



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μεταβολές των χρήσεων γης και της εδαφικής κάλυψης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη και επιπτώσεις στα πλημμυρικά φαινόμενα»

Σοφία Χ. Αναγνωστοπούλου
Περιβαλλοντολόγος Π.Ε

ΒΟΛΟΣ 2022



UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF
ICHTHYOLOGY &
AQUATIC ENVIRONMENT



POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

**« Land use- Land cover variation in the catchment area and flood
effects of river Kalentzis»**

Sophia Ch. Anagnostopoulou
Environmentalist P.E

VOLOS 2022

**«Μεταβολές των χρήσεων γης και της εδαφικής κάλυψης στη λεκάνη απορροής
του ποταμού Καλέντζη και επιπτώσεις στα πλημμυρικά φαινόμενα»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) **Ευαγγελία Φαρσιρώτου**, Καθηγήτρια, Υδροδυναμικά και αντιπλημμυρικά Έργα, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπουσα*,
- 2) **Άρης Ψιλοβίκος**, Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*,
- 3) **Σπυρίδων Κωτσόπουλος**, Καθηγητής, Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*

Αφιερωμένο
στον αγαπημένο μου σύζυγο Δημήτρη και
στην πολυαγαπημένη μονάκριβη μου
κόρη Κωνσταντίνα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες, σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής μεταπτυχιακής εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας μου κ. Ευαγγελία Φαρσιρώτου, Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την αποδοχή της επίβλεψης της μεταπτυχιακής μου εργασίας, καθώς για την καθοδήγηση και υποστήριξη καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσής της. Η ανταπόκρισή της και η προθυμία της να αφιερώσει χρόνο στην προσπάθειά μου ήταν πάντα άμεση και ουσιαστική. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Άρη Ψιλοβίκο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και τον κ. Σπυρίδωνα Κωτσόπουλο, Καθηγητή του Τμήματος Συστημάτων Ενέργειας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, μέλη της Τριμελούς Επιτροπής για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν για την αξιολόγηση της παρούσας εργασίας αλλά και τις χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις τους.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στο διδάκτορα κ. Δημήτριο Μαλαματάρη για τη σημαντική υποστήριξη που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και ιδιαίτερα στο σύζυγό μου Δημήτρη, που πιστεύει σε μένα και υποστηρίζει σθεναρά την κάθε μου προσπάθεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιματική αλλαγή και η καταστροφή του περιβάλλοντος αποτελούν σημαντικά προβλήματα της σύγχρονης εποχής σε παγκόσμιο επίπεδο. Κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών, οι παγκόσμιες περιβαλλοντικές αλλαγές αναμένεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις οικολογικές, κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές πτυχές της ανθρωπότητας. Οι οικολογικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν αλλαγές στη βιοποικιλότητα, την παραγωγικότητα, τις χρήσεις γης και τη βιωσιμότητα. Οι αιτίες της κλιματικής αλλαγής οφείλονται σε σημαντικό βαθμό στις σχέσεις του ανθρώπου με τη φύση. Οι άνθρωποι επιδιώκουν ατέρμονη ανάπτυξη χρησιμοποιώντας αλόγιστους τρόπους που ζημιώνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον..

Το γεγονός αυτό καθιστά απαραίτητη την ανάγκη παρακολούθησης και ανίχνευσης των μεταβολών που συντελούνται στη γήινη επιφάνεια διαχρονικά, τόσο σε σχήμα αλλά και σε μέγεθος των αλλαγών κάλυψης και χρήσης της γης, με στόχο τον εντοπισμό των αιτιών που προκάλεσαν τις πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον, την εκτίμηση των επιπτώσεων και τέλος στη χάραξη στρατηγικού σχεδιασμού στο πλαίσιο της διατήρησης και αειφορίας των φυσικών πόρων

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση των αλλαγών στην κάλυψη/χρήση της γης λόγω φυσικών διεργασιών και ανθρωπογενών επεμβάσεων, στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας καθώς και των μεταβολών που συντελέστηκαν στο πέρασμα των χρόνων, στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη, της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Επιπλέον, με τη βοήθεια του λογισμικού Terrset το οποίο αναπτύχθηκε για πρώτη φορά το 1987 από τον καθηγητή J. Ronald Eastman του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Clark, πραγματοποιήθηκε πρόβλεψη της μεταβολής της κάλυψης/χρήσης γης, στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη για τα έτη 2030 και 2050. Το λογισμικό διαθέτει μια εκτεταμένη σειρά εργαλείων για την αξιολόγηση και την πρόβλεψη της αλλαγής της κάλυψης γης και τον προσδιορισμό των επιπτώσεων της αλλαγής στην οικολογική βιωσιμότητα. Η διεπαφή του λογισμικού είναι διαδοχικά οργανωμένη γύρω από σημαντικούς τομείς εργασιών όπως ανάλυση της αλλαγής της κάλυψης γης στο παρελθόν, μοντελοποίηση των δυνατοτήτων για μεταβάσεις της γης, πρόβλεψη της πορείας της αλλαγής στο μέλλον, αξιολόγηση των επιπτώσεων της αλλαγής στη βιοποικιλότητα και αξιολόγηση των παρεμβάσεων σχεδιασμού για τη

διατήρηση της οικολογικής βιωσιμότητας. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης επιβεβαιώνουν το σενάριο της ταχείας αστικής εξάπλωσης σε βάρος της γεωργικής γης, που αποτελεί μία από τις κύριες αιτίες για την υποβάθμιση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των σύγχρονων πόλεων.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν τα πολύγωνα κάλυψης του αναρτημένου δασικού χάρτη για τον υπολογισμό της κάλυψης γης από το 1945 έως το 2007_2009, όπως αυτά εμφανίζονται στους ιστορικούς (1945) αλλά και τους πρόσφατους ορθοφωτοχάρτες (2007-2009). Η χαρτογράφηση των δασικών και των άλλων κατηγοριών κάλυψης γης της περιοχής μελέτης, πραγματοποιήθηκε από τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάρτηση των δασικών χαρτών της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, στο πλαίσιο της συνταγματικής υποχρέωσης σύνταξης του δασικού κτηματολογίου – δασολογίου. Στην επίτευξη του παραπάνω σκοπού χρησιμοποιήθηκαν και οι χάρτες Corine σε μορφή διανυσματικών αρχείων (vector) καθώς και σε μορφή ψηφιακών αρχείων (raster) ανάλυσης 100x100 μέτρων και αφορούν την επιφάνεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις χρονολογίες 1990, 2012. Γενικότερα, ο συνδυασμός σύγχρονων τεχνολογιών και μέσων, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), η τηλεπισκόπηση και παλιότερες μέθοδοι όπως οι διαχρονικές σειρές αεροφωτογραφιών, έχει αποδειχθεί σημαντικό εργαλείο για την χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης, με στόχο την ποσοτική και ποιοτική αποτίμηση των αλλαγών.

Λέξεις κλειδιά: Κάλυψη/χρήση γης, χάρτες Corine, Δασικός Χάρτης, Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών (GIS), Λεκάνη απορροής, λογισμικό Terrset

ABSTRACT

Climate change and the destruction of the environment are major problems of the modern age worldwide. Over the coming decades, global ecological change is expected to have a significant impact on the ecological, social, economic and political aspects of humanity. Ecological impacts include changes in biodiversity, productivity, migration and sustainability. The causes of climate change are largely due to man's relationship with nature. Humans seek endless growth using irrational ways that irreparably damage the environment.

This fact necessitates the need to monitor and detect changes that occur on the earth's surface over time, both in shape and size of land cover and land use changes, in order to identify the causes that caused the pressures on the natural environment, the assessment impact and end to strategic planning in the context of conservation and sustainability of natural resources. The purpose of the present study is to investigate the changes in land cover / use due to natural processes and anthropogenic interventions in the Karditsa Regional Unit as well as the changes that have taken place over the years, in the catchment area of the river Kalentzis, the Regional with the help of Geographic Information Systems. In addition, with the help of Terrset software first developed in 1987 by Professor J. Ronald Eastman of the Department of Geography at Clark University, a prediction of land cover change in the Kalentzi River Basin for 2030 was made. and 2050. The software has an extensive set of tools for assessing and predicting land cover change and determining the impact of change on ecological sustainability. The software interface is sequentially organized around important areas of work such as analyzing past land cover change, modeling opportunities for land transitions, predicting future change course, assessing the impact of biodiversity change, and evaluating design interventions. to maintain ecological sustainability. The results of the modeling confirm the scenario of rapid urbanization to the detriment of agricultural land, which is one of the main reasons for the deterioration of the environmental sustainability of modern cities. Initially, the coverage polygons of the posted forest map were used to calculate the land cover from 1945 to 2007_2009, as they appear in the historical (1945) and recent orthophoto maps (2007-2009). The mapping of the forest and other land cover categories of the study area was carried out from the data that emerged from the posting of the forest maps of the Regional Unit of Karditsa, in the

context of the constitutional obligation to compile the forest cadastre - forest register. To achieve the above purpose, Corine maps were used in the form of vector files (vector) as well as in the form of digital files (raster) with a resolution of 100x100 meters and concern the surface of the European Union for the years 1990, 2012. In general, the combination of modern technologies and instruments such as Geographic Information Systems (G.I.S), remote sensing and older methods such as time series of aerial photographs, has proven to be an important tool for mapping the study area, with the aim of quantitatively and qualitatively evaluating changes.

Keywords: Land change/land cover, Corine maps, Forest map, Geographic Information Systems (G.I.S), Catchment area, Terrset software

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
1.1 Έννοιες χρήσεις γης και κάλυψη γης.....	3
1.2 Αιτίες μεταβολών στις χρήσεις/καλύψεις γης	5
1.3 Μέθοδοι παρακολούθηση των αλλαγών χρήσεων/καλύψεων γης.....	7
2. Η περιοχή μελέτης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας	9
2.1 Γενικά.....	9
2.2 Ανάγλυφο περιοχής.....	9
2.3 Γεωλογία της περιοχής μελέτης	11
2.4 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.....	13
2.5 Μετεωρολογικά – κλιματολογικά στοιχεία.....	15
2.6 Ο χωρικός σχεδιασμός στην περιφερειακή ενότητα Καρδίτσας και οι ζώνες προστατευόμενων περιοχών.	18
2.7 Δημογραφικά και Οικονομικά Δεδομένα της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας.....	21
2.7.1 Δημογραφική Εξέλιξη	21
2.7.2 Οικονομικά Δεδομένα	23
3. Το Πρόγραμμα Corine	25
3.1 Πρόγραμμα Corine Land Cover	26
3.2 Το Πρόγραμμα Corine Land Cover στην Ελλάδα	28
3.3 Υλικά και Μέθοδοι	33
3.3.1 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων	33
3.3.2 Ταξινόμηση 3 ^{ου} επιπέδου κάλυψης Corine land cover (CLC).....	34
3.3.3 Ταξινόμηση 1 ^{ου} επιπέδου κάλυψης Corine land cover (CLC).....	44
3.4 Υπολογισμός των συστάδων (number of patches)	51
3.5 Αποτελέσματα - Συζήτηση.....	55
4. Δασικοί Χάρτες.....	59
4.1 Η σημασία του Δάσους	59
4.2 Ορισμός Δάσους και Δασικού Χάρτη.....	59
4.3 Κατάρτιση Δασικών Χαρτών.....	60
4.4 Κατηγορίες μορφής – κάλυψης πολυγώνων Δασικού Χάρτη.....	61
4.5 Τα πολύγωνα των αναρτημένων Δασικών Χαρτών στην περιοχή μελέτης. 63	

4.6 Μεθοδολογία επεξεργασίας των πολυγώνων του Δασικού Χάρτη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας	66
4.7 Συμπεράσματα –Συζήτηση	72
5. Γεωμορφολογική ανάλυση της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη	76
5.1 Γενικά	76
5.2 Η Λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη	76
5.3 Ανάλυση αναγλύφου	80
5.3.1 Κατανομή κλίσεων αναγλύφου	81
5.3.2 Έκθεση ή προσανατολισμός εδάφους	83
5.3.3 Σκίαση αναγλύφου	84
5.3.4 Υπολογισμός Υδρογραφικού Δικτύου	85
5.3.5 Μεταβολή χρήσεων γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη	87
6. Πρόβλεψη των αλλαγών κάλυψης /χρήσης γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη της περιφερειακής ενότητας Καρδίτσας, με χρήση του λογισμικού γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών Terrset για τα έτη 2030, 2050	91
6.1 Μοντέλα μεταβολών χρήσεων γης Land Use Land Cover (LULC)	91
6.2 Το μοντέλο TerrSet	93
6.3 Περιοχή Μελέτης	96
6.4 Υλικά και προετοιμασία των δεδομένων εισαγωγής στο μοντέλο πρόβλεψης	99
6.5 Το μοντέλο αλλαγής της κάλυψης γης (Land Change Modeler)	103
6.6 Επικύρωση του μοντέλου πρόβλεψης	118
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	121
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	126

1. Εισαγωγή

Η διερεύνηση της εξέλιξης των χρήσεων γης κατά τη διάρκεια του χρόνου κρίνεται πολύ σημαντική για την διατήρηση και την αειφορία ενός οικοσυστήματος. Τις τελευταίες δεκαετίες στο όνομα της οικονομικής ανάπτυξης, το περιβάλλον έχει υποστεί σημαντικές πιέσεις. Ως εκ τούτου με την πάροδο των χρόνων έχουν συντελεστεί αρκετές αλλαγές στις χρήσεις ή στην κάλυψη γης ενός τόπου.

Η προστασία των φυσικών πόρων είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ισορροπίας κάθε οικοσυστήματος. Η καταστροφή των φυσικών πόρων μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένης της διάβρωσης του εδάφους και της αυξημένης απορροής. Τα χαρακτηριστικά της κάλυψης της γης είναι μέρος της ισορροπίας του οικοσυστήματος και οποιεσδήποτε περιβαλλοντικές αλλαγές που τα επηρεάζουν αξίζει να μελετηθούν (Di Palma et al 2016).

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, είναι αρχικά η διερεύνηση των μεταβολών των χρήσεων γης καθώς και του ανθρωπογενούς και φυσικού περιβάλλοντος στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας και οι επιπτώσεις σε μια λεκάνη απορροής κατά την διάρκεια της χρονικής περιόδου 1945 έως και 2012. Επιπλέον με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού πραγματοποιείται πρόβλεψη της μεταβολής της κάλυψης/χρήσης γης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας για τα έτη 2030, 2050. Η αποτίμηση της επιφάνειας των κατηγοριών κάλυψης/χρήσεων του εδάφους που οφείλονται στον ανθρωπογενή ή φυσικό κατακερματισμό του τοπίου, αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη δημιουργία ενός ενημερωμένου στρατηγικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού. Στην Ελλάδα, τις τελευταίες δεκαετίες, η επιτάχυνση ενός αστικοποιημένου τρόπου κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης απειλεί τους φυσικούς πόρους οι οποίοι αξιοποιούνται εντατικά και το χαρακτήρα του τοπίου.

Για το λόγο αυτό, κρίνεται σημαντική η δυνατότητα μελλοντικής πρόβλεψης της εξέλιξης της κάλυψης/χρήσης γης, με τη χρήση των σύγχρονων μεθόδων και λογισμικών που έχουν αναπτυχθεί όπως το μοντέλο Terrset το οποίο χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την εφαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης των μεταβολών της περιοχή μελέτης, θα είναι χρήσιμα για την ανάπτυξη κατάλληλου στρατηγικού σχεδίου βιώσιμης ανάπτυξης και διαχείρισης των εδαφικών και των υδάτινων πόρων της περιοχής στο μέλλον.

Τα τοπία εμπεριέχουν πολλαπλές διαστάσεις καθώς συνιστούν το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων. (Tsilimigkas et al 2014). Αποτελούν μέρος της φυσικής πολιτιστικής κληρονομιάς και σημαντικό στοιχείο της ποιότητας της ζωής. Επιπλέον, διερευνάται η διαφορετική προσέγγιση των μεθόδων χαρτογράφησης εκτάσεων που οδηγούν συχνά σε διαφορετικές εκτιμήσεις της φυτοκάλυψης της γης και των χαρακτηριστικών τους. Το φαινόμενο αυτό συναντάται κυρίως στα Μεσογειακά οικοσυστήματα και οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο ερμηνείας και προσδιορισμού των εννοιών του δάσους και της δασικής έκτασης, στο πολύπλοκο ιδιοκτησιακό καθεστώς, στις διαφορετικές χρήσεις γης, στην ποικιλομορφία της βλάστησης, στο μωσαϊκό των ενδιαιτημάτων και των ανθρωπογενών τοπίων και συχνά στην εποχιακή μεταβολή των χρήσεων γης (Grove et al 2001). Η διακύμανση κοινωνικών, οικονομικών, πολιτισμικών και παραδοσιακών παραγόντων αλληλεπιδρά προκαλώντας διαφοροποιήσεις που συμβαίνουν διαχρονικά στις χρήσεις γης, (Turner et al., 1991). Από την αλλαγή της κάλυψης/χρήσης γης είναι δυνατόν να επηρεαστούν αρκετές διεργασίες των φυσικών οικοσυστημάτων, όπως για παράδειγμα ο υδρογεωλογικός κύκλος ή η βιοποικιλότητα μιας περιοχής.

Πρόσφατα, η διαδικασία της αλλαγής της κάλυψης/χρήσης γης, σε τοπική και περιφερειακή κλίμακα έχει αρχίσει να ενδιαφέρει τους ερευνητές, οι οποίοι πιστεύουν ότι η ανάλυση των χωρικών προτύπων αποκαλύπτει τη σχέση μεταξύ της ανθρώπινης δραστηριότητας και της αλλαγής των χρήσεων γης. Η αύξηση του πληθυσμού και η αστικοποίηση οδηγούν σε εσωτερική αστική ανάπτυξη (εντατικοποίηση) και εξωτερική αστική ανάπτυξη (εξάπλωση), καθώς και σε ποικίλα κοινωνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με την πόλη (Sexton et al., 2013). Στις μέρες μας, η αλλαγή της κάλυψης/χρήσης γης, μπορεί αποτελεσματικά να παρακολουθείται και να ανιχνεύεται με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών GIS (Geographic Information System) και τεχνολογίες τηλεπισκόπησης RS (Remote Sensing). Το μοντέλο Markov σε συνδυασμό με τα κυψελοειδή αυτόματα CA (Cellular Automata) που είναι ενσωματωμένα στο Terrset, αποτελούν μια τεχνική χωρικής μοντελοποίησης που χρησιμοποιείται ευρέως για την προσομοίωση και την πρόβλεψη της αλλαγής των μεταβολών στην κάλυψη γης, αναπαριστώντας την κατεύθυνση της αλλαγής και προσφέροντας ένα πλαίσιο για την εξέταση της μελλοντικής ζήτησης χρήσεων γης. Στόχος του Μοντέλου Αλλαγής της Γης LCM (Land Change Modeller)

του λογισμικού TerrSet, είναι η οπτικοποίηση της αλλαγής και η μοντελοποίηση σεναρίων ανάπτυξης. Η κατανόηση της δυναμικής της αλλαγής της κάλυψης /χρήσης γης και των παραγόντων που ευθύνονται για την αλλαγή αυτή είναι ζωτικής σημασίας για τη μοντελοποίηση των μεταβολών με στόχο την υποστήριξη βιώσιμων και ισχυρών πολιτικών αποφάσεων και στρατηγικών (Munthali et al., 2019). Έτσι λοιπόν, είναι πολύ σημαντικό να διερευνηθεί και να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται η κάλυψη και οι χρήσεις γης μια περιοχής διαχρονικά.

1.1 Έννοιες χρήσεις γης και κάλυψη γης

Η γη (Land) είναι ο βασικός φυσικός πόρος της ανθρωπότητας. Σε όλη την έκταση της ιστορίας, ο άνθρωπος έχει αντλήσει το μεγαλύτερο μέρος των πόρων για την επιβίωσή του από τη γη. Έτσι, η γη, σύμφωνα με τον Mather (1986, 1992) συνιστά φυσικό πόρο αλλά και το βασικό υπόβαθρο προσφοράς πόρων που είναι απαραίτητοι για την επιβίωση του ανθρώπου (Κουτσογιάννη 2020). Η παροχή ενός ευρέως φάσματος υπηρεσιών που προέρχονται από τη γη, εμπεριέχει τη δυνατότητα εμφάνισης διαφορετικών χρήσεων που απορρέουν από τα διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά της, όπως η γεωργική εκμετάλλευση, η βόσκηση και εξόρυξη ορυκτών, η δέσμευση χώρων για εγκατάσταση βιομηχανίας και τουρισμού, ακόμη και δημιουργία κατοικιών. Ο συνηθέστερος τρόπος κατηγοριοποίησης της γης, πραγματοποιείται σύμφωνα με τη χρησιμότητά της. Έτσι η γη μπορεί να θεωρηθεί ένα δυναμικό οικοσύστημα εντός του οποίου δημιουργούνται αλληλοεξαρτώμενες σχέσεις μεταξύ των διαφόρων οργανισμών που διαβιούν σε αυτό (Μπεριάτος κ.ά., 1994).

Τις τελευταίες δεκαετίες οι όροι «γη», «χρήσεις γης», «κάλυψη γης», απασχολούν τους επιστήμονες λόγω της εντατικοποίησης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που έχουν προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στα οικοσυστήματα της γης. Με τον όρο γη εννοούμε τις κλιματικές συνθήκες, την επιφάνεια του εδάφους, τη μορφή του ανάγλυφου, τα επιφανειακά ύδατα, τους φυτικούς και ζωικούς πληθυσμούς, τις αστικές εγκαταστάσεις και τα έργα από ανθρώπινες δραστηριότητες (FAO, 1995). Δύο παρόμοιες αλλά διακριτές έννοιες, που χρησιμοποιούνται συχνά για να περιγράψουν τη μεταβολή της επιφάνειας του εδάφους (Dimiyati et al., 1996) είναι η κάλυψη γης και η χρήση γης (Κορκοτσίδου 2020).

Ο όρος κάλυψη γης (Land Cover - LC) σχετίζεται με τα φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης, όπως οι οροσειρές, τα δάση, οι υδάτινες επιφάνειες όπως ποταμοί, οι λίμνες, αλλά και βραχώδεις σχηματισμοί και άγονες εκτάσεις, έρημοι κ.λ.π., συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα είναι τα κτήρια, οι δρόμοι και οι οικισμοί (Moser, 1996, Rawat et al, 2015). Η κάλυψη γης ορίζεται ως «η παρατηρούμενη βιοφυσική κάλυψη της γήινης επιφάνειας» (FAO, 2000).

Ο όρος χρήσεις γης (Land Use – LU) ορίζεται ως «μια σειρά ενεργειών, που συντελούνται στη γη από τους ανθρώπους, έχοντας ως σκοπό τη λήψη προϊόντων και ωφελειών μέσω της χρήσης των πόρων της γης» (FAO, 2000). Η έννοια των χρήσεων γης σχετίζεται άμεσα με τη μορφή εκμετάλλευσής της από τον άνθρωπο για την ικανοποίηση ποικίλων αναγκών του, οι οποίες είναι διατροφικές ανάγκες, ανάγκες στέγασης, αναψυχής, κάλυψης οικονομικών δραστηριοτήτων, ικανοποίηση πολιτιστικών, εκπαιδευτικών, θρησκευτικών και άλλων σκοπών. Ο Thrall (1987) ορίζει ως χρήση γης την «Επικρατούσα παρατηρηθείσα δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία». Ως παράδειγμα χρήσεων γης μπορούν να αναφερθούν οι αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, οι αστικές περιοχές, οι αθλητικοί χώροι, τα πάρκα, οι εμπορικές και βιομηχανικές περιοχές κ.λ.π.

Συνεπώς, οι χρήσεις γης υποδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τη γη, ενώ η κάλυψη της γης δείχνει τον φυσικό τύπο γης. Η διερεύνηση τόσο της χρήσης γης όσο και της κάλυψης γης μιας έκτασης, παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα μιας συγκεκριμένης περιοχής. Αυτά τα δεδομένα αποτελούν θεμελιώδες συστατικό για την κατανόηση των σχέσεων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ανθρώπινων και φυσικών φαινομένων με στόχο την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων (Lu et al., 2004). Οι αλλαγές στις χρήσεις γης και στην κάλυψη γης, όταν αθροίζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, επηρεάζουν σημαντικά βασικές πτυχές της λειτουργίας του συστήματος της γης, όπως τη βιοποικιλότητα (Sala et al., 2000) την τοπική και περιφερειακή κλιματική αλλαγή (Chase et al., 1999), ενώ αποτελούν σημαντική αιτία της υποβάθμισης του εδάφους (Tolba et al., 1992).

1.2 Αιτίες μεταβολών στις χρήσεις/καλύψεις γης

Τις τελευταίες δεκαετίες εξαιτίας των αλλαγών που υφίσταται το φυσικό τοπίο λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης, η συνεχής έρευνα και παρακολούθηση των αλλαγών κάλυψης γης/χρήσεων γης που συμβαίνουν σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα καθίσταται όλο και πιο απαραίτητη, κυρίως για περιβαλλοντικούς και οικονομικούς λόγους, (Lu et al., 2004). Έτσι, η αλλαγή των χρήσεων γης και της κάλυψης γης που προκαλείται από την εντατική κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη οδηγεί σε περιβαλλοντική υποβάθμιση (Grimm et al., 2008). Επιπλέον, η αλλαγή του δασικού τοπίου λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων οδηγεί σε αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την αλλαγή του κλίματος (Dewan et al., 2012). Εκτός από τους φυσικούς παράγοντες όπως, το κλίμα, το έδαφος, η υδρολογία (νερό) και η βλάστηση, ο ανθρώπινος παράγοντας διαδραματίζει το μεγαλύτερο ρόλο.

