόβλητα οικιακά έλαια αλλά τα δεδομένα που συλλέξαμε ήταν αντιφατικά και μη χωρικά προσδιορισμένα με αποτέλεσμα να κριθούν αναξιόπιστα.

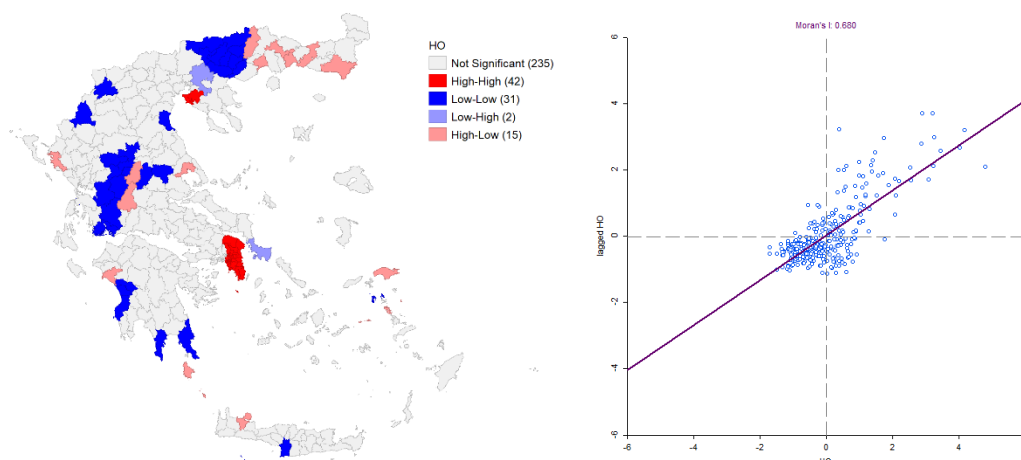
Στη συνέχεια κινηθήκαμε ως εξής: Αντλήσαμε δεδομένα από την ΕΛΣΑΤ για τους μέσους όρους κατανάλωσης ελαίων σε εθνικό επίπεδο. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ ποσοτήτων και κατά κεφαλήν εισοδήματος. Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψιν τα παραπάνω, κανονικοποιήσαμε το κατά κεφαλήν εισόδημα ανά δήμο και τι ζπολλαπλασιάσαμε με τις εκτιμήσεις για τη μέση ετήσια κατανάλωση λαδιού ανά άτομο. Κατόπιν συσχετισμών και αναφορών υιοθετήσαμε την τιμή των 9 λίτρων ανά κάτοικο ανά έτος ως τη μέση τιμή κατανάλωσης ελαίων σε οικιακό επίπεδο. Εδώ, τίθεται ένα ερώτημα για το οποίο δεν υπάρχει σαφής απάντηση: ποιο το πραγματικό ποσοστό κατανάλωσης και ποιο αυτό που αποβάλεται; Από διάφορες πηγές καταλήξαμε στο ότι, 17- 45% είναι το ποσοστό που μπορεί δυνητικά να ανακυκλωθεί. Για την απλοποίηση των δεδομένων και την ορθότητα της έρευνας, παραμείναμε στις ποσότητες οικιακής κατανάλωσης, μη υπολογίζοντας ποιο ποσοστό από αυτές θα μπορούσε να ανακυκλωθεί.



**Σχήμα 1.23** Γεωγραφική εξάπλωση οικιακών ελαίων ανά την Ελλάδα. (λίτρα/ κάτοικο)

Στο σχήμα παρατηρούμε μεγάλες ανισοκατανομές ως ήταν αναμενόμενο. Δεδομένου ότι στην έρευνα υιοθετήσαμε μια εκτίμηση για τα ΗΟ, δεν λάβαμε υπόψιν τυχόν τοπικούς παράγοντες, όπως η τοπική κουζίνα. Οι ακραίες τιμές που εντοπίσαμε είναι 4.8 λίτρα ανά κάτοικο και τιμές που ξεπερνούν τα 22 λίτρα ανά κάτοικο.

Εδώ λοιπόν θα εισάγουμε για πρώτη φορά τους τρεις δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης που αναλύσαμε στα πρώτα κεφάλαια. Πρόκειται για τους δείκτες Moran's, Geary και G. Με τον τρόπο αυτό θα εντοπίσουμε τόσο τις υψηλές όσο και τις χαμηλές χωρικές συσχετίσεις. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

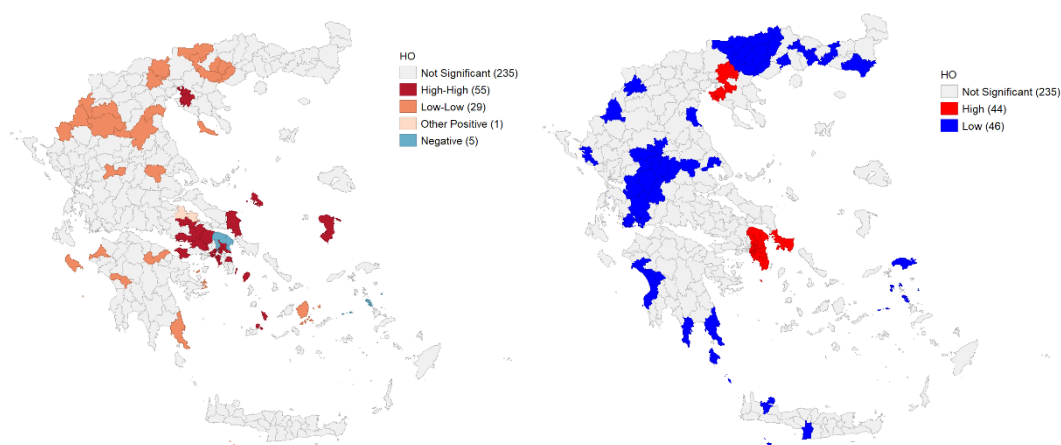


**Σχήμα 1.24** Τοπικός δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran's I για τα οικιακά έλαια.



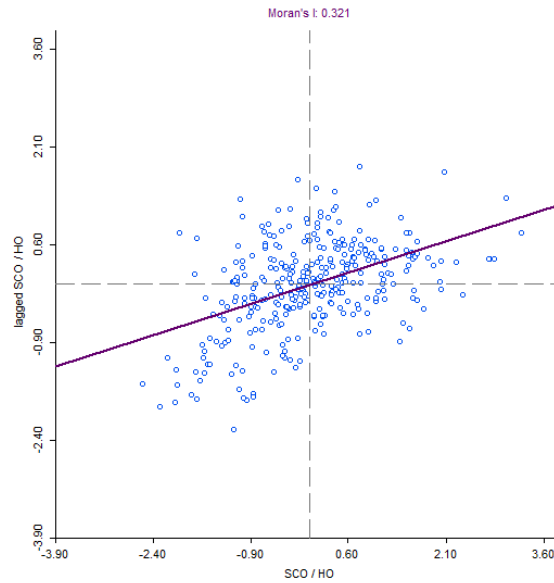
Παρατηρούμε ότι η εκτίμηση των τιμών για τα οικιακά έλαια σχετίζεται με τις τιμές των WCO, ΣΤΗΝ Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Αντίθετα, παρατηρούνται χαμηλές τιμές στην Ανατολική Μακεδόνια, παραμεθόριες περιοχές κ.α.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τους δείκτες Geary και G, οι οποίοι επιβεβαιώνουν το δείκτη Moran's.



**Σχήμα 1.25** Τοπικοί δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης Geary's C (δεξιά) και Getis G (αριστερά) για οικιακά έλαια.