Οι αλλαγές της κάλυψης γης μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: τη μετατροπή και την τροποποίηση. Μετατροπή σημαίνει την πλήρη αντικατάσταση μιας κατηγορίας κάλυψης από μια άλλη κατηγορία κάλυψης (Turner, 1993 et al). Η αποψίλωση των δασών για παράδειγμα, είναι μια τυπική διαδικασία πλήρους μετατροπής δασικών εκτάσεων σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις (Nepstad et al., 2001). Οι τροποποιήσεις, αντίθετα, αναφέρονται σε διακριτές αλλαγές της κάλυψης γης, οι οποίες μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά (γνωρίσματα και ιδιότητες) της ταξινόμησης της κάλυψης γης, χωρίς να αναθεωρούν τη συνολική ταξινόμηση. Τυπικές διαδικασίες τροποποίησης είναι η αραίωση των δασών με επιλεκτική υλοτομία στην λεκάνη του Αμαζονίου (Nepstad et al., 1999) και η υπερβόσκηση βοσκοτόπων (Fuls, 1992). Επί του παρόντος, οι περισσότερες αλλαγές στην κάλυψη γης μπορούν να αποδοθούν στην ανθρώπινη χρήση (De Fries et al., 2004).

Οι ξαφνικές μεταβολές χρήσεων γης, κυρίως λόγω των πιέσεων για ανοικοδόμηση, ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων, η αλόγιστη εκμετάλλευση και κακή διαχείριση των φυσικών πόρων, αποτελούν βασικές αιτίες της υποβάθμισης των Μεσογειακών δασών. Η εξάπλωση της αστικοποίησης στα μεγάλα κέντρα της Ευρώπης συχνά σε βάρος της καλλιεργήσιμης γεωργικής γης, περιορίζει την πανίδα και τη χλωρίδα σε ολόενα και μικρότερες εκτάσεις, προκαλώντας αρνητικό αντίκτυπο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας (ΕΟΠ, 2019). Σύμφωνα με το Moghadam et al (2013)

μέχρι το 2050 περίπου το 72% του παγκόσμιου πληθυσμού θα κατοικεί σε πόλεις. Ο Thara et al (2010) επιβεβαίωσε ότι η αστική ανάπτυξη έχει ως συνέπεια τις αλλαγές στις χρήσεις γης, προκαλώντας αλληλεπιδράσεις μεταξύ κοινωνικών, πολιτικών, δημογραφικών και περιβαλλοντικών μεταβλητών.

Οι αλλαγές που συντελούνται στην κάλυψη/χρήσεις γης στην Ελλάδα τις τελευταίες δύο δεκαετίες, σύμφωνα με την «προσέγγιση των διαδρομών» που προτάθηκε από το Διονύσιο Μινέτο (2009), στο πλαίσιο της διδακτορικής του διατριβής είναι:

1) Μεταβολές αγροτικής γης σε αστική.

Εμφανίζονται στις παρυφές των πόλεων ως αποτέλεσμα της διαδικασίας της αστικής εξάπλωσης αλλά και στην ύπαιθρο κυρίως μέσω της αυθαίρετης και νόμιμης δόμησης εκτός πολεοδομικού σχεδιασμού. Στις ανωτέρω περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα έργα υποδομής, τα οποία σε πολλές συμβάλλουν στην ενίσχυση των αλλαγών των ανωτέρω περιπτώσεων.

2) Μεταβολές αγροτικής γης σε δασική.

Εμφανίζονται σε ορεινές περιοχές κυρίως λόγω εγκατάλειψης των καλλιεργειών, και σπάνια σε παράκτιες περιοχές, λόγω εγκατάλειψης της οριακής σε απόδοση αγροτικής γης.

3) Μεταβολές δασικής γης σε αγροτική.

Εμφανίζονται μέσω της εκχέρσωσης και της επέκτασης των αγροτικών καλλιεργειών.

4) Μεταβολές δασικής γης σε αστική.

Εμφανίζονται σε περιαστικές και ευρύτερα αγροτικές περιοχές, με αυθαίρετη κατασκευή και επέκταση ή δημιουργία νέων αναπτυξιακών υποδομών μέσω διοικητικών διαδικασιών που κινητοποιούν την έγκριση παρεμβάσεων σε δασικές εκτάσεις.

Ως εκ τούτου, είναι προφανές ότι η αλλαγή χρήσης γης αποτελεί ιδιαίτερη απειλή για το δασικό οικοσύστημα της χώρας μας. Η επέκταση της ανθρώπινης παρέμβασης σε δασικές περιοχές εντοπίζεται κυρίως σε περιοχές τουριστικού ενδιαφέροντος και υψηλής οικολογικής αξίας. Αρχικά, το δάσος υποβαθμίζεται σε περιοχές χαμηλής βλάστησης (λόγω διαφόρων παραγόντων, κυριαρχούν οι δασικές πυρκαγιές) και εντέλει καταλήγει σε καταπάτηση της γης.

Η WWF Ελλάς παρουσίασε μια ολοκληρωμένη μελέτη για την μεταβολή της κάλυψης του δασικού εδάφους στον Ελλαδικό χώρο, που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «Το μέλλον των Δασών» όπου χαρτογραφήθηκαν οι μεταβολές που σημειώθηκαν κατά τα τελευταία 20 χρόνια (1987 – 2007) στη δασική κάλυψη σε συγκεκριμένες περιοχές της χώρας μας. Από την έρευνα προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα τα οποία επαλήθευσαν τις σημαντικές πιέσεις που ασκεί η αστικοποίηση στο φυσικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, στις ορεινές περιοχές της χώρας λόγω μείωσης του ορεσίβιου πληθυσμού, παρατηρήθηκε επέκταση των δασών, ενώ αντιθέτως, στις πεδινές παρατηρήθηκε απώλεια δασών λόγω αυξημένων πιέσεων για μετατροπή της χρήσης τους σε αστικό ιστό (WWF Ελλάς, 2012).

1.3 Μέθοδοι παρακολούθηση των αλλαγών χρήσεων/καλύψεων γης

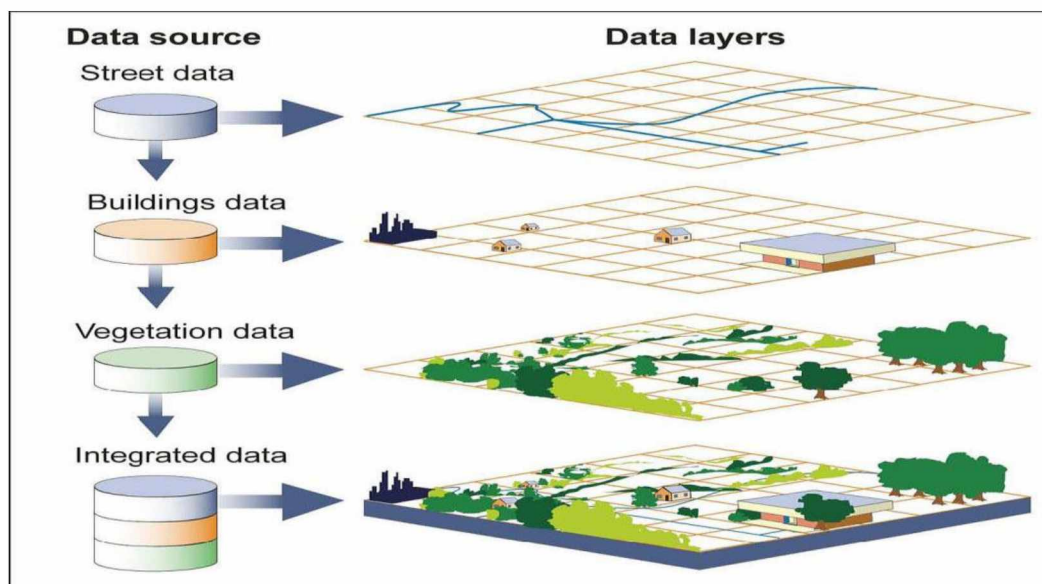
Η αλλαγή της κάλυψης/χρήσεων γης εξαιτίας της ανθρώπινης παρέμβασης είναι γνωστή εδώ και εκατοντάδες χρόνια. Ωστόσο, η ένταση, η έκταση και ο ρυθμός μεταβολής είναι εντονότερος τις δύο τελευταίες δεκαετίες (Psilonikos et al 2021). Ως εκ τούτου κρίνεται απαραίτητη η παρακολούθηση και χαρτογράφηση των μεταβολών που υφίσταται η επιφάνεια της γης, με στόχο τη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων αλλά και για την κατανόηση των παραγόντων αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με τα φυσικά φαινόμενα (Lu et al., 2004). Οποιοσδήποτε αλλαγές στη βιοφυσική κάλυψη της γης, είτε είναι ανθρωπογενείς είτε όχι, θα επηρεάζουν άμεσα τη βιοποικιλότητα, την πρωτογενή παραγωγή, τους υδάτινους πόρους (Elhag et al 2013), την ποιότητα του εδάφους, τους ρυθμούς απορροής και απόθεσης, καθώς και τις πηγές και αποδέκτες των περισσότερων ροών υλικών και ενέργειας (Turner, 1996).

Από τη διαχείριση δεδομένων κάλυψης και χρήσεων γης, μπορούν να καταγραφούν πληροφορίες για τον τρόπο, το χρόνο τη θέση και το ρυθμό που συμβαίνουν οι μεταβολές καθώς και για τις οικονομικές, κοινωνικές και φυσικές συνιστώσες που οδηγούν σε αυτές τις αλλαγές (Lambin, 1997). Αυτό καθιστά τη χαρτογράφηση των χρήσεων γης απαραίτητο διαχειριστικό εργαλείο τόσο σε διεθνές, όσο και σε εθνικό και τοπικό επίπεδο (Bankov, 1998).

Η ανάπτυξη σύγχρονων εργαλείων χαρτογραφίας και χωρικής ανάλυσης, όπως τα συστήματα τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), μας επιτρέπει να

επικεντρωθούμε στην ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων και τεχνολογιών για τη μελέτη περιβαλλοντικών θεμάτων και φαινομένων (Collins and Woodcock, 1996). Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός τηλεπισκόπησης και GIS είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την χωροχρονική ανάλυση δεδομένων (Burrough, 1991) και παρέχει χαμηλού κόστους και υψηλής ακρίβειας πληροφορίες για τη φύση της κάλυψης της βλάστησης και της αλλαγής χρήσης γης. Ο Ozemoy et al (1981) όρισαν το GIS ως ένα σύνολο αυτοματοποιημένων λειτουργιών που δύναται να παρέχει υψηλού επιπέδου δυνατότητα αποθήκευσης, ανάκτησης, επεξεργασίας και εμφάνισης δεδομένων γεωγραφικής θέσης.

Η τηλεπισκόπηση (Remote Sensing) είναι η διαδικασία ανίχνευσης και παρακολούθησης των φυσικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής η οποία υπολογίζει από απόσταση την ανακλώμενη και εκπεμπόμενη ακτινοβολία (συνήθως από δορυφόρο ή αεροσκάφος). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographic Information Systems -GIS), αποτελούν ένα πολυεπίπεδο πληροφοριακό σύστημα το οποίο μπορεί να διαχειρίζεται την ανάλυση και απόδοση γεωγραφικών δεδομένων, έχοντας σαν κύριο στόχο την υποστήριξη διαδικασιών λήψης αποφάσεων που σχετίζονται με το σχεδιασμό και τη διαχείριση περιβαλλοντικών θεμάτων (Ψιλοβίκος 2020). Στην εικόνα 1.1 παρουσιάζεται μια τυπική εφαρμογή θεματικών δεδομένων μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.



Source: GAO.

Εικόνα 1.1: Οπτική απεικόνιση των θεματικών δεδομένων σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ΓΣΠ/GIS). https://i0.wp.com/nobelssystemsblog.com/wp-content/uploads/2018/03/8269791489_42518da1cb_b.jpg?ssl=1

2. Η περιοχή μελέτης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

2.1 Γενικά

Η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Θεσσαλίας. Έχει έκταση 2.636 km² και πληθυσμό 113.070 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011 και αποτελεί το μικρότερο πληθυσμιακά νομό της Θεσσαλίας. Πρωτεύουσα της Περιφερειακής Ενότητας είναι η ομώνυμη πόλη της Καρδίτσας με πληθυσμό 32.031 κατοίκους. Συνορεύει ανατολικά με την Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας, προς βορρά με την Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων, δυτικά και νοτιοδυτικά με τις Περιφερειακές Ενότητες Άρτας και Αιτωλοακαρνανίας και προς νότο με τις Περιφερειακές Ενότητες Φθιώτιδας και Ευρυτανίας (www.wikipedia.org). Η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας κατά το ήμισυ είναι ορεινή και καταλαμβάνεται από την επιβλητική οροσειρά των Αγράφων και της Πίνδου και κατά το ήμισυ καταλαμβάνεται από την πλούσια πεδιάδα του θεσσαλικού κάμπου, παρουσιάζοντας σημαντική ποικιλία ενδιαιτημάτων και τοπίων, τα οποία προστατεύονται από θεσμοθετημένα διατάγματα προστασίας.

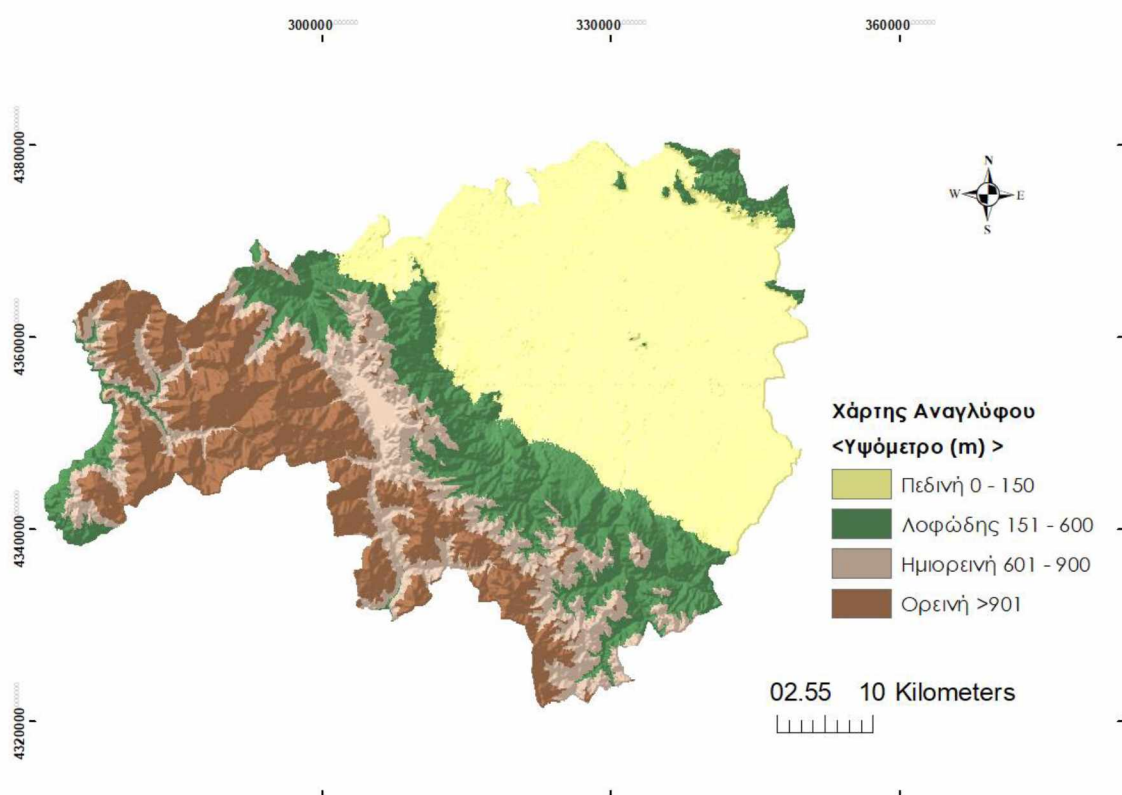
2.2 Ανάγλυφο περιοχής

Το δυτικό ορεινό τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, περιλαμβάνεται στη λεκάνη απορροής του Αχελώου ποταμού. Το εν λόγω τμήμα αποτελείται από μικρές αρδευόμενες εκτάσεις, ενώ εξαιτίας του τεχνητού ταμιευτήρα της λίμνης Ν. Πλαστήρα παρουσιάζει πλούσιο υδατικό ισοζύγιο. Το ανατολικό πεδινό τμήμα της ανήκει στη λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού και αποτελεί σημαντικό κομμάτι του εύφορου Θεσσαλικού κάμπου, περιλαμβάνοντας αρδευτικές εκτάσεις και γη υψηλής παραγωγικότητας. Ένα σημαντικό έργο έχει κατασκευαστεί στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής, το οποίο αφορά τη δημιουργία του τεχνητού ταμιευτήρα της λίμνης Σμοκόβου, που προβλέπεται να εξυπηρετεί μελλοντικά ένα σημαντικό κομμάτι μιας αρδευτικής περιοχής της τάξεως των 252.000 στρεμμάτων (Ευστρατιάδης et al, 2006).

Προκειμένου να χαρακτηριστεί το ανάγλυφο που παρατηρείται στην

Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ταξινόμησης των υψομέτρων που προτείνει ο Dikau. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μια περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί, ως πεδινή (0-150m), λοφώδης (150-600m), ημιορεινή (600-900m) και ορεινή (>900m) (Dikau, 1989)

Για την ταξινόμηση του αναγλύφου της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) η λήψη του οποίου έγινε από τη Γεωλογική Έρευνα των ΗΠΑ (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), το οποίο επεξεργάστηκε στο Arc Gis και προέκυψε ο χάρτης της εικόνας 2.1.



Εικόνα 2.1: Χάρτης αναγλύφου της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

Από τα δεδομένα που εξήχθησαν από τον πίνακα ιδιοτήτων (attribute table) του ArcGis σχετικά με την κατανομή του αναγλύφου της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας δημιουργήθηκε ο πίνακας 2.1

Πίνακας 2.1 : Κατανομή αναγλύφου της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας σύμφωνα με την ταξινόμηση Dikau, 1989

Υψόμετρο (m)	Χαρακτηρισμός περιοχής	Έκταση (km ²)	Ποσοστό (%)
<150	Πεδινές	1141.48	43.22
150 - 600	Λοφώδεις	547.19	20.72
600 - 900	Ημιορενές	404.1	15.3
< 900	Ορεινές	548.61	20.77

Από τον πίνακα 2.1 προκύπτει ότι το ανάγλυφο της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας χαρακτηρίζεται κατά 43,22% ως πεδινό, κατά 20,72% ως λοφώδες, κατά 15,3 % ως ημιορεινό και κατά 20,77% ως ορεινό.

2.3 Γεωλογία της περιοχής μελέτης

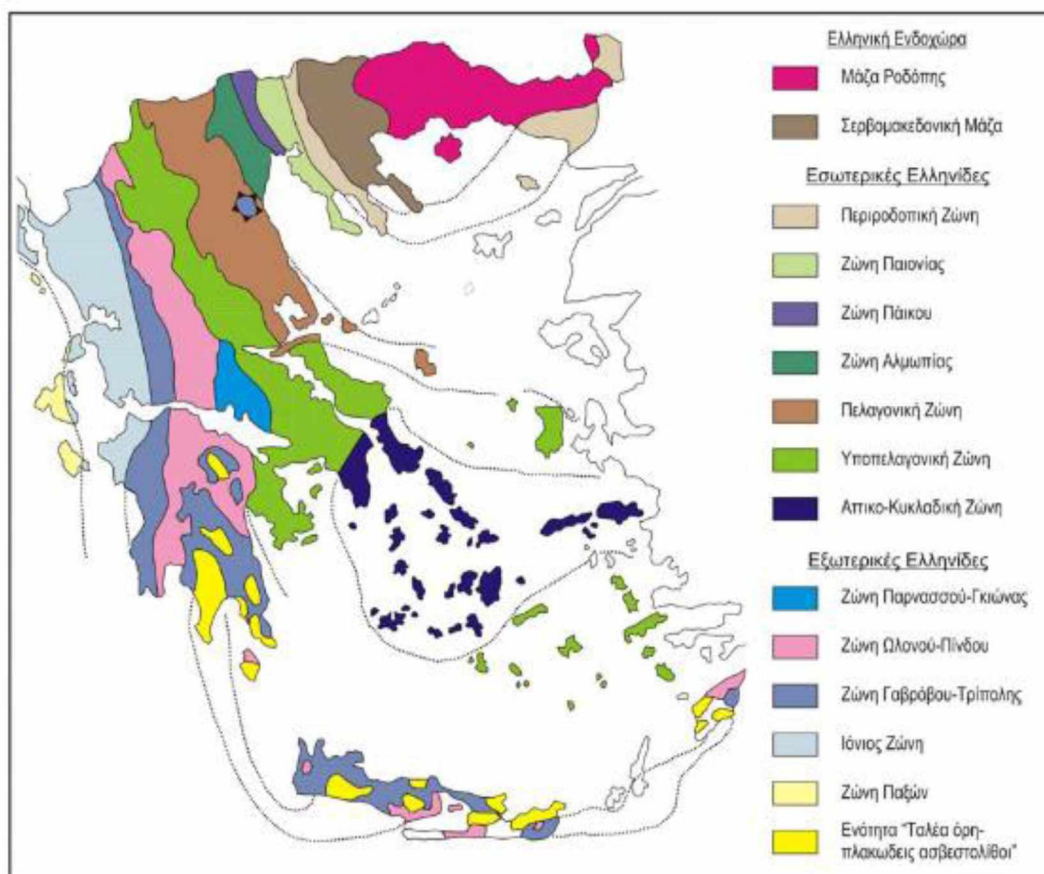
Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στη **Ζώνη της Πίνδου**, που εντοπίζεται στο δυτικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας προς την οροσειρά της Πίνδου. Οι βασικοί σχηματισμοί της περιοχής περιλαμβάνουν φλύσχη και ασβεστόλιθους που εναλλάσσονται με σχιστοκερατόλιθους. Τμήμα της περιοχής που εντοπίζεται κυρίως στην κεντρική Θεσσαλία ανήκει στην **Υποπελαγονική Ζώνη**. Βασικό χαρακτηριστικό που συναντάται στη ζώνη αυτή, είναι η εμφάνιση οφιολιθικών πετρωμάτων. Επιπλέον, στο ανατολικό τμήμα της περιοχής εντοπίζεται η **Πελαγονική Ζώνη**, που αποτελείται από γνεύσιους, σχιστόλιθους, μάρμαρα και αμφιβολίτες. Το δυτικό ορεινό τμήμα του νομού Καρδίτσας καταλαμβάνεται γεωλογικά από τη ζώνη Όλωνού- Πίνδου και βρίσκεται σε άμεση γειτνίαση με την Υποπελαγονική ζώνη (Εικόνα 2.2). Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από ποικίλη λιθολογική σύσταση και φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά και έχουν υποστεί έντονη πτύχωση και διάρρηξη. Αυτοί οι παράγοντες, σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο, τις έντονες βροχοπτώσεις και την ανθρώπινη παρέμβαση, διευκολύνουν την εμφάνιση συχνών και ενίοτε εκτεταμένων κατολισθητικών φαινομένων. Επιπλέον, στο δυτικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας αναπτύσσονται τα μολασσικά ιζήματα, ενώ στο πεδινό συναντώνται σύγχρονα τεταρτογενή και νεογενή ιζήματα

Οι γεωτεκτονικές ζώνες που συγκροτούνται εντός της νομού Καρδίτσας από

Ανατολή προς Δύση είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Πελαγονική,
- ✓ Υποπελαγονική,
- ✓ Υπερ-Πινδική,
- ✓ Όλωνος-Πίνδος και
- ✓ Γαβρόβου-Τρίπολης.

Εκτός από τους σχηματισμούς αυτών των ζωνών, ένα σημαντικό τμήμα του νομού καταλαμβάνεται από τα μεταλιμναία ιζήματα, όπως οι μολασσικοί σχηματισμοί της Μεσοελλαδικής κοιλάδας και οι τεταρτογενείς αποθέσεις της Θεσσαλικής πεδιάδας (Pyrgiotis et al 2007).



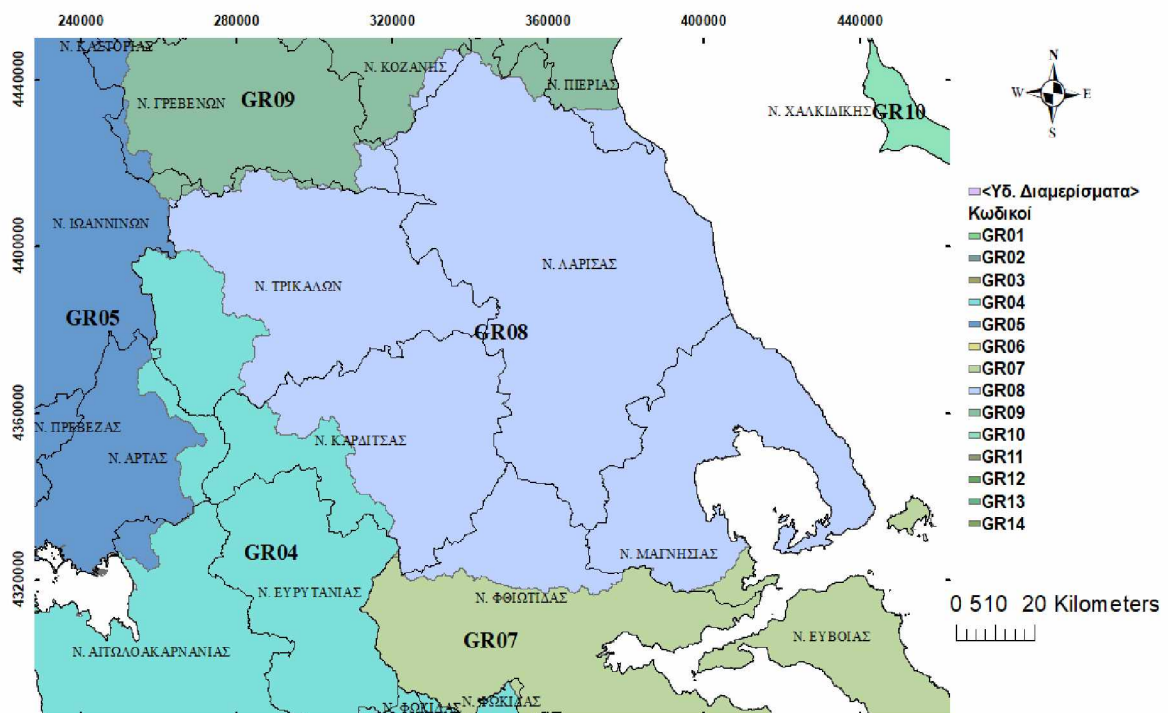
Εικόνα 2.2: Γεωτεκτονικές Ζώνες της Ελλάδας (Μουντράκης, 1985)

2.4 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής

Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας (GR08) στο οποίο περιλαμβάνεται και η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας, καταλαμβάνει σχεδόν το αντίστοιχο γεωγραφικό διαμέρισμα. Η συνολική επιφάνεια του υδατικού διαμερίσματος είναι ίση με 11.062 km² ενώ το μέσο υψόμετρο υπολογίζεται σε 427,5 m. Συγκεκριμένα, το υδατικό διαμέρισμα περιλαμβάνει την Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας, το μεγαλύτερο μέρος των Περιφερειακών Ενοτήτων Μαγνησίας, Τρικάλων και Καρδίτσας, καθώς και μικρά τμήματα των Περιφερειακών Ενοτήτων Πιερίας, Γρεβενών και Φθιώτιδας. Η κύρια υδρολογική λεκάνη του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας είναι εκείνη του Πηνειού, με επιφάνεια στη θέση Πυργετός, ίση με περίπου 9.500 km² καθώς και η λεκάνη απορροής των ρεμάτων Αλμυρού-Πηλίου. Στην εικόνα 2.3 η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας εμφανίζεται κατά το μεγαλύτερο τμήμα της στο Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας (GR8), ενώ μικρότερο τμήμα στα δυτικά του Νομού εμπίπτει και στο Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (GR4), (Παλαιοχωρίτης 2019).

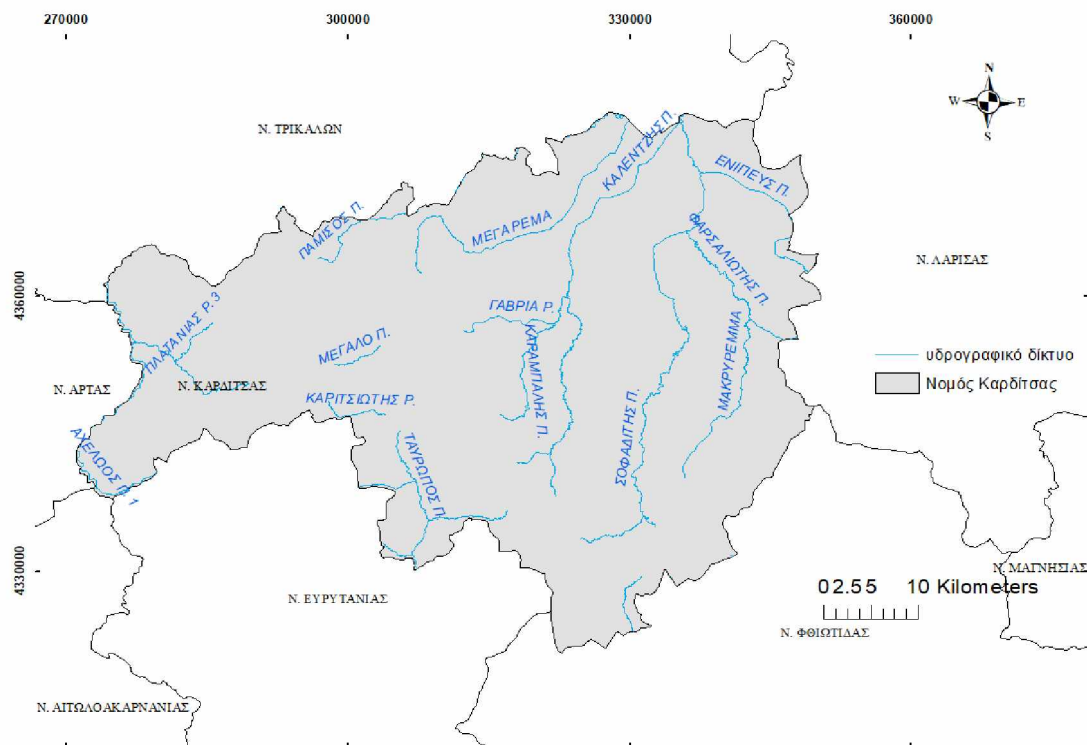
Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής είναι αρκετά εκτεταμένο, καθώς περιλαμβάνει, εκτός από την κύρια υδρολογική λεκάνη του ποταμού Πηνειού με έκταση 9.500 km², ένα μεγάλο αριθμό από παραποτάμους που συμβάλλουν σε αυτόν, σημαντικότεροι από τους οποίους είναι ο Καλέντζης, ο Πάμισος, ο Φαρσαλιώτης και ο Ενιπέας (Εικόνα 2.4). Επιπλέον, έχει διαμορφωθεί ένα εξαιρετικά σύνθετο δίκτυο καναλιών και χωμάτινων τάφρων, που κατά την ξηρή περίοδο εξυπηρετεί την άρδευση των παρακείμενων αγροτεμαχίων, ενώ την υγρή περίοδο λειτουργεί ως αποστραγγιστικό δίκτυο.

Ο ποταμός Καλέντζης αποτελεί τον κυριότερο υδρογραφικό κλάδο της περιοχής μελέτης. Πηγάζει στην ορεινή περιοχή του Δήμου Ιτάμου μεταξύ Αμαράντου και Απιδιάς και με διεύθυνση ροής από νότο προς βορρά συμβάλει στην περιοχή βορειοανατολικά της πόλης της Καρδίτσας. Το ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη, χαρακτηρίζεται από έντονες κλίσεις, πυκνή βλάστηση και αποτελείται κυρίως από πετρώματα φλύσχη χαμηλής περατότητας



Εικόνα 2.3 :Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας (GR08)

Ο ποταμός Καλέντζης αποτελεί έναν από τους βασικούς τροφοδότες σε αρδευτικό νερό της περιοχής. Γενικότερα, οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης, εμφανίζουν μια διεύθυνση ροής από τα νότια (όπου συναντώνται και τα μεγαλύτερα υψόμετρα) προς τα βόρεια και καταλήγουν στον Πηνειό ποταμό που αποτελεί τον βασικό αποδέκτη των υδάτων της ευρύτερης περιοχής. Οι κύριοι υδατικοί πόροι προέρχονται από επιφανειακούς και υπόγειους υδροφορείς που υπάρχουν στην περιοχή. Επίσης, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω των αυξημένων αρδευτικών αναγκών, η περιοχή εξυπηρετείται σε νερά από την τεχνητή λίμνη Ν. Πλαστήρα και Σμοκόβου. Η κύρια χρήση των υδάτων είναι πρωτίστως για γεωργία και δευτερευόντως για βιομηχανίες, βιοτεχνίες και οικιακή χρήση (Αλεξίου 2014).



Εικόνα 2.4: Υδρογραφικό δίκτυο Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

2.5 Μετεωρολογικά – κλιματολογικά στοιχεία

Σύμφωνα με τη μελέτη του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (ΓΠΣ) του Δήμου Καρδίτσας (2013, 2015), στην περιοχή της Δυτικής Θεσσαλίας βρίσκονται εγκατεστημένοι αρκετοί μετεωρολογικοί σταθμοί για την καταγραφή των κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής. Τα δεδομένα για την Καρδίτσα όπως καταγράφηκαν από τον πλησιέστερο σταθμό, προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) για την περίοδο λειτουργίας του σταθμού από το 1988 έως 2009, τα χαρακτηριστικά του οποίου παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2

Πίνακας 2.2: Στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Καρδίτσας περιόδου λειτουργίας 1988 - 2009

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
		ΜΗΚΟΣ	ΠΛΑΤΟΣ		
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	16647	39ο 36'N	20ο 80' E	111	1988-2009

Από τον πίνακα 2.3 και στο διάγραμμα της εικόνας 2.6 που ακολουθούν προκύπτει ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία για την ευρύτερη περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 4,35 - 26,24°C, ενώ δεν παρουσιάζει πτώση κάτω από το μηδέν. Το ηπειρωτικό κλίμα της περιοχής με τη διέλευση ψυχρών αέριων μαζών από τα ορεινά του Νομού τους χειμερινούς μήνες, διαμορφώνει την απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ -16,0 - 14,5°C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι περίπου 15,2°C.

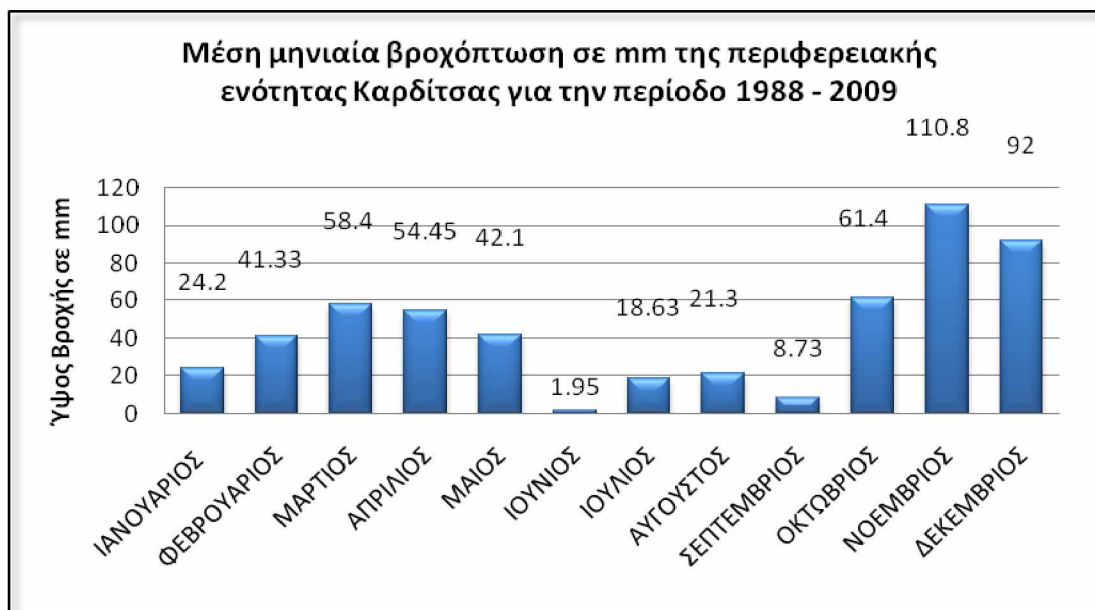
Πίνακας 2.3: Μέσες ετήσιες θερμοκρασίες και νετός του ΜΣ Καρδίτσας για το διάστημα 1988-2009

	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			Απολύτως Ελάχιστη	ΥΕΤΟΣ	
	Μέση	Μέση Μέγστη	Μέση Ελάχιστη		Μέσο ύψος σε mm	Μέση σχετική Υγρασία %
ΜΗΝΕΣ						
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	4.56	8.86	-0.02	-6.00	24.20	78.14
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6.91	11.70	1.63	-8.00	41.33	73.49
ΜΑΡΤΙΟΣ	10.37	16.09	4.97	-3.00	58.40	68.30
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13.95	19.67	7.88	3.00	54.45	65.42
ΜΑΙΟΣ	17.96	24.34	11.44	3.00	42.10	60.43
ΙΟΥΝΙΟΣ	24.17	30.85	16.10	7.00	1.95	57.02
ΙΟΥΛΙΟΣ	26.24	32.64	18.40	14.50	18.63	51.37
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25.59	31.83	17.18	11.00	21.30	54.15
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	22.09	28.41	14.31	10.50	8.73	54.57
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	16.14	21.92	9.56	-0.10	61.40	66.35
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	10.07	14.47	5.09	-4.00	110.80	73.29
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	4.35	8.33	0.23	-16.00	92.55	76.78
ΕΤΟΣ	15.20	20.76	8.90	-16.00	535.85	64.94



Εικόνα 2.6: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας σύμφωνα με τα δεδομένα του Μ.Σ. της Π.Ε Καρδίτσας για την περίοδο 1988- 2009

Σχετικά με τις βροχοπτώσεις από την ανάλυση των δεδομένων του Μ.Σ. της Καρδίτσας για την περίοδο 1988-2009, προκύπτει ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για την περιοχή σύμφωνα με στοιχεία είναι 535,85 mm. Τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρείται ελάττωση των βροχοπτώσεων, με το ύψος βροχής από τον Ιούνιο έως και τον Αύγουστο να κυμαίνεται από 1,95 έως 21,30 mm. Κατά τους χειμερινούς μήνες οι τιμές των βροχοπτώσεων αυξάνονται σημαντικά ιδιαιτέρως κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο όπου το ύψος των βροχοπτώσεων κυμαίνεται για το Νοέμβριο σε 110,8 mm (Εικόνα 2.7). Επιπλέον κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται και το μέγιστο ποσοστό της σχετικής υγρασίας του αέρα. Ο ετήσιος μέσος όρος της σχετικής υγρασίας είναι υψηλός, με τιμή 64,94 για την Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας.



Εικόνα 2.7: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης σύμφωνα με τα δεδομένα του Μ.Σ. της Καρδίτσα για την περίοδο 1988- 2009

2.6 Ο χωρικός σχεδιασμός στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας και οι ζώνες προστατευόμενων περιοχών.

Ο χωρικός σχεδιασμός αποτελεί σημαντικό εργαλείο που αποσκοπεί στην ισόρροπη ανάπτυξη του αστικού και εξωαστικού χώρου στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης. Η συνεχώς αυξανόμενη τάση του πληθυσμού δημιουργεί την ανάγκη επέκτασης των δομημένων χώρων, συντελώντας στο φαινόμενο της αστικοποίησης. Η αστικοποίηση προκαλεί μεταβολές στο ισοζύγιο χρήσεων γης μιας περιοχής, προκαλώντας οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες, που ασκούν επιρροή πολλές φορές στη γενικότερη ανάπτυξη της χώρας. Η αστικοποίηση συμβάλλει στην επέκταση του δομημένου χώρου της πόλης και οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μετατροπή της αγροτικής γης που την περιβάλλει σε αστική. (Πολύζος, Σ., 2015)

Είναι γεγονός ότι οι διάφορες περιοχές δεν αναπτύσσονται ισότιμα λόγω των διαφορετικών γεωγραφικών, κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών. Υπό αυτή την έννοια, ο χωρικός σχεδιασμός διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, στον βιώσιμο σχεδιασμό του χώρου και της ισότιμης παροχής σε όλους τους πολίτες βασικών εξυπηρετήσεων και υποδομών (Γ. Κορρές, Αικ. Κόκκινου 2014).

Αναφορικά με την ισχύουσα νομοθεσία για το χωροταξικό σχεδιασμό, στην Ελλάδα προβλέπονται τα εξής τρία επίπεδα σχεδιασμού:

✓ **1° Εθνικό Επίπεδο**

- Γενικό πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΓΠΧΣΑΑ).
- Ειδικά πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ), τα οποία δίνουν τις κατευθυντήριες γραμμές του εθνικού στρατηγικού σχεδιασμού για τη χωρική οργάνωση της χώρας σε διάφορους αναπτυξιακούς τομείς όπως ο τουρισμός και η βιομηχανία, λαμβάνοντας υπόψη ευρωπαϊκά πρότυπα και προδιαγραφές ολοκληρωμένων σχεδίων οργάνωσης και ανάπτυξης.

✓ **2° Περιφερειακό Επίπεδο**

- Περιφερειακά πλαίσια Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΠΠΧΣΑΑ) και αναφέρονται στις 13 Περιφέρειες.

Το 2° επίπεδο αφορά τον σχεδιασμό σε περιφερειακή κλίμακα και πραγματοποιείται μέσω των Περιφερειακών πλαισίων χωροταξικού σχεδιασμού που στοχεύουν να κατατάζουν τη θέση κάθε περιφέρειας σε σχέση με τις υπόλοιπες Περιφέρειες σε Εθνικό επίπεδο και να αποτιμήσουν την εφαρμογή διαφόρων πολιτικών που σχετίζονται με τη εφαρμογή του χωροταξικού σχεδιασμού.

✓ **3° Τοπικό Επίπεδο**

Στο 3ο επίπεδο ο σχεδιασμός κατηγοριοποιείται σε δύο υπο-επίπεδα. Στο πρώτο υπο-επίπεδο τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν:

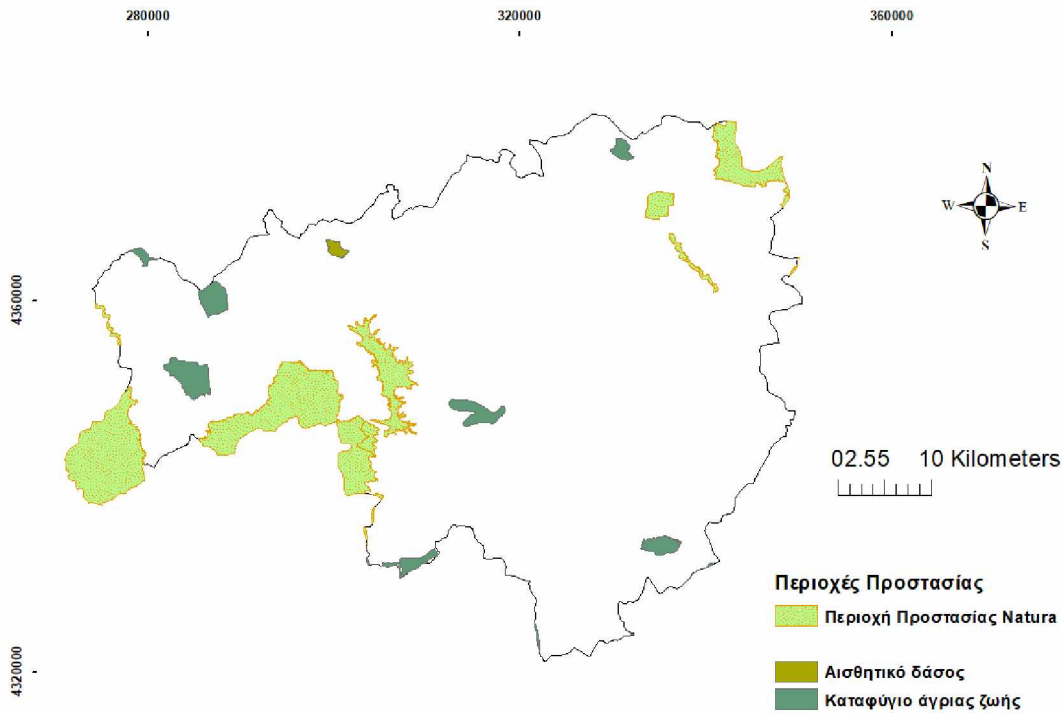
- το Ρυθμιστικό Σχέδιο και το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ)/ Σχέδιο χωρικής οργάνωσης και οικιστικής ανάπτυξης ανοικτής πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) και στο δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνεται:
- η Πολεοδομική Μελέτη (ΠΜ) και η πράξη εφαρμογής.

Στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας σε επίπεδο χωροταξικού σχεδιασμού έχουν θεσμοθετηθεί τα εξής σχέδια:

- Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ) Δ.Ε. Σοφάδων Δήμου Σοφάδων ΦΕΚ 155/ΑΑΠ/16-6-2011

- Σχέδιο Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) Δ.Ε. Ιτάμου Δήμου Καρδίτσας ΦΕΚ 350/ΑΑΠ/30-12-2011
- Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ) Δ.Ε. Μουζακίου Δήμου Μουζακίου ΦΕΚ 311/ΑΑΠ/9-10-2012
- Σχέδιο Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) Δ.Ε. Κάμπου Δήμου Καρδίτσας ΦΕΚ 220/ΑΑΠ/2-11-2016
- Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ) Δ.Ε. Καρδίτσας Δήμου Καρδίτσας ΦΕΚ 240/ΑΑΠ/9-11-2016
- Σχέδιο Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) Δ.Ε. Μητρόπολης Δήμου Καρδίτσας ΦΕΚ 244/ΑΑΠ/15-11-2016
- Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ) Λίμνης Πλαστήρα Π.Δ 885/Δ'6-11-1988
- Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΓΠΣ) Δημοτικής Ενότητας Παλαμά ΦΕΚ 1000/Δ/1992 απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ.

Εκτός από τα εγκεκριμένα χωροταξικά σχέδια η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας διέπεται και από καθεστώς προστατευόμενων περιοχών σύμφωνα με το ν. 1650/86, όπως ισχύει μετά την τροποποίησή του από το ν. 3937/2011 και το ν. 4685/2020. Συγκεκριμένα, η περιοχή «Λίμνης Ταυρωπού» (Λίμνη Πλαστήρα) με κωδικό GR1410001 καθώς και η περιοχή «Άγραφα» με κωδικό GR1410002 εμπίπτουν και προστατεύονται από το Δίκτυο Natura 2000. Επιπλέον στην περιοχή υπάρχουν ζώνες προστασίας «καταφυγίων άγριας ζωής» και περιοχή προστασίας «αισθητικού δάσους» (Εικόνα 2.8). Η εφαρμογή θεσμοθετημένων ζωνών προστασίας όπως περιοχές δικτύου Natura 2000 έχει αποδειχτεί ότι συγκρατεί την αύξηση των κατακερματισμένων τοπίων λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων, γεγονός που υποδεικνύει ότι τα ορθώς εφαρμοζόμενα μέτρα της Ε.Ε για την προστασία της φύσης έχουν θετικό αντίκτυπο (ΕΟΠ 2019).

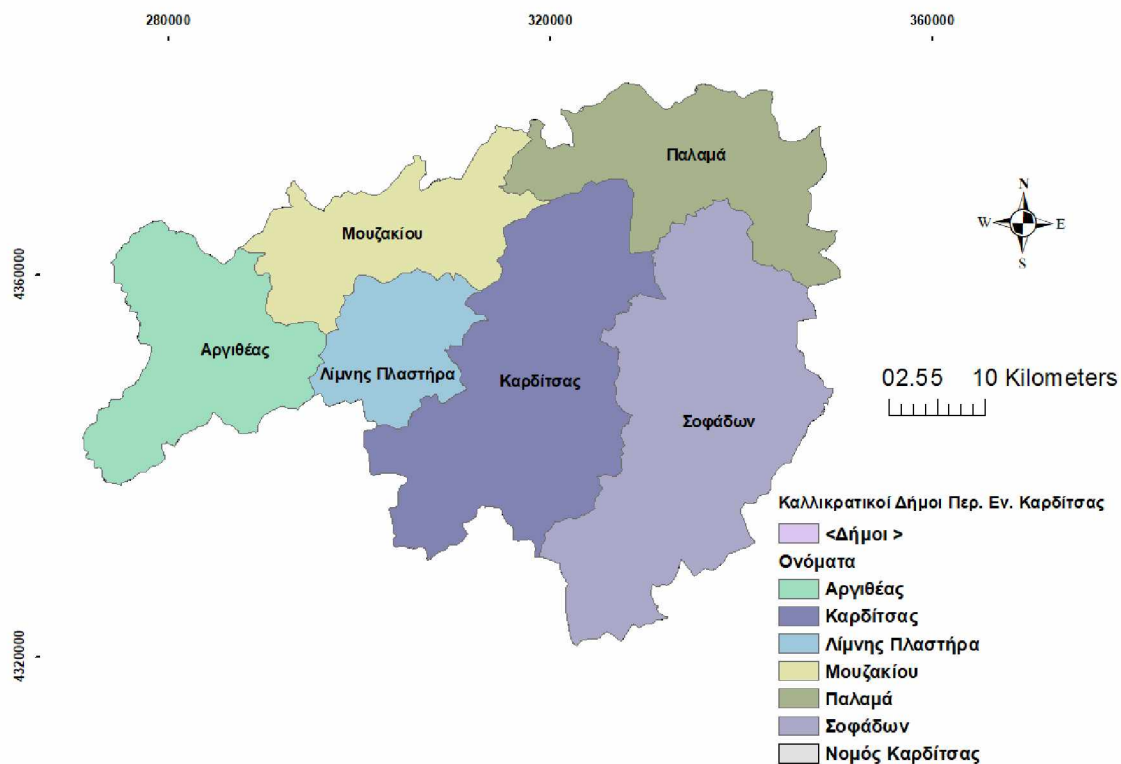


Εικόνα 2.8 : Περιοχές προστασίας της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

2.7 Δημογραφικά και Οικονομικά Δεδομένα της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

2.7.1 Δημογραφική Εξέλιξη

Σύμφωνα με τη Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, το Πρόγραμμα Καλλικράτης (Ν. 3852/20110) με το οποίο μεταρρυθμίστηκε η διοικητική διαίρεση της Ελλάδας το 2011, η Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας διαιρείται διοικητικά σε 6 Δήμους και 21 Δημοτικές Ενότητες. Συγκεκριμένα διαιρείται στον Δήμο Καρδίτσας, Δήμο Σοφάδων, Δήμο Μουζακίου, Δήμο Παλαμά, Δήμο Λίμνης Πλαστήρα και Δήμο Αργιθέας. Στην Εικόνα 2.9 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διοικητική διαίρεση της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης.