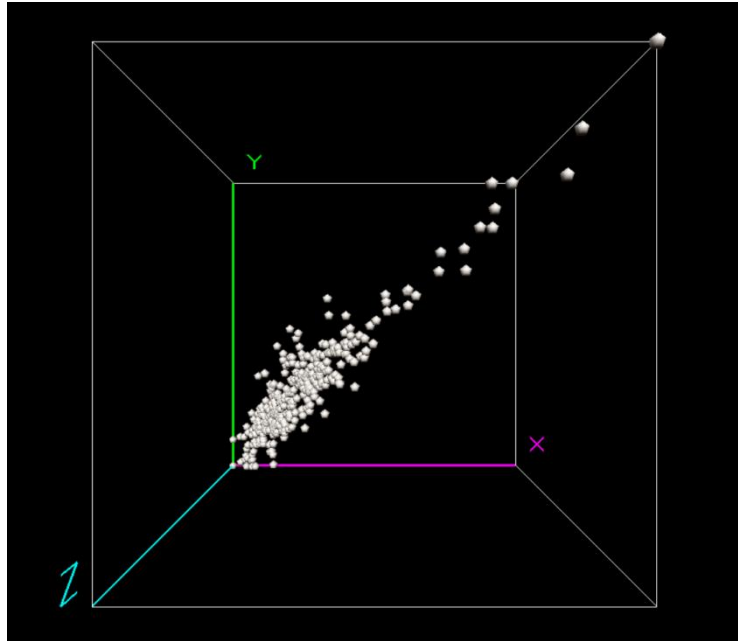
Οι τρεις δείκτες έχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Οι μεγάλες πόλεις συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες, άρα μοιάζουμε και οι καταλληλότερες εστιάζοντας στο κομμάτι της συλλογής και ανακύκλωσης αποβλήτων βρώσιμων ελαίων. Συσχετίζοντας όμως απευθείας τα WCO και τα HO στο σχήμα 1.31, παρατηρούμε ότι ο δείκτης Moran's προκύπτει 0.32.



**Σχήμα 1.26** Δείκτης συσχέτισης Morans I μεταξύ των τιμών WCO και HO.

Αναλύοντας λοιπόν τα παραπάνω δεδομένα, παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ κατά κεφαλήν εισόδημα και WCO. Στη συνέχεια, οι εκτιμήσεις των HO προέκυψαν ως πολλαπλάσιο του κανονικοποιημένου εισοδήματος, άρα υπάρχει πλήρης συσχέτιση μεταξύ τους. Άρα, θα έπρεπε και οι τιμές των WCO και HO να σχετίζονται, πράγμα που δεν συμβαίνει.

Στη συνέχεια, στην προσπάθεια απάντησης στο πρόβλημα που δημιουργείται πραγματοποιήσαμε μια 3D απεικόνιση μεταξύ των τιμών του εισοδήματος, των HO και των WCO στο σχήμα 1.32.



**Σχήμα 1.27** Τριπλή συσχέτιση HO (X), WCO (Y), εισοδήματος (Z).

Παρατηρώντας λοιπόν την απεικόνιση, βλέπουμε ότι τα τρία δεδομένα σχετίζονται μεταξύ τους με κάποιες μικρές αποκλίσεις. Ωστόσο, αφαιρώντας την παράμετρο του εισοδήματος, τότε η συσχέτιση μειώνεται.

Συνοψίζοντας, δεν προκύπτουν σαφή γεωγραφικά δεδομένα για τυχόν μονάδες ή κέντρα συλλογής υπολλειματικών ελαίων. Είναι σαφές, πως τα μεγάλα αστικά κέντρα είναι τα πλέον υποσχόμενα για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη μετροπή των ελαίων σε βιοντίζελ έτσι ώστε να μειωθεί το μεταφορικό κόστος απ' τα σημεία συλλογής ως το σημεία επεξεργασίας.

### **Γενικά για τα απόβλητα οικιακά έλαια- House Oils (HO).**

Απόβλητα οικιακά έλαια είναι τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από τα νοικοκυριά για την παρασκευή ή επεξεργασία τροφίμων και δεν είναι πλέον κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση. Ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των δημοτικών αποβλήτων(κατηγορία 20 στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων, Ε.Κ.Α.), η οποία περιλαμβάνει τα οικιακά απόβλητα, καθώς και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα. Οι ποσότητες

των αποβλήτων μαγειρικών ελαίων που παράγονται σε κάθε χώρα παγκοσμίως είναι τεράστιες και ποικίλουν ανάλογα με το ποσό των βρώσιμων ελαίων που καταναλώνονται. Στις χώρες της ΕΕ, η συνολική παραγωγή αποβλήτων μαγειρικών λαδιών είναι περίπου 700.000-1.000.000 τόνους / έτος.

Θεωρείται ότι το 60 % των παραγόμενων αποβλήτων ελαίων στην Ευρώπη δεν διαχειρίζεται σωστά. Ως εκ τούτου, τα απόβλητα αυτά απορρίπτονται στο περιβάλλον (συνήθως στο αποχετευτικό σύστημα) δημιουργώντας πολλά προβλήματα. Παράλληλα, χάνεται η δυνατότητα αξιοποίησής τους για διάφορες χρήσεις, όπως είναι η παραγωγή ενέργειας, βιοκαυσίμου ή ακόμα και σαπουνιού.

Τα χρησιμοποιημένα τηγανέλαια κατά την απόρριψή τους στο περιβάλλον προκαλούν σοβαρή υποβάθμιση στο έδαφος ή στα νερά. Όταν αποτίθενται στον νεροχύτη καταλήγουν μέσω της αποχέτευσης είτε σε κάποια βιολογική μονάδα επεξεργασίας, είτε στον υδροφόρο ορίζοντα.

Στο σταθμό επεξεργασίας λυμάτων δημιουργούν προβλήματα στη λειτουργία του. Αυτό γίνεται διότι η λειτουργία μιας μονάδας βιολογικής επεξεργασίας οικιακών λυμάτων βασίζεται στο μείγμα μικροοργανισμών (βακτηρίων) που χρησιμοποιούνται για τη διάσπαση του οργανικού φορτίου των λυμάτων. Τα βακτήρια αναπτύσσουν αποικία και πολλαπλασιάζονται χρησιμοποιώντας ως τροφή τα λύματα που καταλήγουν εκεί. Τα λάδια, τα οποία μέσω της αποχέτευσης φτάνουν στο βιολογικό καθαρισμό, δημιουργούν ένα στρώμα στην επιφάνειά του, το οποίο δεν επιτρέπει την οξυγόνωση των βακτηριδίων, με αποτέλεσμα την παρεμβολή στην αερόβια διαδικασία και να την θανάτωσή τους. Με αυτόν τον τρόπο εμποδίζουν την έρρυθμη λειτουργία των αποχετευτικών δικτύων και των μονάδων βιολογικής επεξεργασίας, υποχρεώνοντας την ΕΥΔΑΠ να ξοδεύει εκατοντάδες χιλιάδες ευρώ ετησίως για την απόφραξη των αποχετευτικών δικτύων και τον διαχωρισμό των λαδιών από τα λύματα που καταλήγουν στους βιολογικούς καθαρισμούς.

Στον παρακάτω Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις για τις ποσότητες των αποβλήτων μαγειρικών ελαίων που κατέληξαν στο αποχετευτικό δίκτυο στις 7 κυριότερες ελληνικές πόλεις για το έτος 2008. Η συνολική ποσότητα υπολογίζεται σε 31.890 τόνους ετησίως.

Κυριότερες ελληνικές πόλεις	Εκτιμώμενος πληθυσμός (2008)	Απόβλητα νερά, ημερήσια επεξεργασί α (m <sup>3</sup> )	Μέση ποσότητα αποβλήτων ελαίων και λιπών στο δείγμα (mg/l)	Συνολική ημερήσια επεξεργασμέ νη ποσότητα ελαίων και λιπών (ton)	Συνολική ετήσια επεξεργασμένη ποσότητα ελαίων και λιπών (ton)
Αθήνα	4.061.326	750.000	90,0	67,5	24.637,5
Θεσσαλονίκη	1.144.052	160.000	74,0	11,84	4.321,60
Πάτρα	341.784	33.000	62,0	2,05	748,25
Ηράκλειο	299.689	28.000	62,5	1,75	638,75
Λάρισα	285.845	33.220	58,0	1,93	704,45
Βόλος	203.914	27.000	50,0	1,35	492,75
Γιάννενα	181.026	19.000	50,0	0,95	346,75
<b>Σύνολο</b>	<b>6.517.636</b>	<b>1.050.200</b>	<b>63,8</b>	<b>87,37</b>	<b>31.890,05</b>

**Πίνακας 1.9** Εκτιμώμενη ποσότητα αποβλήτων μαγειρικών ελαίων που διατέθηκαν στο αποχετευτικό δίκτυο για τις 7 μεγαλύτερες πόλεις στην Ελλάδα.