Εικόνα 2.9 : Διοικητική διαίρεση της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης (Ν. 3852/2010)

Η δημογραφική εξέλιξη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία των τριών τελευταίων πληθυσμιακών απογραφών της ΕΛΣΤΑΤ που υλοποιήθηκαν το 1991, το 2001 και το 2011, εμφανίζεται στον πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4 : Πληθυσμιακή εξέλιξη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας για τα έτη 1991, 2001, 2011

	1991	2001	2011
Σύνολο Χώρας	10223392	10934097	10816286
Περιφέρεια Θεσσαλίας	729505	740115	732762
Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας	123215	120265	113544
Δήμος Αργιθέας	2999	2488	3450
Δήμος Καρδίτσας	55702	57089	56747
Δήμος Λίμνης Πλαστήρα	3915	4022	4635
Δήμος Μουζακίου	17645	16407	13122
Δήμος Παλαμά	19413	18500	16726
Δήμος Σοφάδων	23541	21759	18864

Όπως προκύπτει από τα διαθέσιμα στοιχεία που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.4 ο πληθυσμός της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας συνεχώς μειώνεται καθώς το 1991 απαρτιζόταν σε 123.215 κατοίκους, το 2001 σε 120.265 κατοίκους και το 2011 σε 113.544 κατοίκους αντίστοιχα. Επιπλέον, το ποσοστό μεταβολής του πληθυσμού των απογραφών 1991, 2001, 2011 υπολογίζεται στο -7,8%, γεγονός που υποδηλώνει σημαντική μείωση του πληθυσμού της. Σε αντίθεση με το σύνολο της Περιφερειακής Ενότητας, η πόλη της Καρδίτσας εμφανίζεται να αυξάνει τον πληθυσμό της ο οποίος αριθμούσε 33.110 κατοίκους το 1991 σε 38554 κατοίκους το 2011 που αντιστοιχεί σε ποσοστό 16% από το 1991 έως το 2011. Η μελέτη των δημογραφικών στοιχείων και της πληθυσμιακής πυκνότητας μιας περιοχής είναι σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το ισοζύγιο κάλυψης/χρήσεων γης μιας περιοχής.

2.7.2 Οικονομικά Δεδομένα

Ο πρωτογενής τομέας είναι αρκετά ανεπτυγμένος στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας, με την καλλιέργεια της γεωργικής γης να αποτελεί σημαντικότερη ασχολία των κατοίκων στο πεδινό τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας. Το σύνολο της καλλιεργήσιμης γης ανέρχεται περίπου στο ένα εκατομμύριο στρέμματα. Η μεγαλύτερη

έκταση καλύπτεται από καλλιέργειες βαμβακιού. Άλλες σημαντικές καλλιέργειες είναι: το καλαμπόκι, το τριφύλλι, ο καπνός, η επεξεργασμένη ντομάτα και τα αμπέλια. Η κτηνοτροφική δραστηριότητα λαμβάνει χώρα κυρίως στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές, όπου εκτρέφονται χιλιάδες αιγοπρόβατα και βοοειδή. Ωστόσο, από την επεξεργασία των στοιχείων της ΕΛΣΤΑΤ το σύνολο των γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων σε επίπεδο Περιφερειακής Ενότητας από το 2000 έως το 2009 παρουσίασε μείωση κατά 16,23% (Πίνακας 2.5)

Πίνακας 2.5: Μεταβολή των γεωργοκτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων από το 2000 έως το 2009

Απογραφή Γεωργίας - Κτηνοτροφίας	2000	2009	Μεταβολή %
Σύνολο εκμεταλλεύσεων	16.223	13590	-16.23
έκταση σε χιλιάδες στρέμματα	826	713	-13.68

Η εγκατάλειψη της γης έχει αρνητικές συνέπειες κατά κύριο λόγο στις αγροτικές περιοχές, όπου οι τοπικές οικονομίες βασίζονται κατά κύριο λόγο σε μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις, ενώ οι νεότερες γενιές τείνουν να μεταναστεύουν σε κοντινές αστικές περιοχές. Όταν μια έκταση μένει ακαλλιέργητη, η βλάστηση μεγαλώνει και καταλαμβάνει την εγκαταλελειμμένη έκταση. Με αυτό τον τρόπο εμφανίζονται τα φαινόμενα δάσωσης των εγκαταλελειμμένων αγρών. Επιπροσθέτως, η εγκατάλειψη της γεωργικής γης δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για την μετατροπή της σε δομημένη επιφάνεια, διευκολύνοντας το φαινόμενο της αστικής διάχυσης.

3. Το Πρόγραμμα Corine

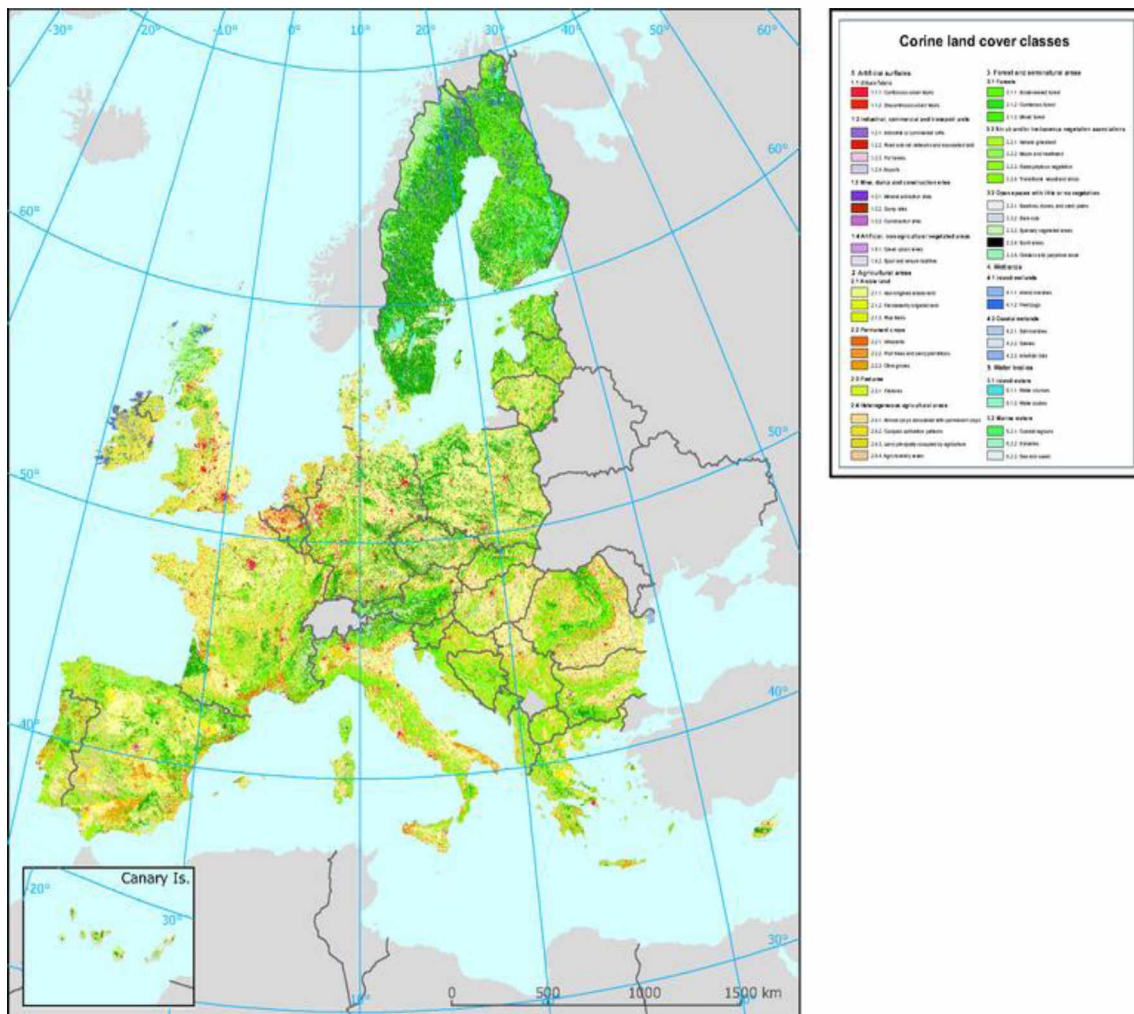
Για τη διατήρηση της αειφορίας του περιβάλλοντος και την παρακολούθηση της επιφάνειας της γης που μεταβάλλεται με έναν αυξανόμενο ρυθμό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή από το 1985 εφάρμοσε ένα πληροφοριακό σύστημα που ονομάστηκε **Corine** (*Coordination of Information on the Environment*) που σημαίνει Συντονισμός της Πληροφόρησης για το Περιβάλλον. (Official Journal L 176, 6.7.85). (www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/corine-land-cover-2000-geographic-view-1)

Το πρόγραμμα Corine παρέχει πληροφορίες για τα φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης χρησιμοποιώντας δορυφόρους παρακολούθησης. Η παροχή επικαιροποιημένων στοιχείων για τη χάραξη κατάλληλης περιβαλλοντικής στρατηγικής στους αρμόδιους λήψης αποφάσεων αποτελεί έναν ακόμη στόχο του προγράμματος.

Επομένως η συγκέντρωση όλων των προσπαθειών και πληροφοριών που έχουν πραγματοποιηθεί τις τελευταίες δεκαετίες σε εθνικό και διεθνές επίπεδο και αφορούν τη μεταβολή της κάλυψης της γήινης επιφάνειας του ευρωπαϊκού εδάφους, θα εποπτεύεται από το πρόγραμμα Corine Land Cover.

Τα σημαντικότερα μέρη, από τα οποία απαρτίζεται το πρόγραμμα Corine, είναι τα εξής:

- **Corinair**: Αποβλέπει στη δημιουργία μιας αξιολογής μεθόδου προσδιορισμού της μέτρησης και παρακολούθησης των εκπομπών ρυπογόνων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και στον εντοπισμό των πηγών προέλευσής τους.
- **Corine Biotopes**: Εντοπίζει και καταγράφει τοπία και οικοσυστήματα που χρίζουν προστασίας επειδή αποτελούν περιοχές με ιδιαίτερα μορφολογικά, πολιτιστικά, αισθητικά χαρακτηριστικά.
- **Corine Land Cover**: Αφορά τη χαρτογράφηση της χρήσης/κάλυψης γης η οποία πραγματοποιείται με την ανάλυση δορυφορικών εικόνων (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Corine Land Cover για την περιοχή της Ευρώπης (European environment agency) www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/corine-land-cover-2000-geographic-view-1

3.1 Πρόγραμμα Corine Land Cover

Οι πληροφορίες για την κάλυψη και τη χρήση γης (LCLU) είναι σημαντικές όχι μόνο για την έρευνα για την αλλαγή της γης, αλλά και ευρύτερα για την παρακολούθηση της περιβαλλοντικής αλλαγής, την υποστήριξη πολιτικής, τη δημιουργία περιβαλλοντικών δεικτών και την υποβολή εκθέσεων. Τα σύνολα δεδομένων CLC παρέχουν σημαντικά σύνολα δεδομένων που υποστηρίζουν την εφαρμογή βασικών τομέων προτεραιότητας των προγραμμάτων δράσης για το περιβάλλον της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η προστασία των οικοσυστημάτων, η ανάσχεση της απώλειας της βιολογικής ποικιλότητας, η παρακολούθηση των

επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η αξιολόγηση των εξελίξεων στη γεωργία.

Για τη σωστή διαχείριση των πληροφοριών που αφορούν το περιβάλλον και την φυσικής μας κληρονομιάς η Ε.Ε δημιούργησε ένα κοινό σύστημα ομαδοποίησης των περιοχών της ανά κατηγορία κάλυψης /χρήσης γης, βασιζόμενη στην έρευνα και τεκμηρίωση των διαθέσιμων στοιχείων. Επιπλέον, η ταξινόμηση των χρήσεων θα δημιουργήσει ένα κοινό πρότυπο για όλους τους χώρους της Ε.Ε. Αυτό το σύστημα ταξινόμησης των χρήσεων – καλύψεων γης η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει να δημιουργήσει, με την εκπόνηση του προγράμματος **Corine Land Cover**. (πηγή: <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part1/download>):

Οι Στόχοι του Προγράμματος Corine Land Cover (CLC) είναι:

- Να δημιουργήσει στους αρμόδιους για την άσκηση περιβαλλοντικής στρατηγικής, συγκρίσιμα ποσοτικά στοιχεία που σχετίζονται με τις καλύψεις γης, της Ευρωπαϊκής κοινότητας
- Να εφαρμόσει και να ταξινομήσει μια βάση δεδομένων που να αποτελείται από όλες τις κατηγορίες καλύψεων γης για όλα τα κράτη - μέλη σε κατάλληλη κλίμακα και ονοματολογία.
- Να διευρύνει το πρόγραμμα Corine και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες καθώς και σε χώρες της βορείου Αφρικής.

Η μεθοδολογία του Corine Land Cover, χρησιμοποιεί τη μέθοδο της φωτοερμηνείας εικόνων από λήψεις που πραγματοποιούνται με τη χρήση δορυφορικών και τηλεσκοπικών εφαρμογών, καθώς και τη χρήση διάφορων πληροφοριών που σχετίζονται με την περιοχή ενδιαφέροντος όπως αεροφωτογραφίες και τοπογραφικοί χάρτες. Η ιεράρχηση του Corine Land Cover για την κάλυψη γης περιλαμβάνει 3 επίπεδα:

- Το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει τις 5 βασικές κατηγορίες κάλυψης γης στον πλανήτη οι οποίες είναι πιο γενικές και δεν περιλαμβάνουν λεπτομερή ανάλυση,
- Το δεύτερο επίπεδο, αποτελείται από 15 κατηγορίες και περιλαμβάνει οντότητες σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται είναι 1:500.000 και 1:1.000.000,
- Το τρίτο επίπεδο, αποτελείται από 44 κατηγορίες και περιλαμβάνει την υψηλότερη λεπτομερή ανάλυση των οντοτήτων. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται

είναι 1:100.000.

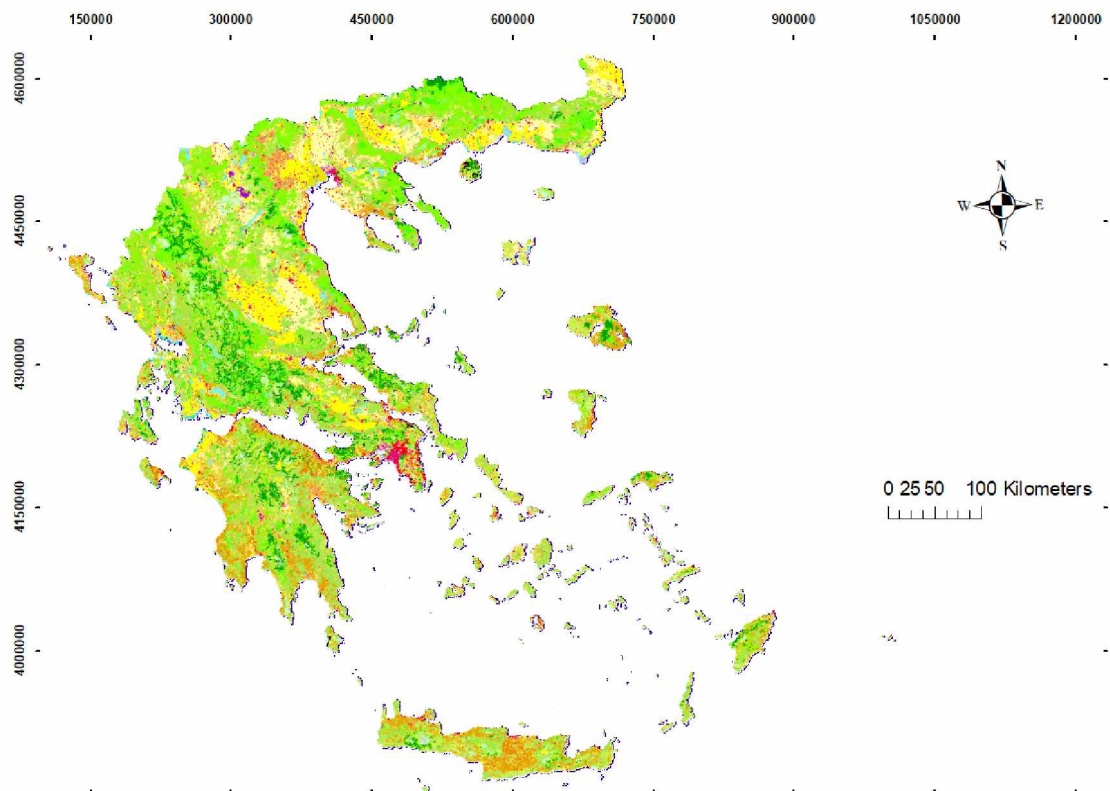
Το CLC χρησιμοποιεί ελάχιστη μονάδα χαρτογράφησης (MMU) 25 εκταρίων (ha) για τοπικά φαινόμενα και ελάχιστο πλάτος 100 m για γραμμικά φαινόμενα.

3.2 Το Πρόγραμμα Corine Land Cover στην Ελλάδα

Η Ελλάδα συμμετέχει στο πρόγραμμα Corine Land Cover από το τέλος της δεκαετίας του 1980. Αρχικά, για την εκπόνηση του Προγράμματος Corine Land Cover για την Ελλάδα υπογράφηκε σύμβαση με τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.). Το έργο ορίστηκε να επιβλέπει το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.). Για τη λήψη και ανάλυση εικόνων της περιοχής μελέτης που καλύπτει έκταση 132.000 km², χρησιμοποιήθηκαν οι απεικονίσεις του δορυφόρων Landsat TM. Υποβοηθητικά χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 και 1:100.000, αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:30.000 (ημερομηνίες λήψης 1986 – 1990) και ορθοφωτοχάρτες κλίμακας 1:20.000..

Στη συνέχεια, μετά την κατάργηση του ΟΚΧΕ, η υποχρέωση υλοποίησης του προγράμματος μεταφέρθηκε στη Δ/νση Δασικών Χαρτών και Φυσικού Περιβάλλοντος της ΕΚΧΑ (Ελληνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε). Ο σκοπός του προγράμματος αφορά τη διόρθωση των καλύψεων/χρήσεων γης για το έτος 2000 και την καταγραφή των μορφών κάλυψης/χρήσεων γης κατά τα έτη 2006 και 2012. Παράλληλα θα πραγματοποιούταν έλεγχος των δεδομένων ως προς την ορθότητά τους, σύμφωνα με την ταξινόμηση των κατηγοριών κάλυψης /χρήσεων γης του προγράμματος (Κατσάδα 2019).

Στην εικόνα 3.2 απεικονίζεται ο Ελληνικός χάρτης Corine 2012, ο οποίος δημιουργήθηκε από τα ψηφιακά (raster) αρχεία που παρέχονται από την ιστοσελίδα <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, και την αποκοπή τους στα όρια της ακτογραμμής της Ελλάδας που μεταφορτώθηκε από την ιστοσελίδα <https://geodata.gov.gr/>, με τη βοήθεια του λογισμικού γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ArcGis 10.8.1.



Εικόνα 3. 2 : Η κάλυψη γης Corine 2012 στον ελλαδικό χώρο

Στον Πίνακα 3.1 απεικονίζονται τα επίπεδα κατηγοριοποίησης της κάλυψη γης στην Ελλάδα σύμφωνα με το CLC (Corine Land Cover).

Πίνακας 3.1: Κατηγοριοποίηση και ονοματολογία επιπέδων Corine Land Cover (CLC)

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ CORINE LAND COVER		
Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	1.1 Αστικός ιστός	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια
	1.3 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πράσινου	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1 Αρόσιμη γη	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	3.1 Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αέναιο χιόνι
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	5.1 Χερσαία ύδατα	5.1.1 Υδατορρέυματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 Θαλάσσια ύδατα	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Σύμφωνα με τη διάρθρωση της ονοματολογίας του προγράμματος Corine, οι κατηγορίες / τύποι κάλυψης γης μπορούν να ομαδοποιηθούν και να ταξινομηθούν σε τρία επίπεδα λεπτομέρειας (Categories)

- **Στο επίπεδο 3 (υψηλότερη λεπτομέρεια), που περιλαμβάνει 44 τάξεις**
- **Στο επίπεδο 2 που περιλαμβάνει σε 15 τάξεις και, τέλος,**
- **Στο επίπεδο 1 που περιλαμβάνει 5 τάξεις.**

Στον πίνακα 3.2 εμφανίζονται αναλυτικά οι 44 τάξεις grid codes σύμφωνα με την επίσημη ονοματολογία του προγράμματος Corine Land Cover (Corine Land Cover nomenclature conversion to Land Cover Classification system) και η αντιστοίχιση με την ελληνική ονοματολογία. Συγκεκριμένα οι κωδικοί (Corine Land Cover Grid Codes 1-11) αφορούν την κατηγορία τεχνητές επιφάνειες, οι κωδικοί (Corine Land Cover Grid Codes 11-22) αφορούν την κατηγορία γεωργικές περιοχές, οι δασικές και ημιφυσικές περιοχές αντιστοιχούν σε κωδικούς (Corine Land Cover Grid Codes 23-34), οι κωδικοί Corine Land Cover Grid Codes 35-39 αφορούν την κατηγορία υγρά τοπία, και τέλος οι κωδικοί (Corine Land Cover Grid Codes 40-44), ανήκουν στην κατηγορία των υδάτινων επιφανειών.

Πίνακας 3.2: Αναλυτική ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου Corine Land Cover (CLC)

GRID CODE	3ο ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ		
1	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός	23	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων
2	1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός	24	3.1.2 Δάσος κωνοφόρων
3	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	25	3.1.3 Μικτό δάσος
4	1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	26	3.2.1 Φυσιικοί βοσκότοποι
5	1.2.3 Ζώνες λιμένων	27	3.2.2 Θάνου και χερσότοποι
6	1.2.4 Αεροδρόμια	28	3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση
7	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών	29	3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
8	1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων	30	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές
9	1.3.3 Χώροι οικοδόμησης	31	3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι
10	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου	32	3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
11	1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	33	3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις
12	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	34	3.3.5 Παγετώνες και αέναιο χιόνι
13	2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη	35	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα
14	2.1.3 Ορυζώνες	36	4.1.2 Τυρφώνες
15	2.2.1 Αμπελώνες	37	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι
16	2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	38	4.2.2 Αλυκές
17	2.2.3 Ελαιώνες	39	4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
18	2.3.1 Λιβάδια	40	5.1.1 Υδατορρέυματα
19	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες	41	5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
20	2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες	42	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες
21	2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	43	5.2.2 Εκβολές ποταμών
22	2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές	44	5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

3.3 Υλικά και Μέθοδοι

Οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες του εικοστού αιώνα έχουν αλλάξει την αστική γεωγραφία της χώρας, οδηγώντας σε αλλαγές στη λειτουργία του οικοσυστήματος και υποβάθμισης της ποιότητας του περιβάλλοντος (Salvati and Ferrara 2015). Σε περιοχές όπου υπάρχει υψηλή πίεση λόγω ανθρώπινης παρέμβασης, οι επιπτώσεις της αλλαγής της κάλυψης του εδάφους μπορεί να δημιουργήσει κατακερματισμένα τοπία που έχουν απολέσει τον τυπικό τους χαρακτήρα λόγω της μετατροπής τους σε μικτές χρήσεις γεωργίας, κτηνοτροφίας, δασικής και αστικής γης.

Στο κεφάλαιο αυτό θα υπολογισθεί η επιφάνεια κάλυψης των χρήσεων του εδάφους και του αριθμού των συστάδων που συνδέονται με τον ανθρωπογενή ή φυσικό κατακερματισμό του τοπίου της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας για τις χρονικές περιόδους 1990 και 2012. Η ταξινόμηση θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με την ονοματολογία και την κατηγοριοποίηση του Ευρωπαϊκού προγράμματος Corine Land Cover. Αυτά τα δεδομένα θα επεξεργαστούν με τη βοήθεια Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάλυσης σε ψηφιακό περιβάλλον χωρικά συναφών δεδομένων. Το GIS παρέχει χαρακτηριστικά που συσχετίζουν το χώρο με περιγραφικές πληροφορίες που δεν έχουν δικές τους χωρικές οντότητες. Επιπλέον, το GIS είναι ένα λογισμικό που μπορεί να οπτικοποιεί, να διαχειρίζεται, να επεξεργάζεται, να αναλύει και να συνθέτει χάρτες. Επιπροσθέτως, υποστηρίζει πληθώρα διανυσματικών (vector) και ψηφιακών (raster) αρχείων καθώς και βάσεις δεδομένων.

3.3.1 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Τα όρια της περιοχής μελέτης αναζητήθηκαν στην ιστοσελίδα Geodata (<https://geodata.gov.gr/dataset/oria-nomon-okxe>) και μεταφορτώθηκαν σε μορφή shapefile. Στη συνέχεια με τη χρήση του λογισμικού ArcGis 10.8.1 πραγματοποιήθηκε αποκοπή του διανυσματικού επιπέδου των Καλλικρατικών Περιφερειακών Ενοτήτων της Ελλάδας, στα όρια της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας. Τα χωρικά δεδομένα της Ευρωπαϊκής Ένωσης των τύπων κάλυψης γης χορηγήθηκαν από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Corine (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>), το

οποίο επεξεργάζεται και αναλύει δεδομένα από δορυφόρους παρατήρησης της γης. Τα δεδομένα αφορούν τις χρονολογίες 1990 και 2012 και μεταφορτώθηκαν σε ψηφιακή μορφή (raster) ανάλυσης 100x100m. Με τη βοήθεια του ArcGis 10.8.1 πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δεδομένων ώστε να εμφανίζονται οι κατηγορίες κάλυψης γης ταξινομημένες με το σύστημα αρίθμησης grid code του πίνακα 3.2. Σε πρώτο στάδιο ταξινομήθηκε η επιφάνεια κάλυψης γης σύμφωνα με το 3^ο επίπεδο υψηλότερης λεπτομέρειας ταξινόμησης.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αναγωγή των υποκατηγοριών του 3^{ου} επιπέδου στις 5 βασικές κατηγορίες του 1^{ου} επιπέδου που είναι οι τεχνητές επιφάνειες, γεωργικές περιοχές, δάση και ημιφυσικές περιοχές, υγρά τοπία και υδάτινες επιφάνειες, ενώ παράλληλα υπολογίστηκε και η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία του 1^{ου} επιπέδου σε km² με τη βοήθεια του πίνακα ιδιοτήτων (attribute table) του ArcGis. Η ανωτέρω διαδικασία εφαρμόστηκε για τις χρονικές περιόδους 1990 και 2012 και από τον πίνακα ιδιοτήτων του ArcGis εξήχθηκε η επιφάνεια κάλυψης γης σε km² για τις κατηγορίες αρχικά του 3^{ου} επιπέδου αλλά και του 1^{ου} επιπέδου καθώς τα αντίστοιχα ποσοστά (%) της κάλυψης που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στους πίνακες 3.3 και 3.4 και στα διαγράμματα των εικόνων 3.3 και 3.4 αντίστοιχα.

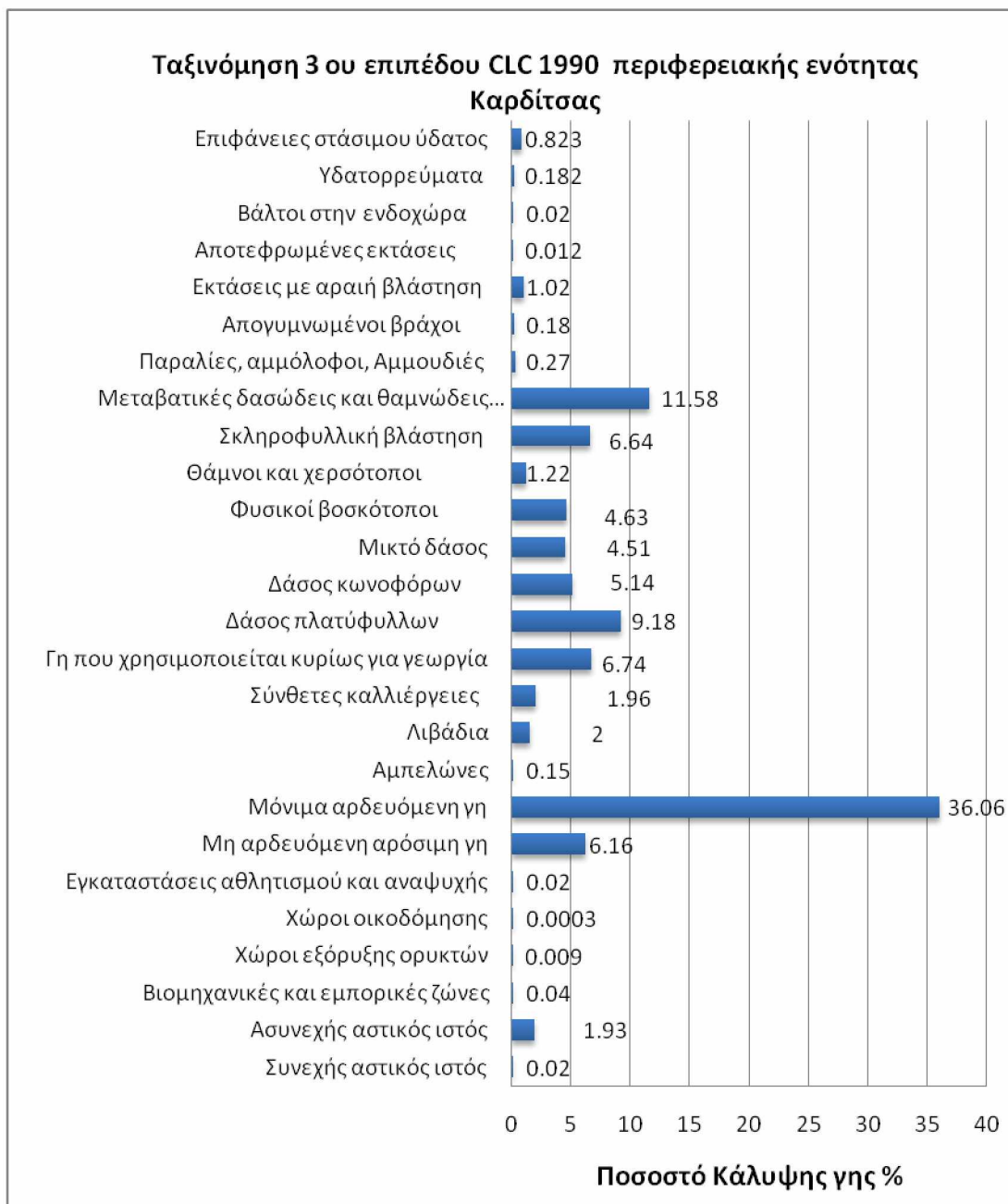
3.3.2 Ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου κάλυψης Corine Land Cover (CLC)

Από τη διαδικασία που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο προέκυψε ο πίνακας 3.3 καθώς και ο πίνακας 3.4 στον οποίο παρουσιάζεται η υψηλότερης λεπτομέρειας ταξινόμηση της κάλυψης γης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας για το έτος 1990 και το 2012 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.3 : Ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου Corine Land Cover (CLC) για το έτος 1990

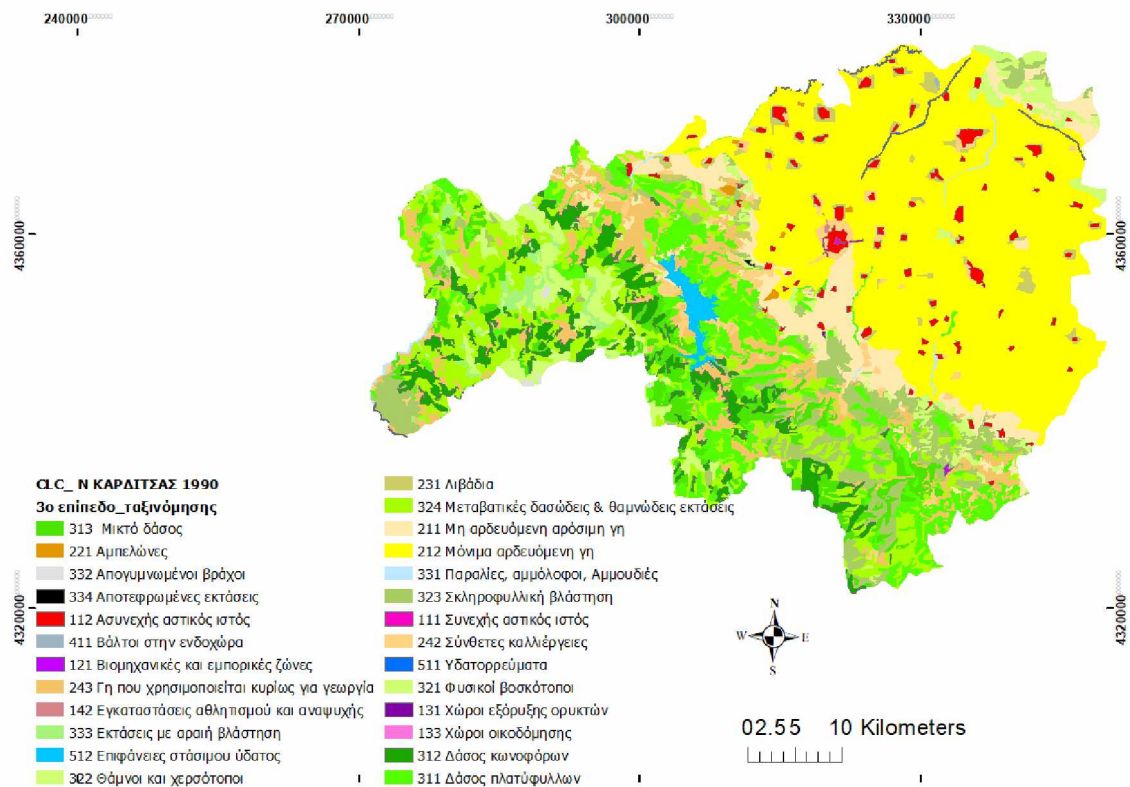
Τάξη Grid_Code 1990	Τάξη CLC 1990	Εμβαδό (km²)	3ο Επίπεδο_Ταξινόμησης	Ποσοστό %
1	111	0,52	Συνεχής αστικός ιστός	0,02
1	112	51,05	Ασυνεχής αστικός ιστός	1,93
1	121	1,13	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	0,04
1	131	0,24	Χώροι εξόρυξης ορυκτών	0,009
1	133	0,01	Χώροι οικοδόμησης	0,0003
1	142	0,53	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	0,02
2	211	162,56	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	6,16
2	212	952,09	Μόνιμα αρδευόμενη γη	36,06
2	221	3,88	Αμπελώνες	0,15
2	231	40,49	Λιβάδια	2,00
2	242	51,88	Σύνθετες καλλιέργειες	1,96
2	243	178,06	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία	6,74
3	311	242,39	Δάσος πλατύφυλλων	9,18
3	312	135,76	Δάσος κωνοφόρων	5,14
3	313	119,20	Μικτό δάσος	4,51
3	321	122,38	Φυσικοί βοσκότοποι	4,63
3	322	32,32	Θάμνοι και χερσότοποι	1,22
3	323	175,41	Σκληροφυλλική βλάστηση	6,64
3	324	305,70	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	11,58
3	331	7,17	Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές	0,27
3	332	3,11	Απογυμνωμένοι βράχοι	0,18
3	333	27,02	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	1,02
3	334	0,33	Αποτεφρωμένες εκτάσεις	0,012
4	411	0,55	Βάλτοι στην ενδοχώρα	0,02
5	511	4,80	Υδατορρέυματα	0,18
5	512	21,73	Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	0,82

Με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος Excel και την εισαγωγή των δεδομένων που εξήχθησαν από τον πίνακα ιδιοτήτων (attribute table) του ArcGis δημιουργήθηκε το διάγραμμα της εικόνας 3.3.



Εικόνα 3.3: Διάγραμμα με τις κατηγορίες κάλυψης γης Corine Land Cover (CLC) 1990

Στη συνέχεια με τη χρήση του ArcGis σχεδιάστηκε ο χάρτης της εικόνας 3.4 που απεικονίζει τις κλάσεις του Corine Land Cover για την Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας έτους 1990 σύμφωνα με το 3^ο επίπεδο ταξινόμησης.

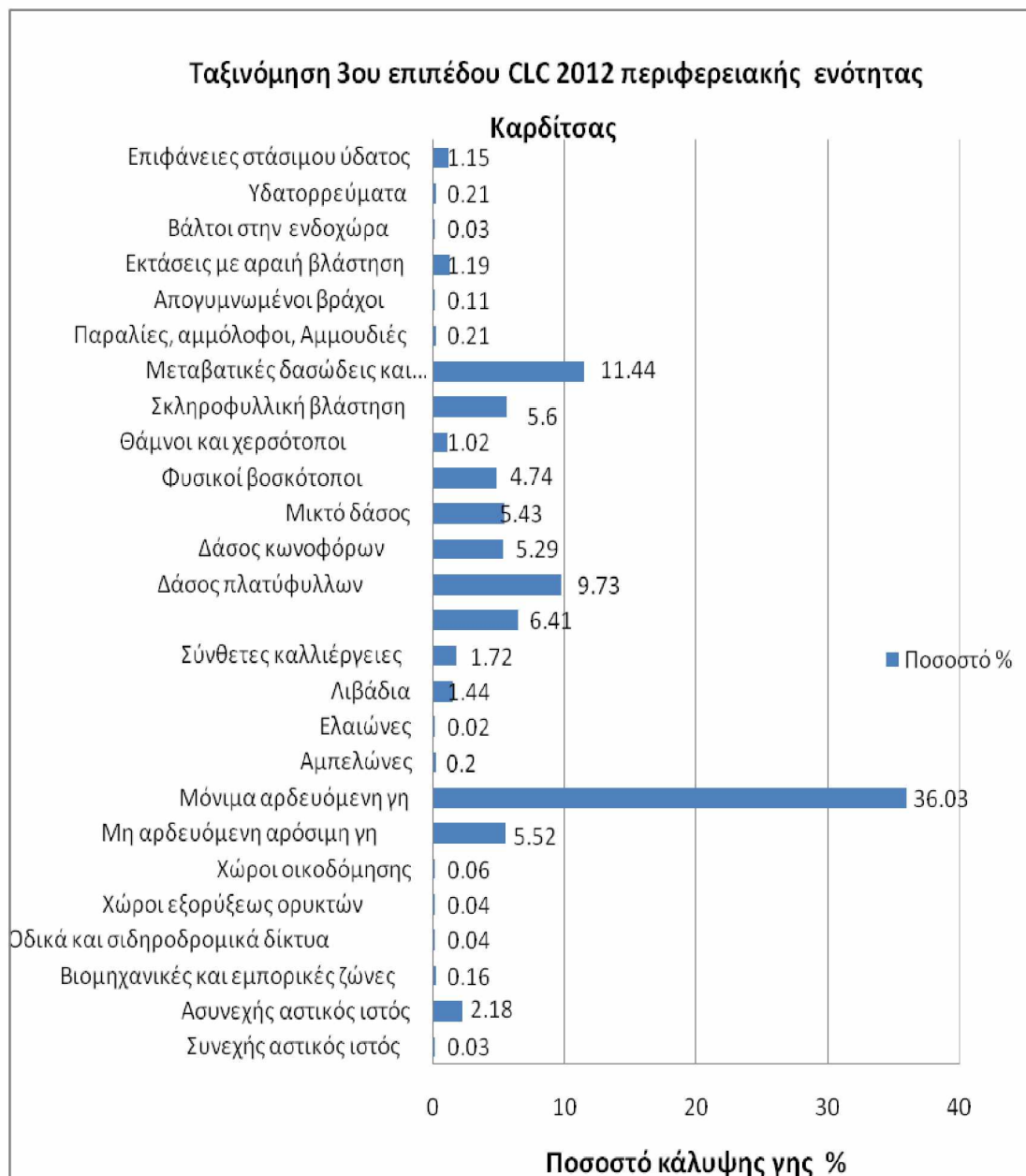


Εικόνα 3.4: Χάρτης 3^ο επιπέδου ταξινόμησης Corine Land Cover 1990 για την Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας

Στη συνέχεια, με παρόμοιο τρόπο υπολογίζουμε την κάλυψη στο 3^ο επίπεδο ταξινόμησης για το έτος 2012 και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4 και το διάγραμμα της εικόνας 3.5 αντίστοιχα.

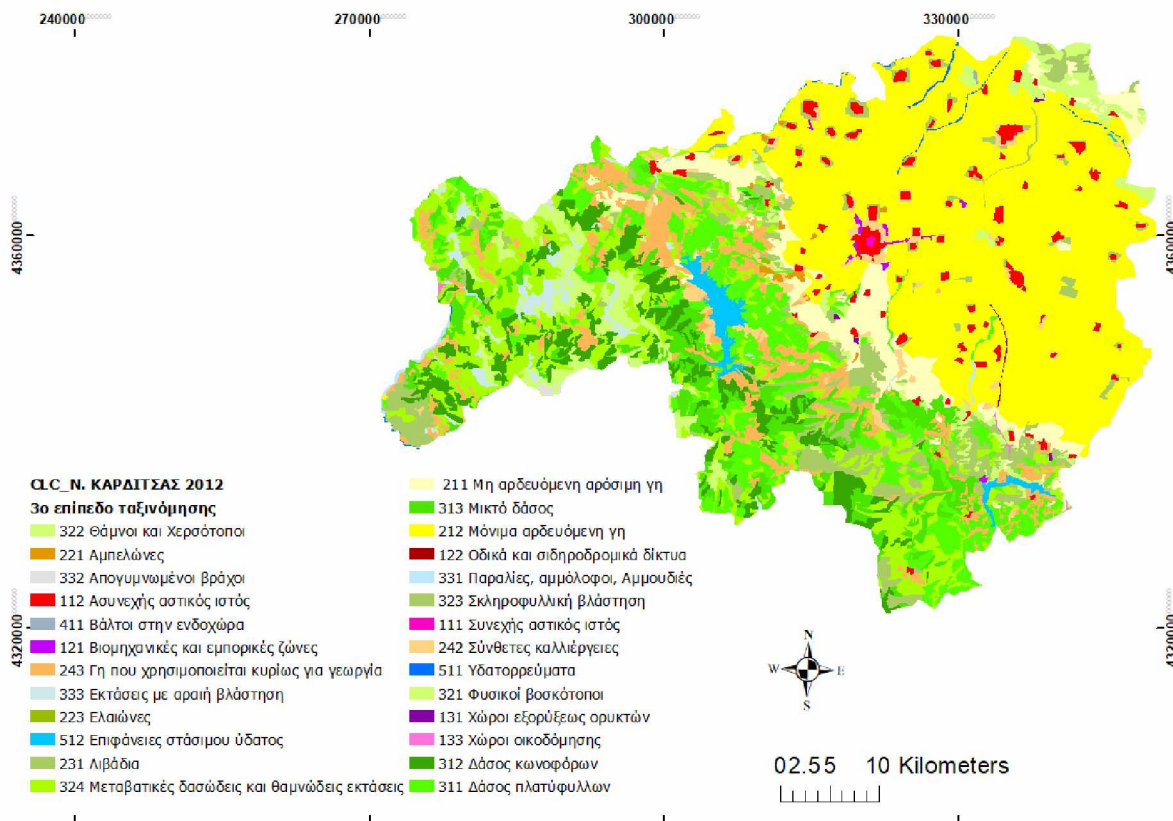
Πίνακας 3.4 : Ταξινόμηση 3^{ου} επιπέδου Corine Land Cover (CLC) για το έτος 2012

Grid_code 2012	Κωδικός CLC 2012	3ο Επίπεδο ταξινόμησης CLC 2012	Εμβαδό (km ²)	Ποσοστό %
1	111	Συνεχής αστικός ιστός	0,818	0,03
1	112	Ασυνεχής αστικός ιστός	57,57	2,18
1	121	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	4,22	0,16
1	122	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	1,13	0,04
1	131	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	1,15	0,04
1	133	Χώροι οικοδόμησης	1,45	0,06
1	211	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	145,85	5,52
2	212	Μόνιμα αρδευόμενη γη	951,29	36,03
2	221	Αμπελώνες	5,23	0,20
2	223	Ελαιώνες	0,53	0,02
2	231	Λιβάδια	37,93	1,44
2	242	Σύνθετες καλλιέργειες	45,38	1,72
2	243	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία	169,22	6,41
3	311	Δάσος πλατύφυλλων	256,86	9,73
3	312	Δάσος κωνοφόρων	139,79	5,29
3	313	Μικτό δάσος	143,34	5,43
3	321	Φυσικοί βοσκότοποι	125,04	4,74
3	322	Θάμνοι και χερσότοποι	27,05	1,02
3	323	Σκληροφυλλική βλάστηση	147,77	5,60
3	324	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	301,99	11,44
3	331	Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές	5,58	0,21
3	332	Απογυμνωμένοι βράχοι	2,79	0,11
3	333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	31,46	1,19
4	411	Βάλτοι στην ενδοχώρα	0,92	0,03
5	511	Υδατορρέυματα	5,55	0,21
5	512	Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	30,38	1,15



Εικόνα 3.5 Διάγραμμα με τις κατηγορίες κάλυψης γης Corine Land Cover (CLC) 2012

Με τη βοήθεια του ArcGis σχεδιάστηκε ο χάρτης της εικόνας 3.6 που απεικονίζει την κάλυψη γης σύμφωνα με το 3^ο επίπεδο ταξινόμησης του Corine Land Cover για το έτος 2012 της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

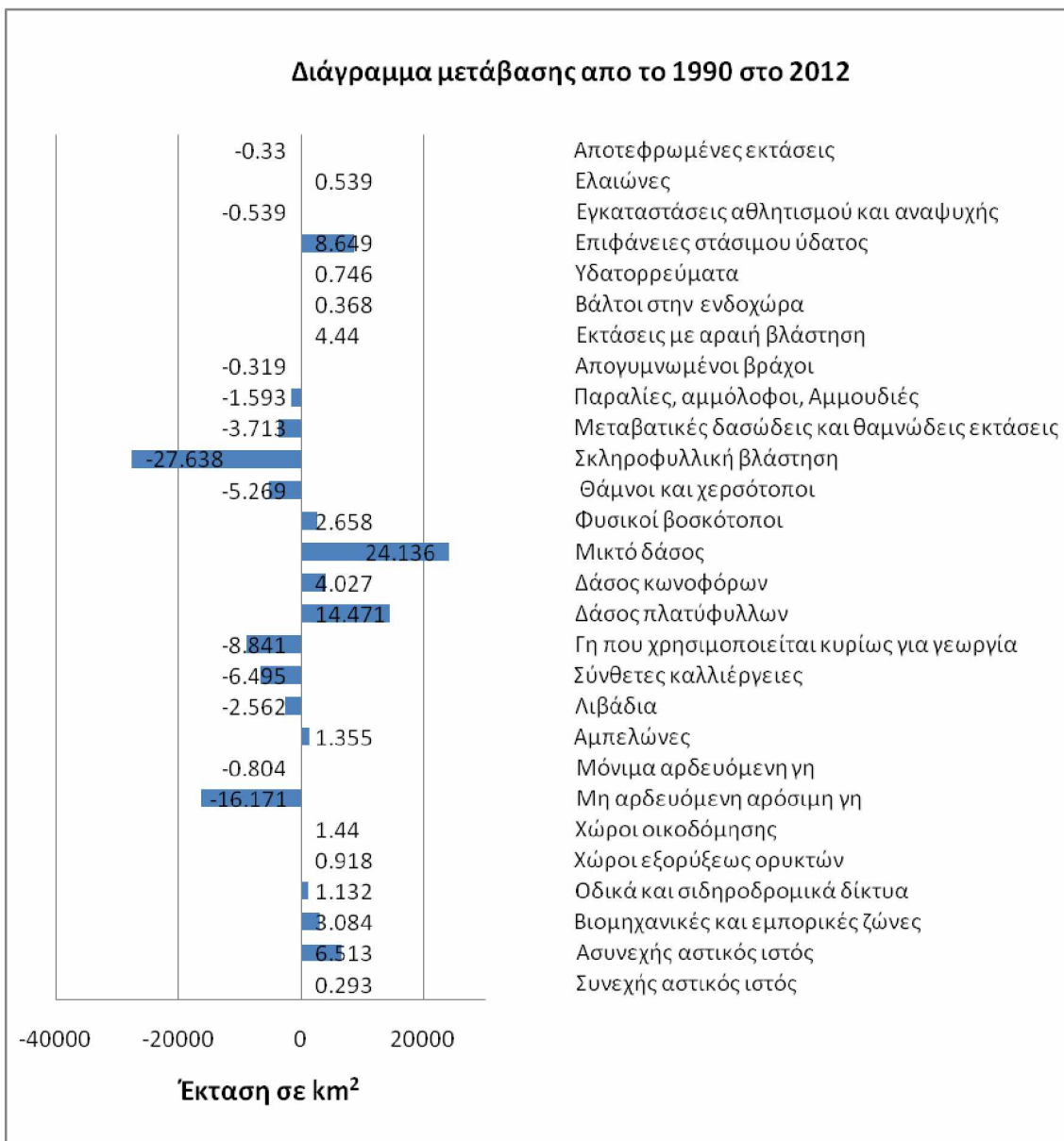


Εικόνα 3.6: Χάρτης 3^{ου} επιπέδου ταξινόμησης Corine Land Cover 2012 για την Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας

Αφού υπολογίστηκαν οι καλύψεις γης, δημιουργήθηκε ο πίνακας 3.5 καθώς και το διάγραμμα μεταβάσεως της εικόνας 3.7 από το 1990 έως το 2012, ώστε να σχηματιστεί μια πληρέστερη εικόνα του τρόπου που εξελίχθηκαν οι κλάσεις κάλυψης γης του 3^{ου} επιπέδου Corine Land Cover για την Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας. Συγκεκριμένα, από τα αρχεία των ποσοτικών δεδομένων, πραγματοποιήθηκαν αφαιρέσεις των παραμέτρων της επιφάνειας έκτασης κατά τη μετάβαση από την χρονιά 1990 στην 2012, ορίζοντας ως μειωτέο τον αριθμό για κάθε χρήση της μεγαλύτερης χρονολογίας (2012) και αφαιρετέο τον αντίστοιχο αριθμό της μικρότερης χρονολογίας (1990). Στην περίπτωση που εμφανίζονται θετικές τιμές διαπιστώνεται ότι κάποιες χρήσεις έχουν αυξηθεί, ενώ στην περίπτωση εμφάνισης αρνητικών τιμών, διαπιστώνεται ότι κάποιες χρήσεις έχουν μειωθεί. Σε περίπτωση που εισαχθεί καινούρια κατηγορία ή αν σε επόμενο χρονικό βήμα έχει χαθεί κάποια χρήση, αυτό σημαίνει ότι δημιουργείται ή ότι εξαφανίζεται μια κατηγορία.

Πίνακας 3.5: Πίνακας μετάβασης 1990-2012 σύμφωνα με το 3^ο επίπεδο ταξινόμησης

3ο Επίπεδο_Ταξινόμησης	Διαφορά 2012-1990 (km²)
Συνεχής αστικός ιστός	0,293
Ασυνεχής αστικός ιστός	6,513
Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	3,084
Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	1,132
Χώροι εξορύξεως ορυκτών	0,918
Χώροι οικοδόμησης	1,44
Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	-16,171
Μόνιμα αρδευόμενη γη	-0,804
Αμπελώνες	1,355
Λιβάδια	-2,562
Σύνθετες καλλιέργειες	-6,495
Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία	-8,841
Δάσος πλατύφυλλων	14,471
Δάσος κωνοφόρων	4,027
Μικτό δάσος	24,136
Φυσικοί βοσκότοποι	2,658
Θάμνοι και χερσότοποι	-5,269
Σκληροφυλλική βλάστηση	-27,638
Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	-3,713
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	-1,593
Απογυμνωμένοι βράχοι	-0,319
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	4,44
Βάλτοι στην ενδοχώρα	0,368
Υδατορρέυματα	0,746
Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	8,649
Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	-0,539
Ελαιώνες	0,539
Αποτεφρωμένες εκτάσεις	-0,33



Εικόνα 3.7 Διάγραμμα απεικόνισης της μετάβασης από το 1990 στο 2012

Οι πίνακες και τα ανωτέρω διαγράμματα, μας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη μεταβολή της έκτασης των χρήσεων σε κάθε χρονολογία. Παρατηρούμε ότι σε όλες τις χρονολογίες οι μεταβολές χρήσεων με τις μεγαλύτερες επιφάνειες είναι:

- **Η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη (211)**, η οποία περιλαμβάνει ανοιχτά ή κλειστά θερμοκήπια αρωματικών φυτών καθώς και καλλιέργειες δημητριακών, οσπρίων, λαχανικών και οπωροφόρων δέντρων.
- **Η γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (243)**, η οποία περιλαμβάνει καλλιεργούμενες

εκτάσεις με ενδιάμεσα τμήματα φυσικής βλάστησης.