Έπειτα, στην περίπτωση όπου τα λάδια καταλήξουν μέσω του υδροφόρου ορίζοντα σε ποτάμια, λίμνες ή στη θάλασσα προκαλούν αφενός μεγάλο μέγεθος ρύπανση λόγω της τοξικότητάς τους και από την άλλη ανοξία στο οικοσύστημα λόγω του στρώματος που δημιουργούν στην επιφάνεια του νερού. Αντίστοιχα, όταν καταλήξουν σε κάποιο ΧΥΤΑ, υποβαθμίζουν το έδαφος εξαιτίας της τοξικότητάς τους, όπως επίσης δημιουργούν προβλήματα ανάφλεξης λόγω της υψηλής ευφλεξιμότητάς τους.

### Διαχείριση Αποβλήτων Στην Ελλάδα

Η διαχείριση των αποβλήτων στην Ελλάδα αποτελεί μέχρι σήμερα ένα από τα πιο σύνθετα περιβαλλοντικά, πολιτικά, νομικά και κοινωνικά προβλήματα. Η Ελλάδα έχει καταδικαστεί επανειλημμένα από το Ευρωπαϊκό δικαστήριο επειδή απέτυχε να

συμμορφωθεί στην Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τη διαχείριση των αποβλήτων. Η τελευταία φορά ήταν τον Σεπτέμβριο του 2014, όταν η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρέπεμψε εκ νέου την χώρα στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο για την πλημμελή διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων, καθώς εξακολουθεί να μη συμμορφώνεται με τα πρότυπα της ΕΕ. Έτσι, η Επιτροπή ζήτησε την επιβολή προστίμων, προτείνοντας ένα κατ' αποκοπή ποσό ύψους 14.904.736 ευρώ και ημερήσια χρηματική ποινή 72.864 ευρώ, έως ότου εκπληρωθούν οι υποχρεώσεις της (Επιτροπή, 2014) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014). Το μεγαλύτερο και πιο άμεσο πρόβλημα είναι η ύπαρξη χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων (Χ.Α.Δ.Α.). Αριθμούνται συνολικά 245, εκ των οποίων οι 39 είναι ενεργοί και οι 206 ανενεργοί. (ΥΠΕΚΑ, Αρ. Πρωτ 3731 β, 12/2014).

### **Διαχείριση αποβλήτων οικιακών ελαίων**

Τα απόβλητα μαγειρικά έλαια παλαιότερα χρησιμοποιούνταν κυρίως από τους κτηνοτρόφους ως τροφή για τα ζώα τους. Ωστόσο, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα που δημιουργούνται κατά το τηγάνισμα μπορούν να προσδώσουν στο λάδι καρκινογενείς ιδιότητες (Castellanelli C., Mello C., 2007). Έτσι, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία EK1774/2002, απαγορεύθηκαν οι ζωικές τροφές που περιέχουν τηγανέλαια, ως μέτρο για τη διαφύλαξη της υγείας των ζώων και της υπόλοιπης διατροφικής αλυσίδας. Έπειτα από αυτό, αυξήθηκε το ενδιαφέρον για τα συγκεκριμένα απόβλητα και μελετήθηκε η πιθανότητα αξιοποίησής τους για την παραγωγή βιοκαυσίμου. Σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο δεν έχουν ληφθεί σημαντικές πρωτοβουλίες για την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος συλλογής και διαχείρισης των ΧΜΕ που προέρχονται από τις κατοικίες και τους χώρους εστίασης. Για παράδειγμα, για το έτος 2010, μόνο το 9,1% του συνόλου των φυτικών ελαίων, τηγανελαιών και ζωικών λιπών αξιοποιήθηκαν για την ανάκτηση ενέργειας και την παραγωγή βιοντίζελ (τμ. Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων ΥΠΕΚΑ, 2012). Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ και την Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α. έχει προγραμματιστεί η Ανάπτυξη Δικτύου Χωριστής Συλλογής ΑΣΑ με συγκεκριμένους άξονες και απαιτούμενες ενέργειες, όπως η εντατικοποίηση των δράσεων εκτροπής των βιοαποβλήτων από την ταφή με οικιακή κομποστοποίηση, εκτροπή σε αγροτικές περιοχές, συλλογή και διαχείριση βρώσιμων ελαίων και λιπών. Η υλοποίηση του συγκεκριμένου στόχου έχει

οριστεί για το 2020(ΥΠΕΚΑ, Αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), 2015). Στο ίδιο σχέδιο χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι «επιδίωξη είναι η μεγιστοποίηση της χωριστής διαχείρισης των διαθέσιμων προς συλλογή βρώσιμων λιπών και ελαίων, στοχεύοντας στο 75% έως το 2020.Το δίκτυο θα πρέπει να επικεντρωθεί στους μεγάλους παραγωγούς τέτοιων αποβλήτων, όπως οι χώροι μαζικής εστίασης, οι επιχειρήσεις Catering, τα ξενοδοχεία, τα νοσοκομεία και τα στρατόπεδα.» Η συλλογή των βρώσιμων ελαίων θα γίνεται ανά περιφέρεια και σε προκαθορισμένα σημεία όπου θα είναι εγκατεστημένοι ειδικοί κάδοι συλλογής (π.χ. καταστήματα αλυσίδων τροφίμων), ή ατομικά, μέσω τηλεφωνικής επικοινωνίας με την εκάστοτε αδειοδοτημένη εταιρεία.

Μέχρι στιγμής, και κατά πάσα πιθανότητα το νωρίτερο μέχρι τότε, η διαχείρισή τους γίνεται κυρίως από ιδιωτικές πρωτοβουλίες. Τη δεδομένη χρονική στιγμή το σύστημα διαχείρισης των αποβλήτων ελαίων περιλαμβάνει 25.000 σημεία συλλογής, 7 κέντρα συλλογής-εγκαταστάσεις αποθήκευσης και 42 εταιρείες συλλογής και μεταφοράς με πανελλαδική κάλυψη (πλην της Περιφέρειας Ηπείρου) (ΥΠΕΚΑ, 2015). Το δίκτυο ανάκτησης των συλλεγόμενων αποβλήτων βρώσιμων ελαίων και λιπών αφορά κυρίως την παραγωγή βιοκαυσίμων και βιολιπαντικών αλλά και την αξιοποίηση σε άλλες παραγωγικές δραστηριότητες, όπως η σαπωνοποιία, και είναι αναπτυσσόμενο και δυναμικό. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η υφιστάμενη δυναμικότητα παραγωγής βιοκαυσίμων στη χώρα, σύμφωνα με τα στοιχεία της τελευταίας διαθέσιμης εθνικής έκθεσης, ανέρχεται στους 702.000 τόνους ετησίως και μπορεί να απορροφήσει το σύνολο της εκτροπής αποβλήτων βρώσιμων ελαίων και λιπών σε ποσοστό 5,6% σε σχέση με τα υπόλοιπα συνδιαχειριζόμενα υλικά. Στη χώρα μας, η εντονότερη δραστηριότητα εντοπίζεται σε 10 περίπου εταιρείες που συλλέγουν και μεταφέρουν μαγειρικά έλαια από εστιατόρια, ψησταριές και ξενοδοχειακές μονάδες, ενώ ήδη έχει ξεκινήσει προσπάθεια από δήμους για τη συλλογή ελαίων εκτός των άλλων και από τα νοικοκυριά, από σχολεία με την ενεργή συμμετοχή των μαθητών και από Ερευνητικά Κέντρα ή Πανεπιστημιακά και Τεχνολογικά Ιδρύματα μέσω ερευνητικών και πιλοτικών προγραμμάτων .Σχετικά με τις ιδιωτικές εταιρίες συλλογής και μεταφοράς τηγανελαίων, οι περισσότερες λειτουργούν στην περιοχή της Αττικής και στη Θεσσαλονίκη. Οι τρόποι με τους οποίους συλλέγεται το μαγειρικό λάδι απ' τις εταιρίες αυτές είναι δύο. Ο καθοριστικά συχνότερος είναι η τοποθέτηση ειδικών κάδων συλλογής σε συνεργασία με οργανισμούς, σούπερ-μάρκετ, καταστήματα εστίασης,

ξενοδοχεία κ.λ.π., στους οποίους απορρίπτονται τα έλαια από την ίδια τη δραστηριότητα των παραπάνω, είτε από τους πολίτες που αυτοβούλως επιλέγουν να διαθέτουν το συλλεγμένο μαγειρεμένο λάδι τους προς αξιοποίηση ως απόβλητο. Ο δεύτερος τρόπος, είναι η συλλογή των μαγειρικών ελαίων από σπίτι σε σπίτι από τους αρμόδιους εργαζόμενους των εταιριών. Αναφορικά με την ποσότητα των αποβλήτων μαγειρικών ελαίων που συλλέγονται ετησίως στην Ελλάδα δεν υπάρχουν επίσημα δεδομένα και η σχετική βιβλιογραφία είναι ελλιπής. Σύμφωνα, όμως, με τη διεθνή βιβλιογραφία η ποσότητα των αποβλήτων βρώσιμων ελαίων και λιπών που μπορεί να συλλεχθεί χωριστά εκτιμάται κατ' ελάχιστον στα 5 kg / κάτοικο ετησίως (ΥΠΕΚΑ, Αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), 2015). Ο προσδιορισμός της ποσότητας που συλλέγει ετησίως η κάθε εταιρία καθιστά εφικτή μόνο την κατά προσέγγιση αποτύπωση της πραγματικότητας αναφορικά με τη συνολικά διαθέσιμη ποσότητα αποβλήτων μαγειρικών ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ και για αυτό το λόγο δεν παρατίθενται συγκεκριμένα ποσοστά. Αξίζει, βεβαίως, να σημειωθεί ότι μέρος της ποσότητας αυτής εξάγεται για την παραγωγή βιοντίζελ σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες, για την ποσότητα των οποίων δεν υπάρχουν επίσης διαθέσιμες έγκυρες και καταγεγραμμένες πληροφορίες (Parageorgiou, 2009). Πέρα από την απουσία οργανωμένου συστήματος για τη συλλογή και μεταφορά των χρησιμοποιημένων μαγειρικών ελαίων και της ανεπαρκούς εφαρμογής του υφιστάμενου, σε όποιο επίπεδο και αν βρίσκεται, σημαντικότερο πρόβλημα αποτελεί η ανύπαρκτη ενημέρωση των πολιτών γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα και η μηδαμινή προώθηση των στρατηγικών δράσης. Οι εκστρατείες εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης των πολιτών οργανώνονται από οργανώσεις και ιδιωτικούς φορείς. Η αναφορά του θέματος στα ΜΜΕ καταμετράται σε επίπεδο απλής γνωστοποίησης του προβλήματος και όχι σε επίπεδο στρατηγικών δράσης που θα μπορούσαν να βελτιστοποιήσουν τη διαχείριση των μαγειρικών ελαίων. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι διάφορες χώρες χρησιμοποιούν χρήσιμες τεχνικές ενημέρωσης και συμμόρφωσης των πολιτών για τη σωστή διαχείριση των τηγανελαιών τους. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Βραζιλίας, η οποία το 2005 επέβαλε με νόμο την προσθήκη ετικέτας στις συσκευασίες των βρώσιμων ελαίων, με σκοπό τη σωστή κατάληξη του προϊόντος μετά τη χρήση του (Castellanelli C., Mello C., 2007). Στόχος της συγκεκριμένης ετικέτας είναι να είναι ευανάγνωστη και να περιέχει οδηγίες για την τοποθέτηση μετά τη χρήση του προϊόντος σε και έπειτα στα σκουπίδια, με σκοπό την αποφυγή της επιβάρυνσης των υδάτινων πόρων (Εικόνα 1).





Σχήμα 1.28 Ετικέτα συσκευασίας βρώσιμων ελαίων

### Τάση και περιβαλλοντική συμπεριφορά πολιτών

Σύμφωνα με όσα αναφέραμε ήδη για την περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά, βλέπουμε ότι ένας/μία υπεύθυνη πολίτης εκκινεί από μία προδιάθεση να αντιλαμβάνεται τον εαυτό του ως κομμάτι του περιβάλλοντος, καλλιεργώντας με αυτόν τον τρόπο μια μορφή ευαισθησίας απέναντι στα προβλήματά του. Έτσι, κατανοώντας τις λειτουργίες και τα προβλήματα του περιβάλλοντος, μπορεί να εκδηλώσει ενδιαφέρον και επιθυμία για ενεργό συμμετοχή στην επίλυσή τους, αναπτύσσοντας τις δεξιότητες εκείνες που του επιτρέπουν να αναγνωρίζει τα προβλήματα και τους πιθανούς τρόπους επίλυσης.



## Σχήμα 1.29 Αναπαράσταση παραδοσιακού Μοντέλου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

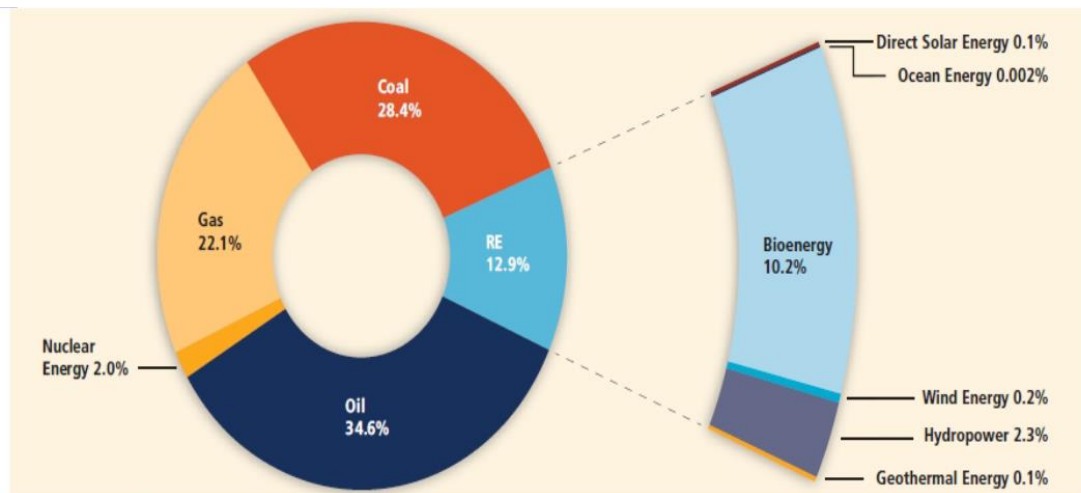
Το παραδοσιακό μοντέλο για την περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά επικράτησε κυρίως στις δεκαετίες του 1970 και 1980 και σχηματοποιεί τη νοοτροπία του ατόμου για το περιβάλλον και την ευθύνη που αναλαμβάνει για την προστασία του ως γραμμικά συνδεδεμένες και ευθέως ανάλογες η μία προς την άλλη. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, σύμφωνα με το μοντέλο αυτό η απόκτηση γνώσης για τα προβλήματα του περιβάλλοντος και τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να αντιμετωπιστούν οδηγεί το άτομο στην ανάπτυξη μίας φιλικής στάσης ή νοοτροπίας απέναντι σε αυτό και ως εκ τούτου στην υιοθέτηση περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς

Η γνώση που οδηγεί εν τέλει στην περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά συνίσταται στη γνώση γύρω από τα ζητήματα που αφορούν στο περιβάλλον, στις διαθέσιμες στρατηγικές για την επίλυσή τους και στις δεξιότητες που χρειάζονται για την αποτελεσματική εφαρμογή των θεωρητικών αυτών γνώσεων. Βεβαίως, πέραν των παραγόντων που αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν σημειωθεί ορισμένοι ακόμα κρίσιμοι παράγοντες που συνεισφέρουν στην υιοθέτηση περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς από τους πολίτες. Ένας καθοριστικός παράγοντας, για παράδειγμα, είναι η επιθυμία του ατόμου να συμμετάσχει στις δράσεις για την καταπολέμηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, η οποία και συνδέεται άμεσα με την στάση που υιοθετεί το άτομο αυτό και στην υπευθυνότητα που επιδεικνύει απέναντι στα εν λόγω ζητήματα. Ακόμα, συντρέχουν ορισμένοι εξωτερικοί παράγοντες, όπως οι οικονομικοί περιορισμοί, οι κοινωνικές πιέσεις, οι ευκαιρίες υιοθέτησης εναλλακτικών τρόπων δράσης, αλλά και το σημείο ελέγχου, που επηρεάζουν καθοριστικά την τελική υιοθέτηση μιας περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς από τους πολίτες (Αγγελίδου, 2015). Το σημείο ελέγχου, συγκεκριμένα, έχει να κάνει με τον έλεγχο που ασκεί το άτομο στον εαυτό του, αλλά και που ασκείται σε αυτό από το κοινωνικό πλαίσιο στο οποίο εντάσσεται, κάτι που μπορεί να δράσει καταλυτικά στη συμπεριφορά του ατόμου σε σχέση με το περιβάλλον.