- **Τα δάση πλατύφυλλων (311)**, όπου τα πλατύφυλλα επικρατούν των υπολοίπων τύπων φυσικής βλάστησης που αποτελείται κυρίως από δέντρα καθώς και υποορόφους με θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση.
- **Η σκληροφυλλική βλάστηση (323)**, περιλαμβάνει μακία και φρύγανα, όπου τα μακία αποτελούν φυσικές θαμνώδης συστάδες.
- **Οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις (321)**, αποτελούνται από υποβαθμισμένα δασικά οικοσυστήματα και περιλαμβάνουν θαμνώδη και πώδη βλάστηση με διασπαρμένα δέντρα.
- **Δάσος Κωνοφόρων (312)**, όπου τα κωνοφόρα επικρατούν των υπολοίπων τύπων βλάστησης. Επιπλέον, περιλαμβάνουν βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα καθώς και υποορόφους με θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση.
- **Μικτό Δάσος (313)**, το οποίο περιλαμβάνει βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα καθώς και υποορόφους με θάμνους και άλλη χαμηλή βλάστηση, όπου τα κωνοφόρα και τα πλατύφυλλα επικρατούν.
- **Ασυνεχής αστικός ιστός (112)**, στις περιοχές αυτές η γη καλύπτεται από δομημένες εκτάσεις. Χαρακτηριστικά του ασυνεχούς αστικού ιστού αποτελούν τα κτίρια, οι δρόμοι και εν γένει οι ζώνες τεχνητής επιφάνειας σε συνδυασμό με ζώνες βλάστησης και γυμνού εδάφους, που καλύπτουν διακεκομμένες αλλά και εκτενής επιφάνειες.
- **Σύνθετες καλλιέργειες (242)** μικρών αγροτεμάχιων διαφορετικών ετήσιων καλλιεργειών, βοσκότοποι και /ή μόνιμες καλλιέργειες
- **Επιφάνειες στάσιμου ύδατος (512)** οι οποίες περιλαμβάνουν φυσικές ή τεχνητές εκτάσεις νερού

Στη χρονική μετάβαση από το 1990 έως το 2012 (Εικόνα 3.7) κάποιες κλάσεις έχουν μηδαμινές μεταβολές. Λόγου χάρι οι χρήσεις υδατορρέυματα (511), βάλτοι στην ενδοχώρα (411), παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές (331), δεν έχουν κάποια ιδιαίτερη διαφορά στην επιφάνεια κάλυψης τους από το 1990 ως το 2012. Από τη διαδοχική χρονολογική παράθεση των μεταβάσεων, διαπιστώνουμε πως οι μεγαλύτερες διαφορές στην μετάβαση από το 1990 στο 2012 παρουσιάζονται στη σκληροφυλλική βλάστηση η οποία μειώνεται κατά 27,638 km², στη μη αρδευόμενη αρόσιμη γη η οποία μειώνεται

κατά 16,171 km², στη γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία που μειώνεται κατά 8,841 km² και στις σύνθετες καλλιέργειες όπου υποχωρούν κατά 6,495 km². Αντίθετα ο ασυνεχής αστικός ιστός παρουσιάζει αύξηση κατά 6,513 km², το μικτό δάσος κατά 24,136 km², το δάσος πλατύφυλλων κατά 14,471 km² και τα στάσιμα ύδατα παρουσιάζουν αύξηση της επιφάνειάς τους κατά 8,649 km².

3.3.3 Ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου κάλυψης Corine Land Cover (CLC)

Με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στην παράγραφο 3.4.1 έγινε αναγωγή των υποκατηγοριών του 3^{ου} επιπέδου στις 5 βασικές κατηγορίες του 1^{ου} επιπέδου που είναι οι τεχνητές επιφάνειες, γεωργικές περιοχές, δάση και ημιφυσικές περιοχές, υγρότοποι και υδάτινες επιφάνειες, ενώ παράλληλα υπολογίστηκε και η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία του 1^{ου} επιπέδου σε km² με τη βοήθεια του πίνακα ιδιοτήτων (attribute table) του ArcGis. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον πίνακα 3.6 και στο διάγραμμα της εικόνας 3.8 για το έτος 1990

Πίνακας 3.6 : Ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου Corine Land Cover έτους 1990

Grid_Code 1990	Κατηγορία	Επιφάνεια σε km²	Ποσοστό %
1	Τεχνητές επιφάνειες	54,19	2,03
2	Γεωργικές περιοχές	1.376,87	52,60
3	Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	1.179,79	44,34
4	Υγρότοποι	0,55	0,03
5	Υδάτινες Επιφάνειες	26,54	1,00



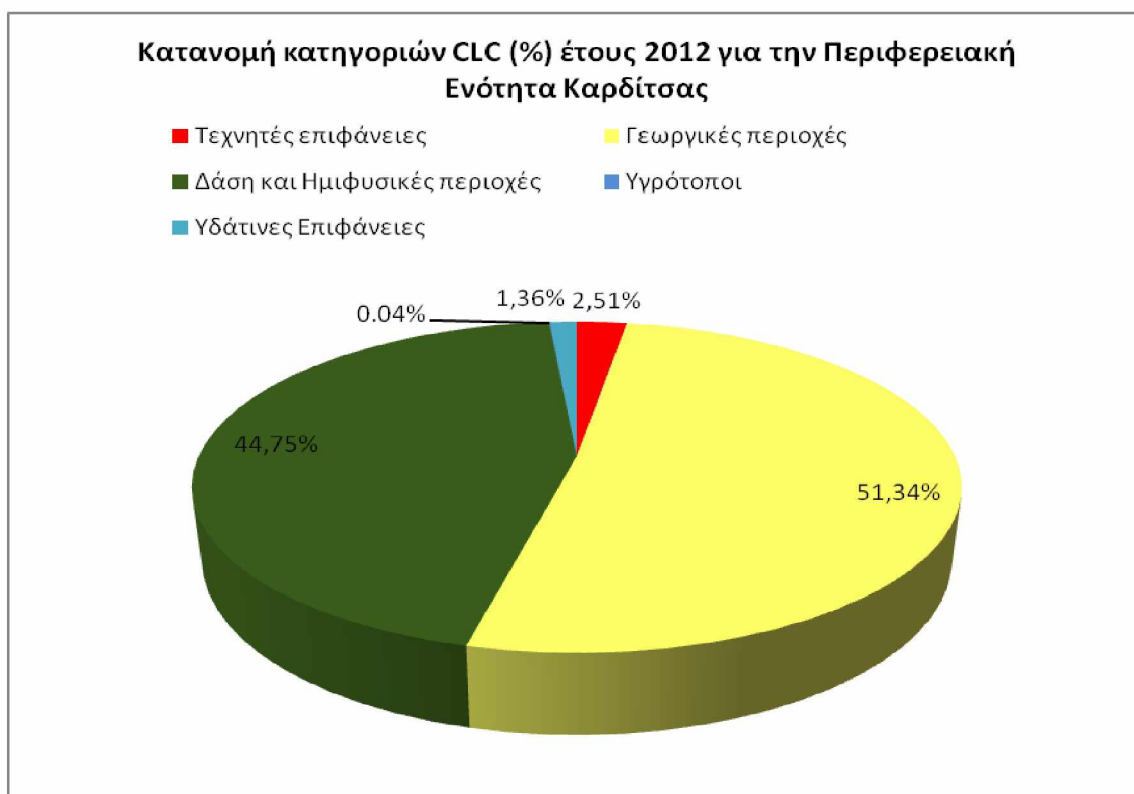
Εικόνα 3.8: Διάγραμμα κατανομής κατηγοριών επιφανειών χρήσεων Corine Land Cover 1990 στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας

Από τον πίνακα 3.6 και το διάγραμμα της εικόνας 3.8 εξάγεται το συμπέρασμα ότι για το 1990 στη Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας κυριαρχεί η κατηγορία γεωργικές περιοχές με (Grid Code 12-22) με ποσοστό 52,60%, ενώ οι δασικές και ημιφυσικές εκτάσεις (Grid Code 23-34) ακολουθούν με ποσοστό 44,34%. Οι τεχνητές επιφάνειες (Grid Code 1-11) καταλαμβάνουν ποσοστό 2,03% και τέλος οι υγρότοποι (Grid Code 35-39) με ποσοστό 0,03% και οι υδάτινες επιφάνειες (Grid Code 40-44) με ποσοστό 1%. Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζονται οι καλύψεις των βασικών κατηγοριών του 1^{ου} επιπέδου για το έτος 2012 και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον πίνακα 3.7 και στο διάγραμμα της εικόνας 3.9 αντίστοιχα.

Πίνακας 3.7 : : Ταξινόμηση 1^ο επιπέδου Corine Land Cover έτους 2012

Grid_Code 2012	Κατηγορία	Επιφάνεια σε km ²	Ποσοστό %
1	Τεχνητές επιφάνειες	66,36	2,51
2	Γεωργικές περιοχές	1.355,48	51,34
3	Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	1.181,71	44,75
4	Υγρότοποι	0,92	0,04
5	Υδάτινες Επιφάνειες	35,93	1,36

Αντίστοιχα με τη βοήθεια του προγράμματος Excel δημιουργήθηκε το διάγραμμα της εικόνας 3.9 για το έτος 2012



Εικόνα 3.9: Διάγραμμα κατανομής κατηγοριών επιφανειών χρήσεων Corine Land Cover 2012 στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας

Από τον πίνακα 3.7 και το διάγραμμα 3.9 προκύπτει ότι για το 2012 στην Περιφερειακή

Ενότητα Καρδίτσας κυριαρχεί η κατηγορία γεωργικές περιοχές με (Grid Code 12-22) με ποσοστό 51,34% ενώ οι δασικές και ημιφυσικές εκτάσεις (Grid Code 23-34) ακολουθούν με ποσοστό 44,75%. Οι τεχνητές επιφάνειες (Grid Code 1-11) καταλαμβάνουν ποσοστό 2,51% και τέλος οι υγρότοποι (Grid Code 35-39) με ποσοστό 0,04% και οι υδάτινες επιφάνειες (Grid Code 40-44) με ποσοστό 1,36%.

Τελικά από τη μετάβαση από το 1990 στο 2012 προκύπτει ο πίνακας 3.8

Πίνακας 3.8 :Μεταβολές κάλυψης γης από το 1990 έως το 2012

Κατηγορία χρήσεων	Διαφορά 2012-1990 km²	Ποσοστό %
Γεωργικές περιοχές	-21,39	-1,81
Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	1,92	0,16
Τεχνητές επιφάνειες	12,17	22,46
Υδάτινες επιφάνειες	9,39	35,38
Υγρότοποι	0,37	67,27

Από τον πίνακα 3.8 προκύπτει ότι το 2012 έχουμε μείωση των γεωργικών περιοχών κατά 21,39 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό -1,81%, αύξηση της επιφάνειας των δασικών και ημιφυσικών περιοχών κατά 1,92 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 0,16%, αύξηση των τεχνητών επιφανειών κατά 12,71 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 22,46%, αύξηση των υδάτινων επιφανειών κατά 9,39 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 35,38% και αύξηση των υγροτόπων κατά 0,37 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 67,27%.

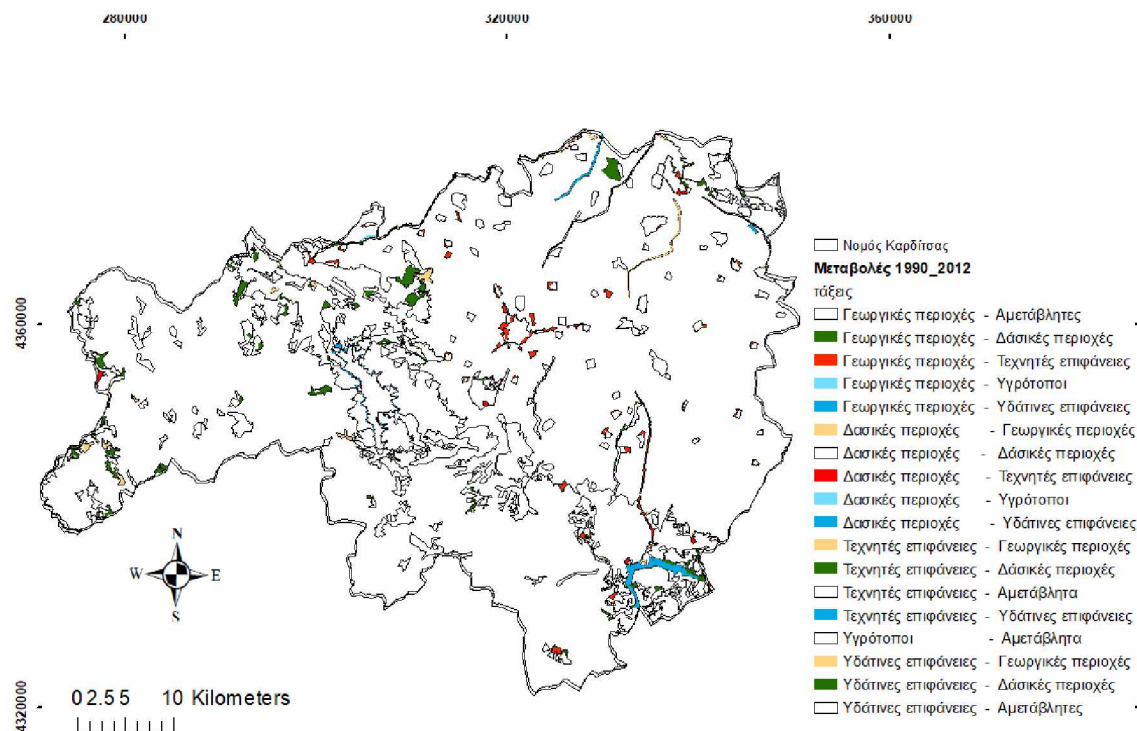
Με τη βοήθεια του ArcGis υπολογίστηκε η μεταβολή στην κάλυψη γης για τις βασικές κατηγορίες του 1^{ου} επιπέδου του πίνακα Corine Land Cover για την Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας το χρονικό διάστημα 1990-2012. Συγκεκριμένα από τον πίνακα ιδιοτήτων με τη βοήθεια του field calculator υπολογίστηκαν οι μεταβολές μεταξύ των δυο αυτών χρονολογιών και τα αποτελέσματα από την ανωτέρω διαδικασία εμφανίζονται στον πίνακα 3.9

Πίνακας 3.9 : Μεταβολές κάλυψης γης 1990-2012 της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

Κατηγορίες κάλυψης γης Corine Land Cover	Μεταβολή σε km ²	Ποσοστό μεταβολής %
Τεχνητές επιφάνειες - Τεχνητές επιφάνειες	52,38	1,98
Τεχνητές επιφάνειες - Γεωργικές περιοχές	0,59	0,02
Τεχνητές επιφάνειες - Δασικές -Ημιφυσικές περιοχές	0,18	0,01
Τεχνητές επιφάνειες - Υδάτινες επιφάνειες	0,33	0,01
Γεωργικές περιοχές - Τεχνητές επιφάνειες	11,51	0,43
Γεωργικές περιοχές - Γεωργικές περιοχές	1.343,14	50,87
Γεωργικές περιοχές - Δασικές -Ημιφυσικές περιοχές	26,55	1,05
Γεωργικές περιοχές - Υγρότοποι	0,12	0,00
Γεωργικές περιοχές - Υδάτινες επιφάνειες	7,56	0,28
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές - Τεχνητές περιοχές	2,45	0,09
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές - Γεωργικές περιοχές	10,75	0,40
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές - Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές	1.154,43	43,73
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές - Υγρότοποι	0,24	0,01
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές - Υδάτινες επιφάνειες	2,63	0,10
Υγρότοποι - Υγρότοποι	0,55	0,02
Υδάτινες επιφάνειες - Γεωργικές περιοχές	0,91	0,03
Υδάτινες επιφάνειες - Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές	0,23	0,01
Υδάτινες επιφάνειες - Υδάτινες επιφάνειες	25,38	0,96

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.9 οι τεχνητές επιφάνειες που παρέμειναν ίδιες καταλαμβάνουν έκταση 52,38 km², ενώ 1,12 km² μετατράπηκαν σε γεωργικές και δασικές εκτάσεις καθώς και υδάτινες επιφάνειες. Από την κατηγορία γεωργικές περιοχές αμετάβλητη παρέμεινε έκταση 1.343,14 km², ενώ 34,12 km² μετατράπηκαν σε δασικές εκτάσεις, τεχνητές επιφάνειες, υγρότοπους και υδάτινες επιφάνειες. Τα δάση και οι ημιφυσικές περιοχές παρέμειναν αμετάβλητα σε έκταση 1.154 km², ενώ 18,50 km² μετατράπηκαν σε τεχνητές επιφάνειες, γεωργικές περιοχές, υγρότοπους και υδάτινες επιφάνειες. Στην κατηγορία των υγρότοπων παρέμεινε αμετάβλητη έκταση 0,55 km² και τέλος οι υδάτινες επιφάνειες παρέμειναν αμετάβλητες σε έκταση 25,38 km², ενώ έκταση 1,14 km² μετατράπηκε σε γεωργικές και δασικές περιοχές.

Οι μεταβολές αυτές απεικονίζονται στο χάρτη της εικόνας 3.10

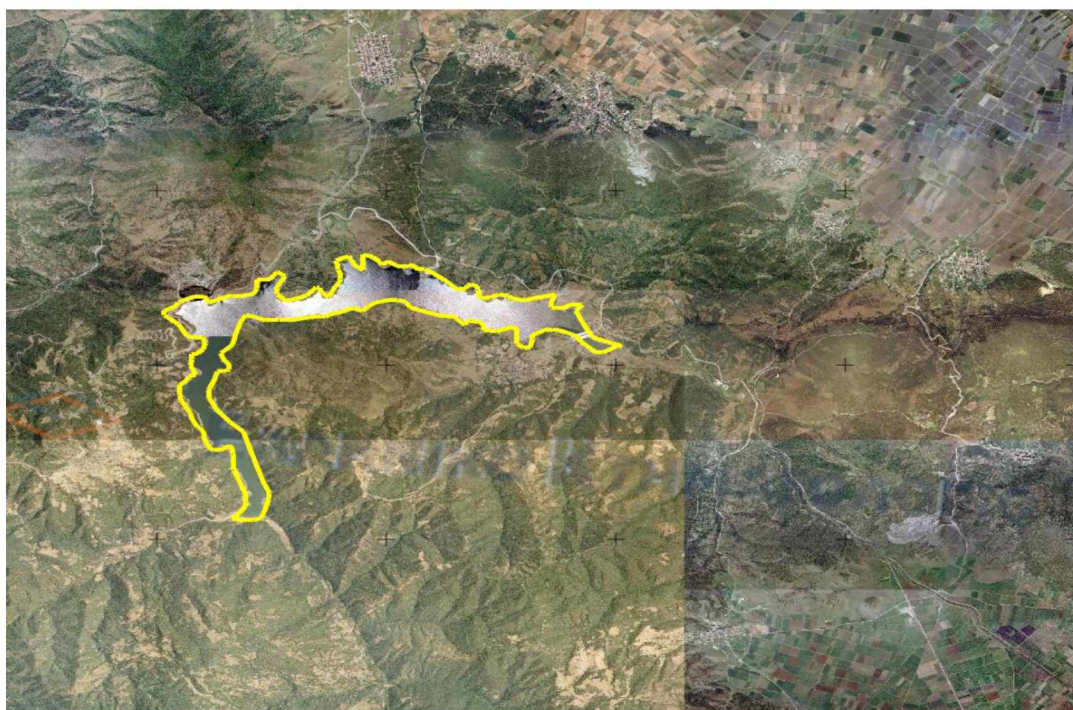


Εικόνα 3.10: Χάρτης μεταβολών της κάλυψης γης από το 1990 έως το 2012 των κατηγοριών 1^{ου} επιπέδου Corine Land Cover της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

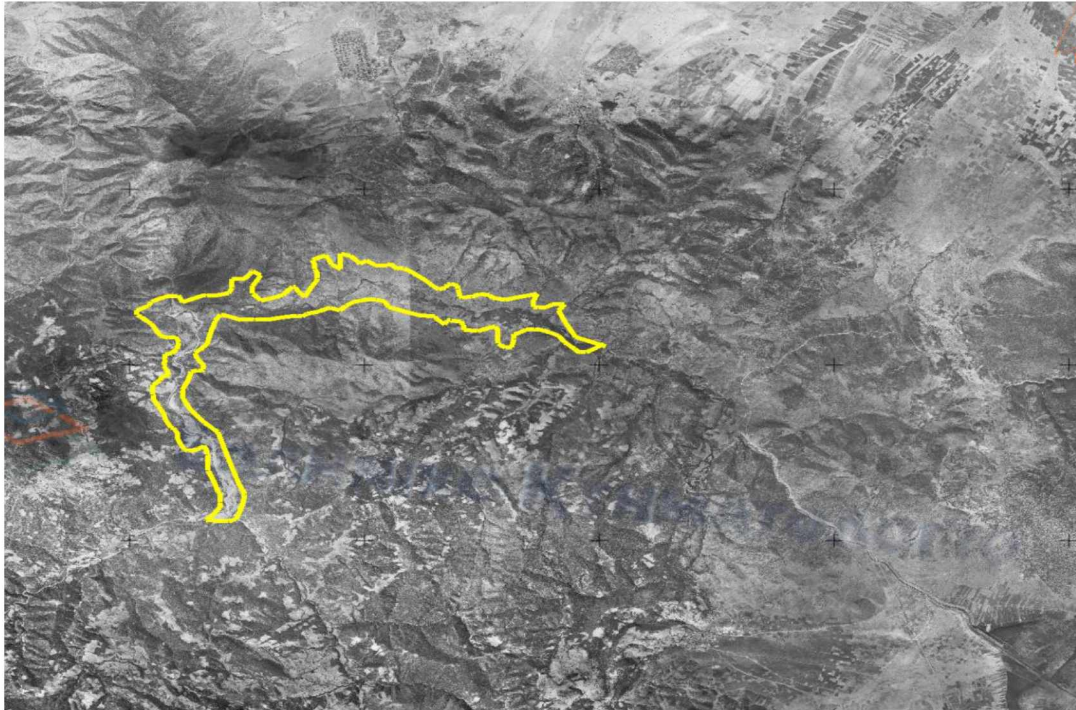
Από τον πίνακα 3.8 και το χάρτη της εικόνας 3.10 εξάγεται το συμπέρασμα ότι από το 1990 έως το 2012 σημειώνεται αύξηση στις τεχνητές επιφάνειες κατά 12,71 km² στις οποίες περιλαμβάνονται ο ασυνεχής αστικός ιστός, οι επιφάνειες των βιομηχανικών και εμπορικών χρήσεων καθώς τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα. Από τους αντίστοιχους χάρτες των εικόνων 3.4, 3.6, 3.10 των ετών 1990 και 2012 για την ευρύτερη περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης της Καρδίτσας καθίστανται εμφανείς οι αλλαγές της πόλης με την πάροδο των χρόνων. Στην αύξηση των τεχνητών επιφανειών του 2012 συντέλεσε η διεύρυνση του οδικού δικτύου στην περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης της Καρδίτσας με την κατασκευή του περιφερειακού οδικού άξονα που έγινε στο νότιο και δυτικό τμήμα της πόλης. Επιπλέον, από το 1990 ξεκίνησε η επέκταση του πολεοδομικού ιστού της πόλης με την έγκριση των πολεοδομικών μελετών που ολοκληρώθηκαν με την κύρωση των πράξεων εφαρμογής του Ν. 1337/83 όπως τροποποιήθηκε με το Ν. 2508/97.

Αναφορικά με την κατηγορία των γεωργικών περιοχών (Grid Code 12-22) για το διάστημα 1990 έως 2012 παρατηρούμε μείωση της έκτασής τους κατά 21,39 km², το οποίο αποδίδεται στις τεχνητές επιφάνειες, στις δασικές και ημιφυσικές περιοχές καθώς και σε υδάτινες επιφάνειες οι οποίες αυξάνονται κατά 9,39 km². Στο χάρτη της εικόνας 3.6 καθώς και 3.10 είναι εμφανής η αποτύπωση της τεχνητής Λίμνης Σμοκόβου. Εγκαινιάστηκε το 2002 και καταλαμβάνει έκταση περίπου 8,5 km². Το φράγμα της λίμνης Σμοκόβου χωροθετείται στο νοτιοδυτικό τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας (GR08). Η χωρητικότητα του ταμιευτήρα ανέρχεται σε περίπου 250.000.000 m³ νερού, με σκοπό την άρδευση χιλιάδων εκτάσεων καλλιεργειών και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον ορθοφωτοχάρτη περιόδου 2007-2009 (Εικόνα 3.11) της υπηρεσίας θέασης ορθοφωτογραφιών του κτηματολογίου εμφανίζεται η τεχνητή λίμνη Σμοκόβου η οποία περικλείεται από το κίτρινο περίγραμμα το οποίο σχεδιάστηκε γραφικά με τη βοήθεια του εργαλείου σχεδιασμού πολυγώνου που διαθέτει η υπηρεσία. Στον ιστορικό ορθοφωτοχάρτη περιόδου 1945-1960 (Εικόνα 3.12), η περιοχή καλύπτεται από γεωργικές εκτάσεις καθώς και από δασικές και ημιφυσικές περιοχές.



Εικόνα 3.11: Η τεχνητή λίμνη Σμοκόβου σε απόσπασμα ορθοφωτοχάρτη περιόδου 2007-2009 της υπηρεσίας θέασης ορθοφωτογραφιών του κτηματολογίου



Εικόνα 3.12: Η περιοχή πριν τη δημιουργία της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου σε απόσπασμα ιστορικού ορθοφωτοχάρτη περιόδου 1945-1960 της υπηρεσίας θέασης ορθοφωτογραφιών του κτηματολογίου

Στην κατηγορία δασικές και ημιφυσικές περιοχές $10,75 \text{ km}^2$ μετατράπηκαν σε γεωργικές περιοχές $2,45 \text{ km}^2$ σε τεχνητές επιφάνειες και $2,63 \text{ km}^2$ σε υδάτινες επιφάνειες. Τέλος οι κατηγορία υγρότοποι αυξήθηκαν κατά $0,37 \text{ km}^2$ ενώ οι υδάτινες επιφάνειες κατά $9,39 \text{ km}^2$.

3.4 Υπολογισμός των συστάδων (number of patches)

Ο κατακερματισμός του τοπίου ως διάσπαση ενός συνεχούς οικοτόπου σε μικρότερα, λιγότερο συνδεδεμένα τμήματα μπορεί να επιφέρει καταστροφικές και μη αναστρέψιμες συνέπειες στην τοπική βιοποικιλότητα (Trakhtenbrot et al., 2005).

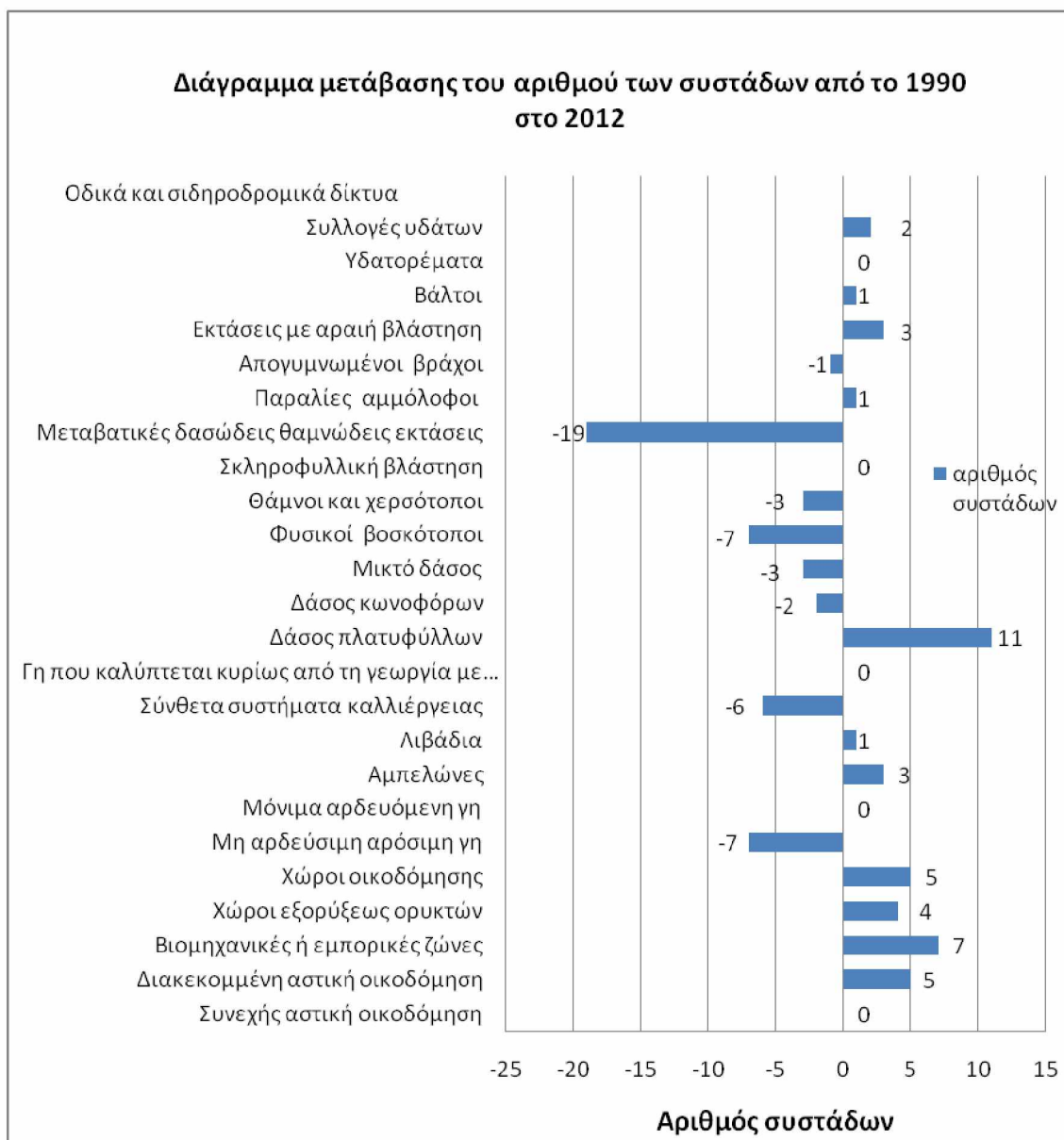
Για την παρακολούθηση της διαχρονικής μεταβολής της επιφάνειας των τοπίων, ο υπολογισμός των συστάδων (number of patches), αποτελεί ένα μέσο καταγραφής των μεταβολών και των διασπάσεων (κατακερματισμός) αυτού, σε σχέση με τη συνολική αρχική του επιφάνεια.

Η δομή του τοπίου μπορεί να ποσοτικοποιηθεί κατά μέγεθος, σχήμα και αριθμό των συστάδων. Η ποσοτικοποίηση των δομών του τοπίου αποτελεί σημαντικό τμήμα πολλών οικολογικών αναλύσεων που εφαρμόζουν λογισμικά γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και χρησιμοποιούν δορυφορικές εικόνες. Το LecoS είναι ένα πρόσθετο εργαλείο (plugin) που είναι ενσωματωμένο στο πλαίσιο επεξεργασίας του λογισμικού Qgis και χρησιμοποιείται για την ανάλυση της οικολογίας τοπίου. Τα plugins είναι εργαλεία που μπορούν να εκτελέσουν ειδικούς υπολογισμούς στο περιβάλλον του Qgis και είναι σε θέση να υπολογίζουν μια ποικιλία βασικών και προηγμένων μετρήσεων, αυξάνοντας τη λειτουργικότητα του λογισμικού. Έτσι ο χρήστης μπορεί να προσδιορίζει τις κατηγορίες και να υπολογίζει τις μετρήσεις τοπίου, την καταγραφή εκτάσεων ανά χρήση γης, υπολογισμός αριθμού συστάδων κλπ. Από το μενού του Qgis ακολουθείται η διαδρομή: Raster>LandscapeEcology>Landscape statistics> Landcover Analysis. Τέλος, επιλέγονται οι παραμέτροι οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν, όπως: η επιφάνεια χρήσης γης (Land Cover) και ο αριθμός των συστάδων (Number of Patches). Από την παραπάνω διαδικασία προκύπτει ένα ποσοτικό αρχείο σε μορφή πίνακα και με κατάληξη *. Csv, το οποίο με την κατάλληλη επεξεργασία στο πρόγραμμα Excel, έχει την μορφή του πίνακα 3.10. Στην παρούσα εργασία από τα διαγράμματα χρονικών μεταβάσεων του αριθμού των συστάδων των χρήσεων που ακολουθούν, όταν για μια χρήση η προκύπτουσα διαφορά είναι μικρή, συνάγεται το συμπέρασμα ότι η διάσπαση είναι μικρή και αντιστρόφως ανάλογα στην περίπτωση μεγάλων διαφορών.

Πίνακας 3.10: Αριθμός συστάδων ανά κατηγορία κάλυψης γης με την εφαρμογή του πρόσθετου LecoS

Αριθμός Συστάδων _1990	Κατηγορία κάλυψης γης 1990	Αριθμός Συστάδων_ 2012	Κατηγορία κάλυψης γης 2012	Διαφορά στον αριθμό συστάδων 1990-2012
1	Συνεχής αστική οικοδόμηση	1	Συνεχής αστική οικοδόμηση	0
83	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	88	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	5
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	10	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	7
1	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	5	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	4
1	Χώροι οικοδόμησης	6	Χώροι οικοδόμησης	5
48	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	41	Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	-7
5	Μόνιμα αρδευόμενη γη	5	Μόνιμα αρδευόμενη γη	0
7	Αμπελώνες	10	Αμπελώνες	3
55	Λιβάδια	56	Λιβάδια	1
60	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	54	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	-6
120	Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με εκτάσεις φυσικής βλάστησης	120	Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με εκτάσεις φυσικής βλάστησης	0
117	Δάσος πλατυφύλλων	128	Δάσος πλατυφύλλων	11
92	Δάσος κωνοφόρων	90	Δάσος κωνοφόρων	-2
95	Μικτό δάσος	92	Μικτό δάσος	-3
111	Φυσικοί βοσκότοποι	104	Φυσικοί βοσκότοποι	-7
28	Θάμνοι και χερσότοποι	25	Θάμνοι και χερσότοποι	-3
88	Σκληροφυλλική βλάστηση	88	Σκληροφυλλική βλάστηση	0
185	Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	166	Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	-19
9	Παραλίες αμμόλοφοι	10	Παραλίες αμμόλοφοι	1
7	Απογυμνωμένοι βράχοι	6	Απογυμνωμένοι βράχοι	-1
28	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	31	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	3
1	Βάλτοι	2	Βάλτοι	1
29	Υδατορέματα	29	Υδατορέματα	0
2	Συλλογές υδάτων	4	Συλλογές υδάτων	2
		2	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	
1	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	1	Ελαιώνες	
1	Αποτεφρωμένες περιοχές			

Με τη βοήθεια του προγράμματος Excel και του πίνακα 3.10 προέκυψε το διάγραμμα μετάβασης της εικόνας 3.13 του αριθμού των συστάδων από το 1990 στο 2012



Εικόνα 3.13 : Διάγραμμα μετάβαση του αριθμού συστάδων από το 1990 στο 2012

Από τον πίνακα 3.10 και το διάγραμμα μεταβάσεων της εικόνας 3.13 που απεικονίζουν τη μεταβολή του αριθμού των συστάδων (number of patches), παρατηρούμε πως κατά την μετάβαση από το 1990 στο 2012, έχουμε διασπάσεις επιφανειών και κατά συνέπεια κατακερματισμό του τοπίου, ο οποίος διαπιστώνεται σε χρήσεις όπως οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις, δάσος πλατύφυλλων, φυσικοί

βοσκότοποι, μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη, οι βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες. Οι διαφορές είναι μικρές και κυμαίνονται σε επίπεδο μικρού αριθμού συστάδων. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι υπάρχουν χρήσεις όπως η συνεχής αστική οικοδόμηση, η μόνιμα αρδευόμενη γη, η γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με εκτάσεις φυσικής βλάστησης, η σκληροφυλλική βλάστηση και τα υδατορέματα στις οποίες δεν συντελέστηκε διάσπαση επιφανειών κατά τη χρονική μετάβαση 1990 έως το 2012.

3.5 Αποτελέσματα - Συζήτηση

Στο κεφάλαιο αυτό χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Ευρωπαϊκού προγράμματος Corine δημιουργήθηκαν διαγράμματα και χάρτες και μελετήθηκε η πορεία κάθε μιας από τις χρήσεις των κατηγοριών του 1^{ου} και 3^{ου} επιπέδου ταξινόμησης κάλυψης/χρήσης γης Corine Land Cover της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε η κάλυψη γης σε km² και τα ποσοστά επί τοις % των επιφανειών που καταλαμβάνει η κάθε μια από τις πέντε βασικές κατηγορίες του 1^{ου} επιπέδου ταξινόμησης, όπως γεωργικές περιοχές, δασικές και ημιφυσικές περιοχές, τεχνητές επιφάνειες, υδάτινες επιφάνειες και υγρότοποι, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του ευρωπαϊκού προγράμματος Corine Land Cover για τα έτη αναφοράς 1990, 2012 της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας. Από τα αποτελέσματα εξάγεται το συμπέρασμα ότι από έως το 1990 έως το 2012 παρατηρείται μείωση των γεωργικών περιοχών κατά 21,39 km², αύξηση της επιφάνειας των δασικών και ημιφυσικών περιοχών κατά 1,92 km², αύξηση των τεχνητών επιφανειών κατά 12,71 km², αύξηση των υδάτινων επιφανειών κατά 9,39 km², και αύξηση των υγροτόπων κατά 0,37 km².

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της εργασίας, σε διάστημα 22 ετών (1990-2012) αυξάνονται σταθερά οι τεχνητές επιφάνειες και κυρίως ο ασυνεχής αστικός ιστός κατά 6.513 km², οι επιφάνειες των βιομηχανικών και εμπορικών χρήσεων κατά 3.084 km², τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα κατά 1.132 km² και οι χώροι οικοδόμησης κατά 1,44 km². Η αύξηση των τεχνητών περιοχών οφείλεται στην αύξηση της ανοικοδόμησης ως αποτέλεσμα της αστικοποίησης, στην επέκταση των βιομηχανικών περιοχών, καθώς και στην αύξηση των δικτύων μεταφορών που αποτελούν σημαντικούς καταναλωτές του εδάφους. Από τις εικόνες 3.4, 3.6 και 3.10

καθίστανται εμφανείς οι μεταβολές στην ευρύτερη περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης της Καρδίτσας κατά τη μετάβαση από το 1990 στο 2012, όπου παρατηρείται η επέκταση του πολεοδομικού ιστού καθώς και η προσθήκη του περιφερειακού οδικού άξονα στο νότιο και στο δυτικό τμήμα της πόλης. Παράλληλα με την αύξηση του οδικού δικτύου, παρατηρείται και αύξηση των βιομηχανικών χρήσεων στην έξοδο της πόλης, στις οδικές αρτηρίες προς την Αθήνα και προς τα Τρίκαλα.

Η οικοπεδοποίηση των γαιών, σε συνδυασμό με την επιθυμία των ανθρώπων για αποκέντρωση, δημιούργησε αύξηση της ζήτησης των νέων επεκτάσεων στην ανατολική και δυτική πλευρά της πόλης όπως αποτυπώνονται και στις αντίστοιχες εικόνες. Στην Ελλάδα, τα τελευταία 20 χρόνια σημαντικά τμήματα γης έχουν μετατραπεί σε δομημένες επιφάνειες και άλλα τμήματα της μετατρέπονται σε επιφάνειες που υποστηρίζουν έναν περισσότερο αστικοποιημένο τρόπο κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης (Παπαθανασίου Φ 2019).

Η απόσταση από τον κεντρικό δρόμο και εν γένει η προσβασιμότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα επίδρασης στην αλλαγή χρήσης γης. Είναι μοχλός επένδυσης διότι προσελκύει περισσότερες αστικές χρήσεις και σε αρκετές περιπτώσεις εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις. Με την απουσία αυστηρών πολιτικών, τα εδάφη μετατρέπονται γρήγορα σε τεχνητές επιφάνειες κυρίως κατά μήκος του πρωτεύοντος οδικού δικτύου. Η αύξηση των τεχνητών περιοχών προκαλεί κατακερματισμό της γεωργικής γης και των δασικών εκτάσεων. Στην ενότητα 3.4 διαπιστώθηκε μικρή διάσπαση επιφανειών με αύξηση του αριθμού των συστάδων στις κατηγορίες βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες καθώς και της διακεκομμένης αστικής οικοδόμησης. Ο κατακερματισμός εδαφών που αποτελούν ενδιάμεσα διαφόρων ειδών, προκαλεί συρρίκνωση του φυσικού πλούτου διαταράσσοντας τη βιοποικιλότητα (Χρυσάφη 2009). Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο, διαπιστώθηκε ότι τα τμήματα του εδάφους που μετατράπηκαν σε τεχνητές επιφάνειες, προέρχονται σε ποσοστό 48% από τη γεωργική γη, 36% από τα λιβάδια και 9% από δασικές περιοχές.

Οι γεωργικές περιοχές αποτελούν το σημαντικότερο τύπο εδαφικής κάλυψης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας με ποσοστό 51,34% για το έτος 2012. Η επιφάνεια των γεωργικών περιοχών μειώθηκε από το 1990 έως το 2012 κατά 21,39 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 1,81%. Συγκεκριμένα, η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη

παρουσιάζει μείωση κατά 16,17 km², ενώ την ίδια χρονική περίοδο η μόνιμα αρδευόμενη γη παρουσιάζει μείωση κατά 0.804 km². Μείωση παρατηρούμε στις σύνθετες καλλιέργειες κατά 6.495 km², στη γη που χρησιμοποιείται κυρίως για καλλιέργεια με σημαντικά τμήματα φυσικής γης κατά 8.841 km² καθώς και στα λιβάδια κατά 2.562 km². Παράλληλα παρατηρούμε τη μόνη θετική διαφορά στις επιφάνειες των αμπελώνων που αυξάνονται κατά 1.355 km². Η βασικότερη αιτία μείωσης των γεωργικών περιοχών είναι η μετατροπή τους σε τεχνητές επιφάνειες που εμφανίζονται κοντά σε αστικές περιοχές. Η εγκατάλειψη των γεωργικών εδαφών οφείλεται κυρίως σε οικονομικές αιτίες, που καθιστούν τη γεωργική ενασχόληση δαπανηρή και μη ελκυστική δραστηριότητα. Επιπροσθέτως, οι τρέχουσες κρατικές πολιτικές ενισχύουν έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εξάπλωση του οδικού δικτύου, ακόμη και σε προστατευόμενες περιοχές όπως οι ζώνες Natura 2000, καθώς και οι περιοχές της γης υψηλής παραγωγικότητας. Την τελευταία δεκαετία στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας παρατηρείται αύξηση της διάθεσης γεωτεμαχίων υψηλής παραγωγικότητας για εγκατάσταση Φ/Β σταθμών, ακολουθώντας το γενικότερο στρατηγικό πλαίσιο της χώρας για την εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ένα ακόμη λόγος μείωσης της γεωργικής και δασικής επιφάνειας όπως παρατηρούμε από τη μετάβαση 1990 στο 2012, οφείλεται στη μετατροπή τους σε υδάτινη επιφάνεια λόγω της κατασκευής του τεχνητού ταμιευτήρα της Λίμνης Σμοκόβου επιφάνειας περίπου 8,5 km². Ως αντιστάθμιση της απώλειας γεωργικής γης, εμφανίζεται η μετατροπή δασικών και ημιφυσικών περιοχών σε γεωργικές καλλιέργειες λόγω καλής ποιότητας του δασικού εδάφους.

Η επόμενη κατηγορία, των δασικών και ημι-φυσικών περιοχών, παρουσιάζει και πάλι αυξομειώσεις. Οι χρήσεις με τις μεγαλύτερες αρνητικές διαφορές είναι η σκληροφυλλική βλάστηση κατά 27.638 km², οι θάμνοι και οι χερσότοποι κατά 5.269 km², οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις κατά 3.713 km². Αντίστοιχα, το ίδιο διάστημα έχουμε θετικές διαφορές στο δάσος πλατύφυλλων κατά 14.471 km², στα μικτά δάση κατά 24.136 km² και στο δάσος κωνοφόρων κατά 4.027 km². Η μείωση των δασικών εκτάσεων οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αποψίλωση για τη διάθεση τους σε άλλες χρήσεις όπως τεχνητές επιφάνειες και γεωργική γη και λόγω φυσικών καταστροφών. Στις περιπτώσεις αυτές όταν δεν μπορεί να λειτουργήσει η ικανότητα φυσικής επαναφοράς και δεν εφαρμόζονται τεχνικές αποκατάστασης του

κατεστραμμένου τοπίου, τότε δύναται να υποβαθμιστεί σε άλλο τύπο εδαφικής κάλυψης. Αντίθετα αύξηση της δασικής κάλυψης μπορεί να επέλθει μέσω της αναδάσωσης, ή μέσω της φυσικής αναγέννησης. Ο κατακερματισμός των δασικών εκτάσεων και η μετατροπή τους σε άλλης μορφής κάλυψη είτε λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων, είτε λόγω φυσικών καταστροφών, έχει δυσμενείς συνέπειες στη διατήρηση της βιοποικιλότητας μιας περιοχής. Στις κατηγορίες των υγροτόπων και των υδάτινων επιφανειών έχουμε αντίστοιχα αύξηση κατά 0,37 km² και κατά 9,39 km². Κατά τη μετάβαση από το 1990 στο 2012 έχουμε τη δημιουργία της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου εκτάσεως περίπου 8,5 km², γεγονός που συντέλεσε στην αύξηση των υδάτινων επιφανειών σε βάρος της γεωργικής γης και των δασικών και ημιφυσικών εκτάσεων στην Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας.

Κατά τη μετάβαση από το 1990 έως το 2012 εκτός από τις μεταβολές στην επιφάνεια των χρήσεων καταγράφηκαν και μεταβολές του αριθμού των συστάδων τους, οι οποίες αφορούν τη διάσπαση της συνοχής τους και τον κατακερματισμό του τοπίου. Κατά την περίοδο αυτή, παρατηρήθηκαν θετικές διαφορές στις τεχνητές επιφάνειες, στις βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες, στις υποδομές και μεταφορές. Στις επόμενες κατηγορίες έχουμε διαφορά με αυξομειώσεις στις μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις, στο δάσος πλατύφυλλων, στους φυσικούς βοσκοτόπους και στη μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη. Η διάσπαση των επιφανειών σε άλλες μικρότερες περιοχές τα τελευταία 50 χρόνια, οφείλεται κυρίως στα δίκτυα μεταφορών και στην επέκταση των αστικών περιοχών. Στην περιοχή μελέτης, από τα αποτελέσματα που προκύπτουν φαίνεται πως οι διασπάσεις καταγράφονται κυρίως σε γεωργικές και δασικές- ημιφυσικές περιοχές. Ένας άλλος παράγοντας κατακερματισμού είναι η μετάβαση από τα δάση σε γεωργικές εκτάσεις και βοσκοτόπους, τα οποία με τη σειρά τους χρησιμοποιούνται για την επέκταση της ανοικοδόμησης κυρίως στις εκτός σχεδίου δόμησης περιοχές.

Με τη βοήθεια των σύγχρονων τεχνολογικών μέσων των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, τη χρήση της τηλεπισκόπησης, αλλά και μοντέλων πρόβλεψης όπως το Terrset που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία, θα μπορούν να παρακολουθούνται και να καταγράφονται οι μεταβολές της κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους, όπου σε συνδυασμό με την εφαρμογή στρατηγικού εθνικού και χωροταξικού σχεδιασμού, θα μπορούν να λαμβάνονται έγκαιρα μέτρα για τη διαφύλαξη του φυσικού τοπίου και τη διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης και αειφορίας.

4. Δασικοί Χάρτες

4.1 Η σημασία του Δάσους

Τα δάση παρέχουν ένα σημαντικό αριθμό οικοσυστημικών υπηρεσιών που μπορεί να διαφέρουν από οικολογική, κοινωνικοοικονομική και αισθητική άποψη. Εν συντομία, τα δασικά οικοσυστήματα διατηρούν τη βιοποικιλότητα σε ένα ευρύ φάσμα επιπέδων, αποτελώντας βίοτοπο για χερσαία ζωικά και φυτικά είδη (Costanza et al. 1997), ενώ ταυτόχρονα διατηρούν την ποιότητα του εδάφους μέσω της κατακράτησης ιζημάτων, της συσσώρευσης οργανικού υλικού και του κύκλου των θρεπτικών στοιχείων (Schoenholtz et al. 2000). Εκτός από την παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών, ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται διαρκώς τα δάση, καθώς αποτελούν ζωτική πηγή τροφής, υλικών και ενέργειας (Vos and Meekes 1999). Επιπλέον, η συνεχόμενη αύξηση της ανθρώπινης παρέμβασης, έχει οδηγήσει στην ουσιαστική αλλαγή της κάλυψης της γης, μεταβάλλοντας τη συνοχή και τη δομή των φυσικών αποθεμάτων, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών (Vitousek et al. 1997). Οι μεταβολές αυτές, οι οποίες ενισχύονται από την κακοδιαχείριση και υπερεκμετάλλευση του δασικού πλούτου και των φυσικών αποθεμάτων, συνιστούν σοβαρές απειλές για την αειφορική ικανότητα της γης (Foley et al. 2005). Αυτό το πολύπλοκο σύστημα αλληλεπίδρασης έχει προσελκύσει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας τις τελευταίες δεκαετίες (Turner et al. 2007).

4.2 Ορισμός Δάσους και Δασικού Χάρτη

Με την πάροδο του χρόνου έχουν υπάρξει διάφοροι ορισμοί για τα δάση στην Ελλάδα. Το ισχύον νομικό πλαίσιο του δάσους και της δασικής γης περιέχεται στο άρθρο 24 του Συντάγματος, όπως τροποποιήθηκε το 2001: «Δάσος ή δασικό οικοσύστημα ορίζεται ως το οργανικό σύνολο άγριων φυτών με ξυλώδη κορμό, στην απαραίτητη έκταση εδάφους που μαζί με τη γλωρίδα και την πανίδα που συνυπάρχουν εκεί και αποτελούν μέσω της αμοιβαίας αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασής τους, μια ιδιαίτερη βιοκοινότητα (δασική βιοκοινότητα) και ένα ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον (προερχόμενο από δάσος). Μια δασική έκταση

υπάρχει όταν η άγρια ξυλώδης βλάστηση, είτε υψηλή είτε θαμνώδης, είναι αραιή».

Η αεροφωτογράφιση και η εναέρια τηλεπισκόπηση συνιστούν ακριβείς πηγές βασικών πληροφοριών σχετικά με την κάλυψη της γης, σημαντική για την ανάπτυξη του κτηματολογίου. Η ψηφιακή ορθοφωτογραφία έχει σημαντικές δυνατότητες για την κτηματογράφηση δασικών εκτάσεων, λόγω της υψηλής ακρίβειας θέσης και της ιστορικής της εφαρμογής (Vogiatzis 2008).