## **Αξιοποίηση Χρησιμοποιημένων Μαγειρικών Ελαίων (ΧΜΕ)**

### **Ενέργεια**

Η ενέργεια υποστηρίζει την ανθρώπινη ζωή και είναι εξέχουσας σημασίας για τη συνέχιση της ανθρώπινης ανάπτυξης. Χωρίς αυτήν, ο συνολικός ιστός της κοινωνίας θα κατέρρεε. Μαζί με την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών, η ζήτηση της ενέργειας έχει μέχρι σήμερα μια διαρκώς αυξητική πορεία, ιδίως στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες λόγω της αύξησης του πληθυσμού, της αστικοποίησης και του εκσυγχρονισμού των κοινωνιών. Υπάρχουν διάφορες μορφές ενέργειας οι οποίες χρησιμοποιούνται παγκοσμίως και μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: τα ορυκτά καύσιμα, τα πυρηνικά καύσιμα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Τα ορυκτά καύσιμα, από τη βιομηχανική επανάσταση κατά το 19ο αιώνα και έπειτα, χρησιμοποιήθηκαν στην περισσότερο επεξεργασμένη τους μορφή, δηλαδή αυτή του πετρελαίου, η οποία ήταν περισσότερο αποδοτική από τις στερεές μορφές του. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν και στην αέρια μορφή τους που είναι ακόμα πιο αποδοτική. (Βάμβουκα, 2009). Σήμερα, τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο γαιάνθρακας καλύπτουν το 85.1% των κύριων παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών (Γράφημα 1).



**Σχήμα 1.30** Ποσοστά συμμετοχής ενεργειακών πηγών στην παγκόσμια παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας για το έτος 2008.

### Το ζήτημα της ενέργειας

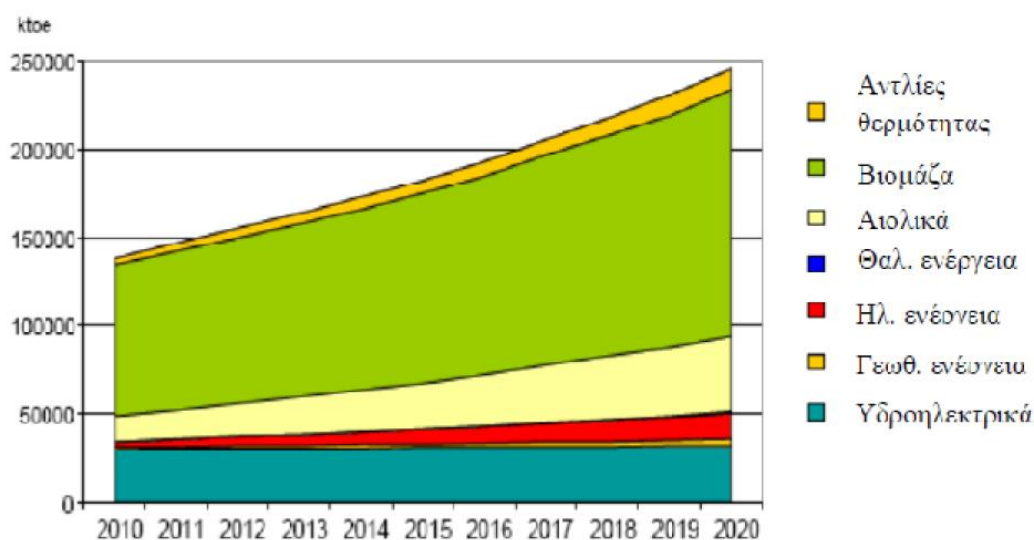
Το ενεργειακό ζήτημα σε διεθνές επίπεδο έχει δύο κύριες συνιστώσες, την ποσοτική και την ποιοτική. Η ποσοτική αφορά στην μείωση της επάρκειας και την απειλούμενη εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών πόρων, ενώ η ποιοτική αφορά τη ρύπανση του περιβάλλοντος που προκαλεί η χρήση ενέργειας. Τα ορυκτά καύσιμα αποτελούν μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, επομένως η υπερεκμετάλλευσή τους οδηγεί στον κίνδυνο εξάντλησής τους, εξαιτίας των περιορισμένων ποσοτήτων τους. Επίσης, συνδέονται στενά με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, η οποία απειλεί την ανθρώπινη υγεία μέσω της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου των αερίων του θερμοκηπίου (Βάμβουκα, 2009). Από την άλλη, η πυρηνική ενέργεια αποτελεί κύρια πηγή ενέργειας σε ορισμένες από τις ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου, ενώ συνεισφέρει περίπου το 2% της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης (Γράφημα 4.1). Έτσι, η πυρηνική ενέργεια διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου για παραγωγή ηλεκτρισμού τις τελευταίες δεκαετίες. Παρόλα αυτά, αντιμετωπίζει κρίσιμες προκλήσεις όπως το κόστος της, τα ραδιενεργά απόβλητα, την ασφάλεια και τη διάδοση υλικού για κατασκευή πυρηνικών όπλων (Βάμβουκα, 2009). Επομένως, ιδιαίτερο βάρος έχει δοθεί στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την επίλυση του παγκόσμιου ενεργειακού προβλήματος.

## Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται οι μορφές ενέργειας που ανανεώνονται από τη φύση (από τον ήλιο, τον αέρα, το νερό, τη θερμότητα της Γης τα φυτά και την οργανική ύλη). Περιλαμβάνουν:

- ✓ την ηλιακή ενέργεια
- ✓ την αιολική ενέργεια
- ✓ την κυματική ενέργεια
- ✓ τη βιομάζα
- ✓ τη γεωθερμική ενέργεια
- ✓ την υδροηλεκτρική ενέργεια

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διατίθενται σε αφθονία και είναι ευρέως διαθέσιμες. Η χρήση τους βελτιώνει την ποικιλία προσφοράς στις αγορές ενέργειας, συνεισφέρει στην εξασφάλιση μακροπρόθεσμα βιώσιμων πηγών ενέργειας, βοηθάει στη μείωση των τοπικών και παγκόσμιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και προσφέρει εμπορικά ελκυστικές επιλογές για την αντιμετώπιση ειδικών αναγκών παροχής ενέργειας. Ουσιαστικά, τα ορυκτά καύσιμα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν αντίθετες κατευθύνσεις σε ό,τι αφορά το κοινωνικό και το οικονομικό κόστος τους.



**Σχήμα 1.31** Κατανομή της ενέργειας από τις ΑΠΕ στην ΕΕ για τα έτη 2010–2020 (Γκρικέμης, 2014)

Στο Γράφημα 2 φαίνεται κατανομή της ενέργειας από τις ΑΠΕ στην ΕΕ για τα έτη 2010–2020. Συμπεραίνεται ότι η βιοενέργεια, η βιομάζα αποτελεί και θα συνεχίσει να αποτελεί τον κύριο πάροχο ανανεώσιμης πηγής ενέργειας παγκοσμίως.

### **Βιομάζα–Βιοκαύσιμα**

Ο όρος βιομάζα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Eugene Adam και αναφέρεται στο σύνολο των ζώντων οργανισμών από τα πέντε βασίλεια της βιολογίας: φυτά, ζώα, μύκητες, πρωτίστα και μονήρη. Σήμερα, με τον όρο βιομάζα χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε προϊόν, υποπροϊόν ή υπόλειμμα προέρχεται από οργανική ύλη. Πιο συγκεκριμένα οι διάφορες μορφές βιομάζας είναι οι παρακάτω:

1. Υπολειμματική μορφή βιομάζας.
  - ✓ Αγροτικής και ζωικής προέλευσης. Περιλαμβάνει κατάλοιπα και υποπροϊόντα της αγροτικής και ζωικής παραγωγής, όπως κλαδέματα, άχυρα, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια, στελέχη αραβοσίτου και βαμβακιάς, άλλα υπολείμματα εκκοκκισμού, κληματίδες, φύκια, κτηνοτροφικά και αλιευτικά απόβλητα, υπολείμματα σφαγείων.
  - ✓ Δασικής προέλευσης: Περιλαμβάνει υπολείμματα της κοπής δέντρων, κλαδιά, πριονίδια κ.α.\
2. Ενεργειακές καλλιέργειες γεωργικών και δασικών ειδών, όπως σόργο, σακχαρούχο, ευκάλυπτος, ψευδακακία, καλάμι, μίσχανθος, αγριαγκινάρα, ηλίανθος, ελαιοκράμβη.
3. Βιομηχανικά και αστικά απόβλητα: Πρόκειται για το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, των σκουπιδιών, των απορριμμάτων που προέρχονται από κήπους, καθώς και των υπολειμμάτων φαγητού.

Με την χρήση της ενέργειας από βιομάζα οι ανθρώπινες κοινωνίες μπορούν να καλύψουν ένα αρκετά μεγάλο μέρος της ενεργειακής τους ζήτησης. Συγκεκριμένα, η βιομάζα θα μπορούσε να αποτελέσει το μεγαλύτερο προμηθευτή ενέργειας από

ανανεώσιμες πηγές παγκοσμίως, παρέχοντας το 35% της συνολικής ζήτησης για πρωτογενή ενέργεια κατά το έτος 2050 (United Nations, June, 1992).

### **Αξιοποίηση βιομάζας: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα**

Συνοπτικά παρουσιάζονται παρακάτω τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης της βιομάζας:

#### Πλεονεκτήματα

- ✓ Αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με μηδενική συνεισφορά στον κύκλο του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει επειδή το CO<sub>2</sub> που εκλύεται κατά την καύση της ισοδυναμεί με το CO<sub>2</sub> που αφαιρείται από την ατμόσφαιρα κατά την παραγωγή της
- ✓ Είναι ασφαλής και περιβαλλοντικά φιλική μορφή ενέργειας. Δεν σχετίζεται με προβλήματα όπως όξινη βροχή, πετρελαιοκηλίδες και ραδιενεργά απόβλητα. Επιπλέον, η αξιοποίηση των αστικών απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας προλαμβάνει τη ρύπανση από την υγειονομική ταφή τους
- ✓ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού με τον ίδιο εξοπλισμό και στα ίδια εργοστάσια που χρησιμοποιούνται σήμερα ορυκτά καύσιμα.
- ✓ Είναι διαθέσιμη παντού, αφού μπορεί να καλλιεργηθεί με ευκολία σε όλα σχεδόν τα μέρη του πλανήτη. Επιπλέον, η αντικατάσταση των εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων από βιομάζα αυξάνει την αυτονομία και βελτιώνει το εμπορικό ισοζύγιο της χώρας.
- ✓ Δίνει ευκαιρίες κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης των αγροτικών περιοχών

#### Μειονεκτήματα

- ✓ Η βιομάζα εξακολουθεί να είναι ακριβή πηγή ενέργειας, τόσο κατά την παραγωγή της, όσο και κατά τη μετατροπή της σε βιοκαύσιμο.

- ✓ Οι μεγάλης έκτασης ενεργειακές καλλιέργειες αναπόφευκτα ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες τροφίμων σε γη, νερό, θρεπτικά συστατικά κ.α.
- ✓ Η υπερβολική χρήση του ξύλου ως βιοκαύσιμο καταστρέφει τα δάση. Ως αποτέλεσμα, τα γυμνά από δένδρα εδάφη διαβρώνονται ευκολότερα, ενώ παράλληλα δεν μπορούν να συγκρατήσουν τις πλημμύρες.
- ✓ Απαιτείται ενέργεια κατά τη μεταφορά της βιομάζας.
- ✓ Η βιομάζα αποδίδει λιγότερη ενέργεια από τα ορυκτά καύσιμα ίδιου όγκου.
- ✓ Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής της αξιοποίησης(Ρίζος, 2012)

## **Βιοκαύσιμα**

Ιστορικά, τα πρώτα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο ανήκαν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων (ξύλο, λίπος, φυτικά λάδια, αποστάγματα οργανικής προέλευσης κ.α.). Στις μέρες μας, σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/EK, βιοκαύσιμα είναι τα υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης τα οποία παράγονται από βιομάζα. Οι κύριες κατηγορίες τους είναι οι παρακάτω: Βιοντίζελ: πετρέλαιο βιολογικής προέλευσης που προέρχεται από φυτικά ή ζωικά έλαια και λίπη.

Βιοαιθανόλη: η αιθανόλη που παράγεται από σακχαρούχα και αμυλούχα φυτά.

Βιοαέριο: καύσιμο αέριο που παράγεται από τη βιομάζα ή το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.

Βιομεθανόλη: η μεθανόλη που παράγεται από Βιομάζα.

Βιο-ETBE: είναι ο αιθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (ETBE) που παράγεται από βιοαιθανόλη.

Βιο-MTBE: είναι ο μεθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (MTBE) που παράγεται από μεθανόλη.



### **Μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια.**

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο μετατροπής της είναι η μορφή της ενέργειας που επιθυμούμε ανάλογα με την τελική χρήση, τα περιβαλλοντικά πρότυπα και οι οικονομικές συνθήκες. Οι τρεις τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η θερμοχημική, η βιοχημική (βιολογική) και η μέθοδος της εστεροποίησης για την παραγωγή βιοντίζελ (McKendry, 2002).

#### Θερμοχημική μετατροπή.

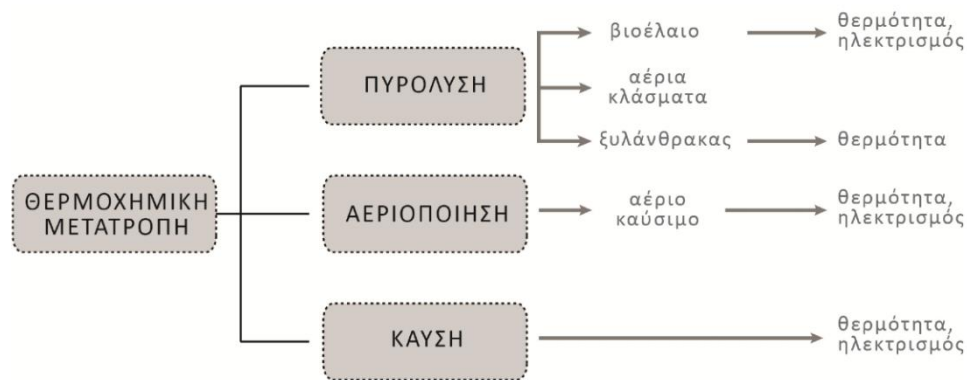
Για τη θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν τέσσερις μέθοδοι, οι οποίες είναι η καύση, η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η υγροποίηση.

**Καύση:** Η καύση της βιομάζας οδηγεί σε απευθείας παραγωγή ενέργειας, γίνεται στους 800–1000°C, είναι εφικτή μόνο για βιομάζα με περιεκτικότητα σε υγρασία έως 50 % και έχει απόδοση σε ενέργεια 20–40 % (McKendry, 2002).

**Πυρόλυση:** είναι η μετατροπή της βιομάζας σε υγρά (βιοέλαιο), στερεά (ξυλάνθρακας) και αέρια κλάσματα, μέσω θέρμανσης σε απουσία αέρα στους 500°C. Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λ.π.), αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.).

**Αεριοποίηση:** είναι η μετατροπή της βιομάζας σε αέριο καύσιμο μέσω μερικής οξειδωσης, σε θερμοκρασίες 800–900°C. Το αέριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε καυστήρες αερίου (McKendry, 2002).

**Υγροποίηση:** είναι λιγότερο διαδεδομένη μέθοδος, καθώς είναι πιο περίπλοκη και ακριβή από την πυρόλυση.



**Σχήμα 1.32** Μέθοδοι θερμοχημικής μετατροπής βιομάζας

### Ορισμός Βιοντίζελ

Ως βιοντίζελ θεωρούνται μίγματα εστέρων λιπαρών οξέων με αλκοόλες μικρού μοριακού βάρους, οι οποίοι παράγονται με τη μέθοδο των αντιδράσεων της μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων (τριεστέρων της γλυκερόλης με λιπαρά οξέα) και της εστεροποίησης των ελεύθερων λιπαρών οξέων των φυτικών ελαίων και των ζωικών λιπών.

Η χρήση φυτικών ελαίων ως εναλλακτικό καύσιμο ξεκίνησε πριν από περισσότερα από 100 χρόνια, όταν το 1900, ο Ρούντολφ Ντίζελ, εφευρέτης των κινητήρων ντίζελ, δοκίμασε το φυστικέλαιο ως καύσιμο στον κινητήρα του (Shay, 1993). Παράλληλα, το αργό πετρέλαιο κυριάρχησε εξαιτίας της χαμηλής τιμής του και η εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στη μετατροπή του σε καύσιμο ντίζελ και στην ταυτόχρονη δημιουργία ντίζελ κινητήρων. Έτσι, κατά τις δεκαετίες του 1930 και 1940 τα φυτικά έλαια χρησιμοποιήθηκαν περιοδικά ως καύσιμα σε κινητήρες ντίζελ, όμως συνήθως μόνο σε καταστάσεις ανάγκης (Fangrui M., Hanna A., 1999). Τα τελευταία χρόνια, η συνεχής αύξηση της τιμής του αργού πετρελαίου, οι περιορισμένοι πόροι του, καθώς και η ανησυχία για τις αρνητικές περιβαλλοντικές του επιπτώσεις κάνουν τις κοινωνίες να επικεντρώνονται και πάλι στην αξιοποίηση των βιοκαυσίμων.

## Πρώτες ύλες για παραγωγή Βιοντίζελ

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του βιοντίζελ είναι τα φυτικά έλαια, τα ζωικά λίπη και τα ανακυκλωμένα λίπη. Τα έλαια και τα λίπη αυτά αποτελούνται από ένα σύνθετο μίγμα τριγλυκεριδίων και άλλων δευτερευόντων συστατικών όπως τα ελεύθερα λιπαρά οξέα. Η χρήση των μιγμάτων αυτών απευθείας σε κινητήρες ντίζελ περιορίζεται λόγω κάποιων εκ των φυσικών τους ιδιοτήτων, με σημαντικότερο το ιξώδες τους που είναι 10 φορές μεγαλύτερο από το ιξώδες του πετρελαίου ντίζελ. Έτσι, κατά τη χρήση τους σε κινητήρες, το μεγάλο ιξώδες έχει σαν συνέπεια την ατελή καύση, την εναπόθεση άνθρακα στους εγχυτήρες, και τη συσσώρευση καυσίμου στα λιπαντικά έλαια, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή υποβάθμιση του κινητήρα (Καραμήτρου, 2012). Για το λόγο αυτό τα φυτικά έλαια και λίπη προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στους κινητήρες είναι απολύτως απαραίτητο να υπόκεινται σε επεξεργασία μείωσης του ιξώδους τους.

## Πλεονεκτήματα–Μειονεκτήματα Βιοντίζελ

### Πλεονεκτήματα βιοντίζελ

- ✓ Το βιοντίζελ είναι προϊόν ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βιοαποδομήσιμο και μη τοξικό καύσιμο. Δεν επιβαρύνει με CO<sub>2</sub> την ατμόσφαιρα, καθώς το CO<sub>2</sub> που παράγεται κατά την καύση του ισοδυναμεί με την ποσότητα που απορροφάται από το φυτό κατά τη φωτοσύνθεση. Επιπλέον, η καύση 1 kg πετρελαϊκού ντίζελ αποδίδει 2.6kg CO<sub>2</sub>, ενώ για το βιοντίζελ η αναλογία είναι 1kg CO<sub>2</sub>/1kg βιοντίζελ.
- ✓ Το βιοντίζελ εκλύει κατά την καύση του λιγότερους ρύπους στο περιβάλλον σε σχέση με το πετρελαϊκό ντίζελ. Στο παρακάτω Γράφημα 4.3 παρουσιάζονται τα ποσοστά μείωσης για τους ρύπους: διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), αιθάλη (soot), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες (HC), πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAC) και αρωματικούς (aromatics).

- ✓ Το βιοντίζελ έχει παρόμοιες φυσικές και χημικές ιδιότητες με το πετρελαϊκό ντίζελ, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχει και καλύτερα χαρακτηριστικά από αυτό, όπως υψηλότερο σημείο ανάφλεξης, που το κάνει ασφαλέστερο στη χρήση του και ο μεγαλύτερος αριθμός κετανίου (Μπαράκος, 2012). Ο μεγαλύτερος αριθμός κετανίου αντισταθμίζει το γεγονός ότι κατά την καύση του βιοντίζελ απελευθερώνεται ενέργεια λίγο μικρότερη από αυτήν που απελευθερώνει το πετρελαϊκό ντίζελ. Επομένως, η απόδοση ενός πετρελαιοκινητήρα που κινείται με καθαρό βιοντίζελ κυμαίνεται τουλάχιστον στα επίπεδα του συμβατικού ντίζελ. Επίσης, το βιοντίζελ είναι κατάλληλο για τους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες, όπου δεν χρειάζεται να γίνει σχεδόν καμία μετατροπή ακόμα και αν χρησιμοποιηθεί αμιγές βιοντίζελ(Μπαράκος, 2012).
- ✓ Το βιοντίζελ έχει ως καύσιμο μεγάλη λιπαντική ικανότητα, λόγω του υψηλού ποσοστού οξυγόνου που περιέχει (πάνω από 10% σε σύγκριση με το πετρελαϊκό ντίζελ), γεγονός που αυξάνει τη λειτουργική απόδοση του κινητήρα. Επιπλέον, το οξυγόνο αυτό καθιστά την καύση λιγότερο ατελή.
- ✓ Το βιοντίζελ μπορεί να παραχθεί σε όλες τις χώρες του κόσμου. Μειώνει έτσι την εξάρτηση από τις εισαγωγές καυσίμων, αυξάνοντας την ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

### **Μειονεκτήματα βιοντίζελ**

- ✓ Το βιοντίζελ έχει υψηλό κόστος σε σχέση με το συμβατικό ντίζελ.
- ✓ Η καύση του βιοντίζελ αυξάνει σε μικρό ποσοστό (0-10%) τις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NOx) σε σχέση με το συμβατικό ντίζελ(Hoekman S.K., Robbins C. , 2012).
- ✓ Το ιξώδες του βιοντίζελ είναι μεγαλύτερο από του συμβατικού ντίζελ.

- ✓ Το βιοντίζελ έχει θερμογόνο δύναμη κατά 6% περίπου μικρότερη σε σχέση με αυτή του πετρελαϊκού ντίζελ.
  
- ✓ Υπάρχουν περιπτώσεις όπου προκαλείται η καταστροφή οικοσυστημάτων προκειμένου να καλλιεργηθούν φθηνά τροπικά ελαιούχα φυτά, όπως π.χ. το φοινικέλαιο.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τις μεθόδους της χωρικής συσχέτισης μπορούμε να έχουμε μια ικανοποιητική εικόνα για τις συγκεντρώσεις μιας εξεταζόμενης ποσότητας και τον συσχετισμό της με άλλες ποσότητες.

Παρατηρήσαμε επίσης, διαφορές οι οποίες βασίζονται στην γεωμορφολογική ιδιαιτερότητα της χώρας (νησιά, βουνά κλπ).

Στη συνέχεια, είδαμε ότι οι ποσότητες των αποβλήτων ελαίων ΗΟ, είναι πολύ σημαντικές και η επεξεργασία και μετατροπή τους σε βιοντίζελ ή πράσινο ντίζελ, θα έλυνε σημαντικά προβλήματα, τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά.

Τέλος, όπως είδαμε, τα απόβλητα έλαια παράγονται σε εκατοντάδες χιλιάδες σημεία σε όλη τη χώρα. Με τα απαραίτητα στοιχεία, τις χωρικές αναλύσεις και τους δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης, είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε τα σημεία της ελληνικής επικράτειας στα οποία θα μπορέσουν να δημιουργηθούν τα κέντρα αυτά έτσι ώστε το κόστος παραγωγής του βιοντίζελ να είναι το ελάχιστο δυνατό, απαλλαγμένο από μεγάλα μεταφορικά κόστη. Η ανάπτυξη και βελτιστοποίηση του προσδιορισμού των σημείων συλλογής και επεξεργασίας πιστεύουμε ότι θα απλοποιηθούν με τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dorling, D., Barford, A., & Newman, M. (2006). Worldmapper: the world as you've never seen it before, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 12(5), 757-764.
2. Gastner, M.T., & Newman, M. E. J. (2004). Diffusion-based method for producing density equalizing maps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 7499-7504.
3. Gleeson, J., Kitchin, R., Bartley, B., Driscoll, J., Foley, R., Fotheringham, S., & Lloyd, C. (2008). *The Atlas of the Island of Ireland: Mapping Social and Economic Change*. All Island Regional Observatory/International Centre of Local and Regional.
4. Tobler, W. R. (1963). Geographic Area and Map Projections. *The Geographical Review*, 53, 59-78.
5. Tobler, W. R. (2004). Thirty-five Years of Computer Cartograms. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(1), 58-73.
6. Tufte E.R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire, CT: Graphics Press.
7. Webb, R. (2006). Cartography: A popular perspective. *Nature*, 439, 800.
8. Fotheringham, A.S., Brunson, C., & Charlton, M. (2000). *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis*. London: SAGE Publications.
9. Johnston, R.J., Gregory, D., Pratt, G., & Watts, M. (2000). *The Dictionary of Human Geography*, 4th Edition. Oxford: Blackwell Publishers Ltd.
10. <http://www.cea.org.cy/Legislation.html> (10/11/2014)
11. [www.moa.gov.cy/environment](http://www.moa.gov.cy/environment) (10/12/2014)
12. <http://www.cys.org.cy> (30/11/2014)
13. [http://www.energiesrenouvelables.org/observer/stat\\_baro/observ/baro22\\_en.pdf](http://www.energiesrenouvelables.org/observer/stat_baro/observ/baro22_en.pdf) (15/01/2015)
14. <http://www.ebb-eu.org> 12/01/2015
15. <http://www.agroenergy.gr> (20/11/2014)
16. ΦΕΚ 87Α (2010). Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης.
17. Σέντας, Π. (2007). Στατιστικά Μοντέλα Ανάλυσης και Εκτίμησης Δεδομένων Διοίκησης Λογισμικού. Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Πληροφορικής. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
18. Μπαράκος, Ν. (2012). Παραγωγή Βιοντίζελ από Φυτικά Έλαια με χρήση Ετερογενών Καταλυτών. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Χημικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
19. Εφημερίς της Κυβερνήσεως, (13 Αυγούστου 2014). Αριθ. Δ1/Α/οικ.13316
20. Γκρικέμης, Δ. (2014). Πειραματική διερεύνηση της αεριοποίησης αγροτικών υπολειμμάτων σε σχέση με την ξυλώδη βιομάζα σε ρευστοποιημένη κλίση και ανάλυση της επίδρασης του πυρωμένου ολιβίνη στη διεργασία. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
21. Καλογήρου, Σ., Γεωργάνος, Σ. & Μπουντζουκλής, Χ. (2013). Εφαρμογές Χωρικής Ανάλυσης με το Στατιστικό Πακέτο R: Η επίδραση της εγκληματικότητας στις αξίες ακινήτων. Αθήνα: Σταμάτης Καλογήρου.

22. Καλογήρου, Σ. (2015). Διδακτικές σημειώσεις του μαθήματος Ανάπτυξη Εφαρμογών Γεωπληροφορικής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΙΝΑΚΕΣ

- 1.1. Πίνακας γειννίασης δήμων Καλλικράτη με βάση τους τέσσερις κοντινότερους γείτονες.
- 1.2. Ιδιότητες αποβλήτων μαγειρικών ελαίων.
- 1.3. Επιλογές μεγέθους αντιδραστήρα και αριθμών κύκλων διεργασιών.
- 1.4. Ποσοστά πρώτων υλών.
- 1.5. Τρόποι συλλογής και μεταφοράς.
- 1.6. Λειτουργικά έξοδα παραγωγής βιοντίζελ.
- 1.7. Συνολικά έξοδα μεταφοράς και επεξεργασίας.
- 1.8. Καθαρά έσοδα πρώτης ύλης/ λίτρο.
- 1.9. Εκτιμώμενη ποσότητα αποβλήτων μαγειρικών ελαίων που διατέθηκαν στο αποχετευτικό δίκτυο για τις 7 μεγαλύτερες πόλεις στην Ελλάδα.



## ΣΧΗΜΑΤΑ

- 1.1 Βασική έννοια Σ.Γ.Π.
- 1.2 Η έκδοση του E. W. Gilbert (1958) του χάρτη του John Snow του 1855 για το ξέσπασμα της χολέρας του Σόχο που δείχνει τα σμήνη των περιπτώσεων χολέρας στην επιδημία του Λονδίνου του 1854.
- 1.3 Roger Tominson, father of GIS.
- 1.4 Τα συστατικά μέρη ενός συστήματος GIS.
- 1.5 Παράδειγμα υπολογισμού υπεδάφιας δομής. Η πλάκα Farallon όπως προσδιορίστηκε από την NASA.
- 1.6 Προσδιορισμός ενός υδροκρίτη (water head) και της λεκάνης απορροής στο νησί Καουάι στον Ειρηνικό Ωκεανό (νησιά Χαβάης) με τη βοήθεια GIS.
- 1.7 Γραφικό περιβάλλον των λογισμικών GIS που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Επάνω το λογισμικό GeoDA και κάτω το περιβάλλον του QGIS.
- 1.8 Θετική χωρική αυτοσυσχέτιση.
- 1.9 Αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση.
- 1.10 Απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης.
- 1.11 Χάρτης διανυσματικών δεδομένων στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας.
- 1.12 Χάρτης Αρχιτεκτονικής της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης- Πρόγραμμα Καλλικράτης.
- 1.13 Εισαγωγή δεδομένων στο GeoDa.
- 1.14 Μενού υπολογισμού βαρών.
- 1.15 Παράθυρο υπολογισμού βαρών.
- 1.16 Ποσότητες και ποσοστά αναγέννησης συλλεχθέντων Α.Λ.Ε. συνολικά για την περίοδο 2004- 2018.
- 1.17 Ποσότητες και ποσοστά συλλογής Α.Λ.Ε. συνολικά για την περίοδο 2004- 2018.
- 1.18 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδων συλλογής.
- 1.19 Μέθοδοι μετεστερεοποίησης μαγειρικών ελαίων σε βιοντίζελ.
- 1.20 Διάγραμμα συλλογής τηγανελαίων πόρτα- πόρτα.
- 1.21 Διάγραμμα συλλογής τηγανελαίων σε σημεία δυγκέντρωσης.
- 1.22 Διάγραμμα συλλογής τηγανελαίων ανά μονάδα επεξεργασίας.
- 1.23 Γεωγραφική εξάπλωση οικιακών ελαίων ανά την Ελλάδα.
- 1.24 Τοπικός δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran's I για τα οικιακά έλαια.
- 1.25 Τοπικοί δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης Geary's C (δεξιά) και Getis G (αριστερά) για οικιακά έλαια.
- 1.26 Δείκτης συσχέτισης Moran's I μεταξύ των τιμών WCO και HO.
- 1.27 Τριπλή συσχέτιση HO (x), WCO (y), εισοδήματος (z).
- 1.28 Ετικέτα συσκευασίας βρώσιμων ελαίων.
- 1.29 Αναπαράσταση παραδοσιακού μοντέλου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.
- 1.30 Ποσοστά συμμετοχής ενεργειακών πηγών στην παγκόσμια παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας για το 2008.
- 1.31 Κατανομή της ενέργειας από τις ΑΠΕ στην ΕΕ για τα έτη 2010-2020
- 1.32 Μέθοδοι θερμοχημικής μετατροπής βιομάζας.