Για τον καθορισμό των περιοχών που καλύπτονται από δάση χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο, η παλαιότερη ορθοφωτογραφία (1945) καθώς και η πιο πλησιέστερη προς το χρόνο κατάρτισης του δασικού χάρτη αεροφωτογραφία. Για την κατάρτιση των δασικών χαρτών της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας χρησιμοποιήθηκε ως πλησιέστερος χρόνος κατάρτισης του δασικού χάρτη ο ορθοφωτοχάρτης 2007_2009, από τη Διεύθυνση Δασών της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, που έχει την αρμοδιότητα κατάρτισης δασικών χαρτών. Εάν τα δεδομένα των αεροφωτογραφιών παλαιότερου έτους δεν είναι ικανοποιητικά ή δεν επαρκούν για τη χαρτογράφηση της εξεταζόμενης περιοχής, χρησιμοποιείται και η αεροφωτογράφιση έτους λήψης 1960.

4.3 Κατάρτιση Δασικών Χαρτών

Σκοπός της κατάρτισης των δασικών χαρτών αποτελεί η τεκμηριωμένη και έγκυρη αποτύπωση, καταγραφή και οριοθέτηση τους και αφορά το σαφή και διακριτό διαχωρισμό των δασών, δασικών και χορτολιβαδικών εκτάσεων. Ειδικότερα, η κατάρτιση των δασικών χαρτών αποτελεί μια διαδικασία χρονικού και χωρικού προσδιορισμού τους με τρόπο σαφή και έγκυρο (ΓΕΩ.Τ.Ε.Ε 2009).

Η πρώτη προσπάθεια σύνταξης δασικού κτηματολογίου ξεκίνησε το 1976. Στο πλαίσιο αυτής της προσπάθειας συστάθηκαν ειδικά συνεργεία εξειδικευμένου προσωπικού ώστε να πραγματοποιηθεί η κατάρτιση των «κτηματικών χαρτών». Ουσιαστικά, οι δασικοί χάρτες ξεκίνησαν να χαρτογραφούνται το 1999 στο πλαίσιο του προγράμματος του εθνικού κτηματολογίου. Ωστόσο η διαδικασία ανάρτησης δεν προχώρησε εξαιτίας των ενστάσεων που κατατέθηκαν στο ΣτΕ (Συμβούλιο της επικρατείας). Τελικά, μετά από αρκετά χρόνια αδράνειας και καθυστερήσεων, με το Ν. 4389/2016 θεσμοθετήθηκε το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο με την επίτευξη των διαδικασιών θεώρησης και κύρωση των δασικών χαρτών, καθιστώντας αρμόδια για

όλα τα θέματα των δασικών χαρτών την κατά τόπους δασική υπηρεσία. (Κουτσογιάννη 2020).

Η οριοθέτηση των δασών και δασικών εκτάσεων πραγματοποιείται με τη μέθοδο της φωτοερμηνείας επί των ιστορικών αεροφωτογραφιών έτους 1945/1960 καθώς και των πρόσφατων έτους 2007_2009 και 2015. Η διαδικασία περιλαμβάνει την παρατήρηση και εξέταση των αντικειμένων που αποτυπώνονται σε ζεύγος αεροφωτογραφιών. Για την φωτοερμηνεία χρησιμοποιείται ειδικό κατοπτρικό στερεοσκόπιο. Για το λόγο αυτό η ανωτέρω διαδικασία αποκαλείται και στερεοσκοπική παρατήρηση ή στερεοσκοπική φωτοερμηνεία.

Η κλίμακα των χαρτών είναι 1:5000 (σε ορεινές περιοχές μπορεί να γίνει δεκτή και κλίμακα 1:10000) και οι βασικές κατηγορίες που διακρίνονται είναι τρείς:

- **«Δ» Δάση και Δασικές εκτάσεις, όπως ορίζονται κάθε φορά με την ισχύουσα νομοθεσία.**
- **«Χ» Δημόσιες Χορτολιβαδικές εκτάσεις (νομοθεσία).**
- **«Α» Άλλης μορφής εκτάσεις.**

4.4 Κατηγορίες μορφής – κάλυψης πολυγώνων Δασικού Χάρτη

Μια άλλη παράμετρος που χρησιμοποιείται για την ακριβή αξιολόγηση των χωρικών μεταβολών των δασικών εκτάσεων είναι η χωρική τους ομοιογένεια. Η παράμετρος αυτή υπολογίζεται από την καταμέτρηση του αριθμού των διαφορετικών πολυγώνων των δασικών περιοχών. Ο μεγάλος αριθμός πολυγώνων συνιστά υψηλό χωρικό κατακερματισμό. Σε αντίθεση, μικρός αριθμός διαφορετικών πολυγώνων υποδηλώνει χωρικά ομοιογενείς δασικές εκτάσεις. Σύμφωνα με το τεύχος προδιαγραφών σύνταξης δασικών χαρτών Υ.Α 158576/1579/ 4-7-2017 (ΦΕΚ 2373/Β'/12-07-2017) και όπως αναλύονται στην εργασία της Κουτσογιάννη (2020), οι κατηγορίες φυτοκάλυψης που εμφανίζονται στον ιστορικό ορθοφωτοχάρτη έτους 1945 ή 1960 είναι:

- **Δ Δασική εν γένει έκταση**, στις Α/Φ παλαιότερης λήψης ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν.248/76
- **Χ Χορτολιβαδική έκταση**, στις Α/Φ παλαιότερης λήψης
- **Α Άλλης μορφής έκταση**, στις Α/Φ παλαιότερης λήψης ή στους κτηματικούς

χάρτες του Ν.248/76».

Οι κατηγορίες φυτοκάλυψης των δασικών πολυγώνων του δασικού χάρτη είναι:

- «**ΔΔ Δάση και Δασικές εκτάσεις** στις Α/Φ παλαιότερης λήψης , Δάση και Δασικές εκτάσεις στις πρόσφατες Α/Φ και αυτοψίες ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν. 248/1976 (Ανέκαθεν Δασικές Εκτάσεις).
- **ΔΑ Δάση και Δασικές εκτάσεις** στις Α/Φ παλαιότερης λήψης - Άλλης μορφής χρήσεις εκτάσεις στις πρόσφατες Α/Φ και αυτοψίες ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν. 248/1976 (Εκχερσώσεις).
- **ΑΔ Άλλης μορφής χρήσεις εκτάσεις** στις Α/Φ παλαιότερης λήψης - Δάση και Δασικές εκτάσεις στις πρόσφατες Α/Φ και αυτοψίες ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν. 248/1976 (Δασωθέντες Αγροί).
- **ΑΑ Άλλης μορφής χρήσεις εκτάσεις** στις Α/Φ παλαιότερης λήψης - Άλλης μορφής χρήσεις εκτάσεις στις πρόσφατες Α/Φ και αυτοψίες ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν. 248/1976 (Ανέκαθεν Άλλης μορφής χρήσεις εκτάσεις)
- **ΠΔ Τελεσιδικες πράξεις και αποφάσεις** χαρακτηρισμού του άρθρου 14 του Ν.998/79 (παρ. 18 του άρθρου 26 του Ν.2664/98), με τις οποίες η έκταση χαρακτηρίστηκε ως Δασική.
- **ΠΑ Τελεσιδικες πράξεις και αποφάσεις** χαρακτηρισμού του άρθρου 14 του Ν.998/79 (παρ. 18 του άρθρου 26 του Ν.2664/98),
- **ΠΧ Τελεσιδικες πράξεις και αποφάσεις** χαρακτηρισμού του άρθρου 14 του Ν.998/79 (παρ. 18 του άρθρου 26 του Ν.2664/98), με τις οποίες η έκταση χαρακτηρίστηκε ως Χορτολιβαδική.
- **ΑΝ Αναδασωτέα ή Δασωτέα έκταση** με πράξη της αρμόδιας αρχής.
- **XX Χορτολιβαδική έκταση** στις Α/Φ παλαιότερης καθώς και πρόσφατης λήψης και αυτοψίες ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν. 248/1976.
- **ΧΑ Χορτολιβαδική έκταση** στις Α/Φ παλαιότερης και άλλης μορφής χρήσης στις πρόσφατες Α/Φ και αυτοψίες ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν. 248/1976.
- **ΑΧ Άλλης μορφής/κάλυψης» έκταση** στις Α/Φ παλαιότερης λήψης (μόνο για κατακλυζόμενες από ύδατα εκτάσεις) - Χορτολιβαδική στις πρόσφατες Α/Φ και στις αυτοψίες ή στους κτηματικούς χάρτες του Ν. 248/1976.
- **ΣΑ Περιοχές** της παραγράφου 2β του άρθρου 23 του Ν. 3889/2010

- **ΣΠ** Σχέδια πόλης και όρια οικισμών της παραγράφου 2α του άρθρου 23 του Ν.3889/2010.

Οι δασικοί χάρτες και η διάκριση μεταξύ των δασικών εκτάσεων από τις υπόλοιπες επιφάνειες, αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την προστασία και διαχείριση των δασικών και χορτολιβαδικών περιοχών της χώρας μας. Επιπροσθέτως συντελούν στην κατάρτιση ενός ολοκληρωμένου πολεοδομικού και χωροταξικού σχεδιασμού σε τοπικό αλλά και εθνικό επίπεδο. Η σύνταξη και η κύρωση των δασικών χαρτών σε συνδυασμό με την ομαλή εξέλιξη του Εθνικού κτηματολογίου αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την ορθολογική διαχείριση του δασικού περιβάλλοντος (Ε. Κορκοσιδού 2020)

4.5 Τα πολύγωνα των αναρτημένων Δασικών Χαρτών στην περιοχή μελέτης.

Η αύξηση του πληθυσμού που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες, η μετακίνηση του από περιοχή σε περιοχή και η αυξημένη δραστηριότητα του, έχουν αλλάξει την όψη και την κάλυψη των χρήσεων της γης. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται περιοχές που ενώ στο παρελθόν ήταν αγροτικές να έχουν εγκαταλειφθεί, με αποτέλεσμα την εμφάνιση μορφών δασικής βλάστησης και το ακριβώς αντίθετο. Δηλαδή, περιοχές που σε προγενέστερο χρόνο ήταν δάση ή δασικές εκτάσεις να έχουν εκχερσωθεί και να χρησιμοποιούνται σήμερα ως γεωργική γη, ή να έχουν χρησιμοποιηθεί για αστική επέκταση. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να καταγραφούν και να τεκμηριωθούν αυτές οι αλλαγές, προκειμένου να ληφθούν ορθές διαχειριστικές αποφάσεις σχετικά με τη χωρική αναδιοργάνωση, και την ορθολογική διαχείριση των δασών και δασικών εκτάσεων.

Στο κεφάλαιο αυτό με τη βοήθεια των πρωτογενών δεδομένων των αναρτημένων δασικών χαρτών της Π.Ε. Καρδίτσας σύμφωνα με την (αρ. πρωτ. 2302/148987/05-09-2019 Δ/νσης Δασών Καρδίτσας, ΑΔΑ 6Ρ8ΒΟΡ10-43Ζ), εντοπίστηκαν και κατεγράφησαν οι αλλαγές στην δασική κάλυψη γης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που προέκυψαν από τους ιστορικούς (1945) αλλά και τους πρόσφατους ορθοφωτοχάρτες (2007-2009). Τα βασικά δεδομένα του δασικού χάρτη είναι τα πολύγωνα κάλυψης αυτού, τα οποία παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη μορφή κάλυψης γης για την περίοδο 1945 όπως αποτυπώθηκε στον

ιστορικό ορθοφωτοχάρτη και μία πρόσφατης που προέκυψε από τον ορθοφωτοχάρτη 2007-2009. Όπως αναφέρεται στο Τεύχος Τεχνικών Προδιαγραφών (ΦΕΚ 2373/Β'/12-07-2017) «Ιστορικός Ορθοφωτοχάρτης (1945, 1960) είναι ο ορθοφωτοχάρτης που παράγεται από ιστορικές ορθοφωτογραφίες ετών 1945 ή 1960, με τα όρια των Δασικών και Χορτολιβαδικών εκτάσεων, όπως αυτά αποδίδονται μετά από φωτοερμηνεία των φωτογραφιών παλαιότερης λήψης ή από προϋφιστάμενα της παλαιότερης αεροφωτογράφισης εφαρμόσιμα στοιχεία». Ενώ ο πρόσφατος ορθοφωτοχάρτης αναπαράγεται από εικόνες νεώτερης λήψης. Τα πολύγωνα κάλυψης περιλαμβάνουν όλες τις κατηγορίες κάλυψης του δασικού χάρτη όπως αυτές ορίζονται στο τεύχος των Τεχνικών Προδιαγραφών Κατάρτισης δασικών χαρτών (ΦΕΚ 2373/Β/2017) και φαίνονται στον πίνακα 4.1

Πίνακας 4.1: Επεξήγηση των κατηγοριών κάλυψης του Δασικού Χάρτη

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΟΡΘΟΦΩΤΟΧΑΡΤΗΣ ΕΤΟΥΣ 1945/1960
Δ	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
Α	ΑΛΛΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
Χ	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΔΑΣΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
ΔΔ	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ Ή ΠΡΟΫΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ
ΔΑ	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ Ή ΠΡΟΫΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
	ΑΛΛΗΣ ΜΟΡΦΗΣ/ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ
ΑΔ	ΑΛΛΗΣ ΜΟΡΦΗΣ / ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ
ΠΔ	ΤΕΛΕΣΙΔΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ & ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ - ΔΑΣΙΚΕΣ
ΠΑ	ΤΕΛΕΣΙΔΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ & ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ - ΜΗ ΔΑΣΙΚΕΣ
ΠΧ	ΤΕΛΕΣΙΔΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ & ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ- ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ
ΑΝ	ΑΝΑΔΑΣΩΤΕΕΣ Ή ΔΑΣΩΤΕΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ
ΧΧ	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ
ΧΑ	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΑΛΛΗΣ ΜΟΡΦΗΣ / ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ
ΑΧ	ΑΛΛΗΣ ΜΟΡΦΗΣ / ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ
	Ή ΣΤΟΥΣ ΚΤΗΜΑΤΙΚΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ ΤΟΥ Ν. 248/1976

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Τεύχους Τεχνικών Προδιαγραφών για τη σύνταξη των δασικών χαρτών, τα ψηφιακά αρχεία που περιλαμβάνουν τη γεωμετρική πληροφορία (συντεταγμένες) των πολυγώνων κάλυψης του δασικού χάρτη, σε προβολικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87 και αφορούν αρχεία που παραδίδονται στη μορφή, σύμφωνα με το πρότυπο ESRI «Shapefile spatial data format».

Η βασική χαρτογραφική μονάδα των δασικών χαρτών είναι **το πολύγωνο κάλυψης**. «Ως πολύγωνο κάλυψης ορίζεται η συνεχόμενη έκταση γης, η οποία διακρίνεται σαφώς από άλλες γειτονικές λόγω της διαφορετικής κάλυψης ή μορφής της, λόγω φωτοερμηνείας ή ύπαρξης πράξης της Διοίκησης» (ΦΕΚ 2373/Β'/12-07-2017).

Οι κατηγορίες κάλυψης/χρήσης γης για τις οποίες, μπορούν να εξαχθούν στοιχεία μεταβολής τους από τους δασικούς χάρτες είναι τρεις (3):

1. Δ: Δάση και δασικές εκτάσεις

2. Χ: Χορτολιβαδικές εκτάσεις

3. Α: Άλλης μορφής, που είναι η πιο ευρείας έννοιας κατηγορία.

Εδώ περιλαμβάνονται οι γεωργικώς καλλιεργούμενες εκτάσεις, οικισμοί, λατομεία, υδάτινες επιφάνειες κ.λ.π. Τα βασικά πολύγωνα από τα οποία μπορούσαν να χορηγηθούν πληροφορίες για την μεταβολή κάλυψης/ χρήσης είναι τα πολύγωνα με συνδυασμό μορφής: AA, AΔ, ΔA, ΔΔ, XX, AX, XA. Η πληροφορία αυτή δύναται να εξαχθεί από τον πίνακα ιδιοτήτων του δασικού χάρτη και ειδικότερα των πεδίων (fields) με τα ονόματα τα οποία σύμφωνα με το τεύχος προδιαγραφών των δασικών χαρτών έχουν λάβει την ονομασία: "KATHGORDX", "KATHGORAL1", "KATHGORAL2" και "Shape_Area". Το πεδίο **KATHGORDX** (Πρωτεύων χαρακτηρισμός πολυγώνου) δίνει την βασική πληροφορία του χάρτη, με την εγγραφή των στοιχείων της επικρατούσας κατηγορίας μορφής /κάλυψης παρελθόντος και πρόσφατης (Υ.Α 158576/1579/ 4-7-2017 (ΦΕΚ2373/Β'/12-07-2017)).

4.6 Μεθοδολογία επεξεργασίας των πολυγώνων του Δασικού Χάρτη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας

Τα πρωτογενή δεδομένα των δασικών χαρτών της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας που χορηγήθηκαν από το Δασαρχείο Καρδίτσας εμπεριέχουν πληροφορίες

σε μορφή shapfile για την περίοδο 1945 καθώς και 2007_2009. Με τη βοήθεια του Arc Gis καθώς και των λειτουργιών ανάλυσης, επεξεργασίας και συνδυασμού διανυσματικών επιπέδων που διαθέτει, δημιουργούνται νέα παραγόμενα επίπεδα.

Συγκεκριμένα, με την εντολή dissolve συγχωνεύονται οι οντότητες σε ένα επίπεδο με βάση κάποια κοινή ιδιότητά τους (στην περίπτωση μας το πεδίο KATHGORDX). Στην εικόνα 4.1 εμφανίζεται ο συγχωνευμένος πίνακας ιδιοτήτων (Attribute table) του ArcGis, όπου στο πεδίο KATHGORDX απεικονίζονται οι επικρατούσες κατηγορίες κάλυψης παρελθόντος και πρόσφατης ΑΑ, ΑΔ, ΔΑ, ΔΔ, ΧΧ, ΑΧ, ΧΑ.

The screenshot shows the ArcGIS interface with the 'Table of Contents' on the left and the 'Attribute Table' for 'dasika_1945 dissolved' on the right. The attribute table contains the following data:

FID	Shape *	kathgordx	AREA_τε
0	Polygon	ΑΑ	1241.65
1	Polygon	ΑΔ	113.23
2	Polygon	ΔΑ	25.13
3	Polygon	ΔΔ	1152.19
4	Polygon	ΧΧ	5.76
5	Polygon	ΣΠ	98.08
6	Polygon	ΧΑ	1.23

Εικόνα 4.1 : Συγχωνευμένος πίνακας ιδιοτήτων των βασικών πολυγώνων του Δασικού Χάρτη

Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συνδυαστούν με τον πίνακα 4.2 και να εξαχθούν τα αποτελέσματα κάλυψης στον ιστορικό χάρτη (έτους 1945) καθώς και των εκτάσεων που υπήρχαν στον πρόσφατο χάρτη (έτους 2007-2009).

Πίνακας 4.2 Βασικές μορφές και συνδυασμοί μορφών των πολυγώνων του Δασικού Χάρτη

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΕΛΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ
ΔΑΣΙΚΗ	ΔΔ	Δασική έκταση στον ιστορικό και στον πρόσφατο ορθοφωτοχάρτη (Ανέκαθεν Δασικές Εκτάσεις)
	ΔΑ	Δασική έκταση στον ιστορικό και άλλης μορφής στον πρόσφατο ορθοφωτοχάρτη (Εκχερσώσεις)
	ΑΔ	Άλλης μορφής έκταση στον ιστορικό και δασική έκταση στον πρόσφατο ορθοφωτοχάρτη (Δασώσεις)
ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΗ	ΑΧ	Άλλης μορφής έκταση στον ιστορικό και χορτολιβαδική έκταση στον πρόσφατο ορθοφωτοχάρτη
	ΧΑ	Χορτολιβαδική έκταση στον ιστορικό και άλλης μορφής στον πρόσφατο ορθοφωτοχάρτη
	ΧΧ	Χορτολιβαδική έκταση στον ιστορικό και χορτολιβαδική στον πρόσφατο ορθοφωτοχάρτη (Ανέκαθεν Χορτολιβαδικές Εκτάσεις)
ΜΗ ΔΑΣΙΚΗ	ΑΑ	Άλλης μορφής έκταση στον ιστορικό και στον πρόσφατο ορθοφωτοχάρτη (Ανέκαθεν Άλλης μορφής Εκτάσεις)

Έχοντας υπόψη το τεύχος των τεχνικών προδιαγραφών (Υ.Α 158576/1579/ 4-7-2017 (ΦΕΚ2373/Β'/12-07-2017) και τη μελέτη της Κουτσογιάννη (2020) έγιναν οι κάτωθι παραδοχές:

Η ένδειξη ΠΑ θεωρήθηκε ότι μπορεί να έχει συνδυασμό μορφής μόνο ΑΑ

Η ένδειξη ΠΔ θεωρήθηκε ότι μπορεί να έχει συνδυασμό μορφής μόνο ΔΔ

Η ένδειξη ΠΧ θεωρήθηκε ότι μπορεί να έχει συνδυασμό μορφής μόνο ΧΧ

Η ένδειξη ΑΝ θεωρήθηκε ότι μπορεί να έχει συνδυασμό μορφής μόνο ΔΔ

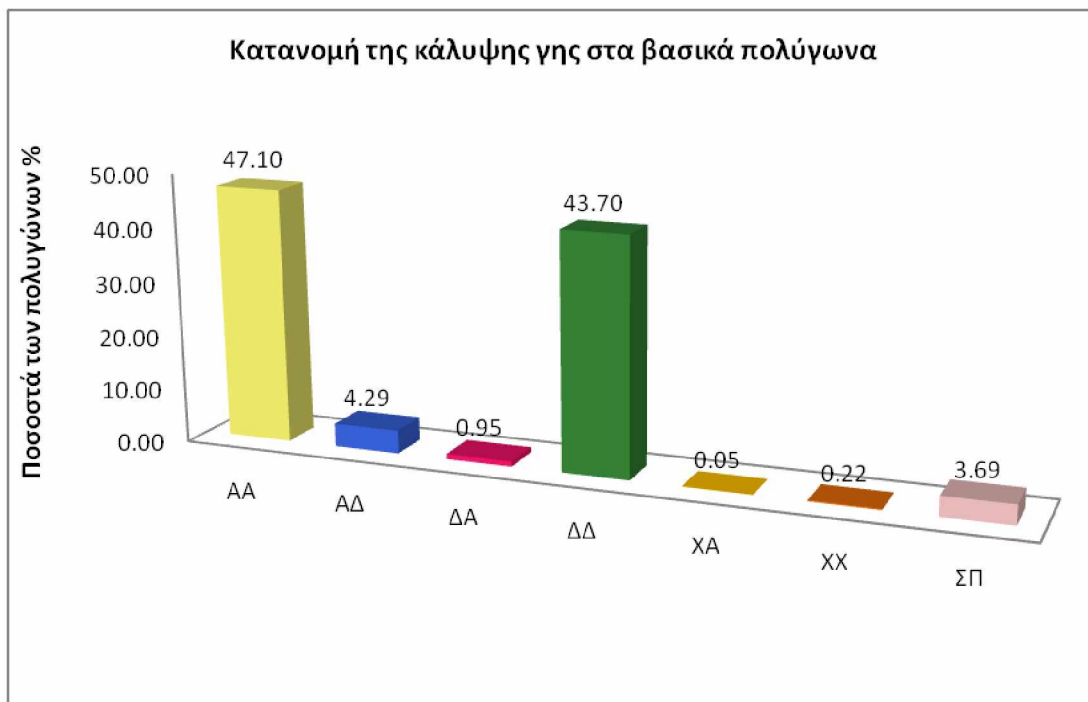
Η ένδειξη ΣΠ και ΣΑ θεωρήθηκε ότι μπορεί να έχει συνδυασμό μορφής μόνο Α.

Έτσι μετά την αναγωγή όλων των πολυγώνων στις βασικές μορφές τους, αθροίστηκαν και δημιουργήθηκε ο πίνακας 4.3, στον οποίο εμφανίζονται τα βασικά πολύγωνα του δασικού χάρτη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας και η έκταση που καταλαμβάνουν. Στα στοιχεία που χορηγήθηκαν από το Δασαρχείο Καρδίτσας περιλαμβάνονται εκτός από τα βασικά πολύγωνα του Δασικού Χάρτη και στοιχεία με τη μορφή ΣΠ που συμβολίζει τα όρια των εγκεκριμένων πολεοδομικών μελετών ή ρυμοτομικών σχεδίων, όπως αυτά έχουν εφαρμοστεί στο έδαφος. Η μορφή ΣΠ προστίθεται και συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία ΑΑ (Άλλης μορφής εκτάσεις). Στον πίνακα 4.3 η μορφή ΣΠ θα εμφανιστεί ως διακριτή κατηγορία.

Πίνακας 4.3 : Πολύγωνα Δασικού Χάρτη Π.Ε Καρδίτσας

Πολύγωνα Δασικού Χάρτη Π.Ε Καρδίτσας	Έκταση (km²)	Ποσοστό (%)
ΑΑ (Ανέκαθεν Άλλης μορφής Εκτάσεις)	1241.65	47.10
ΑΔ (Δασωμένες Εκτάσεις)	113.23	4.29
ΔΑ (Εκχερσωμένες Εκτάσεις)	25.13	0.95
ΔΔ (Ανέκαθεν Δασικές Εκτάσεις)	1152.19	43.70
ΧΑ (Εκχερσωμένες Χορτολιβαδικές Εκτάσεις)	1.23	0.05
XX (Ανέκαθεν Χορτολιβαδικές Εκτάσεις)	5.76	0.22
ΣΠ (Σχέδιο πόλεων, οικισμών)	97.21	3.69
ΣΥΝΟΛΟ	2636.4	100.00

Η ανάλυση του Δασικού Χάρτη στα βασικά πολύγωνα κάλυψης εμφανίζεται και στο διάγραμμα της εικόνας 4.2

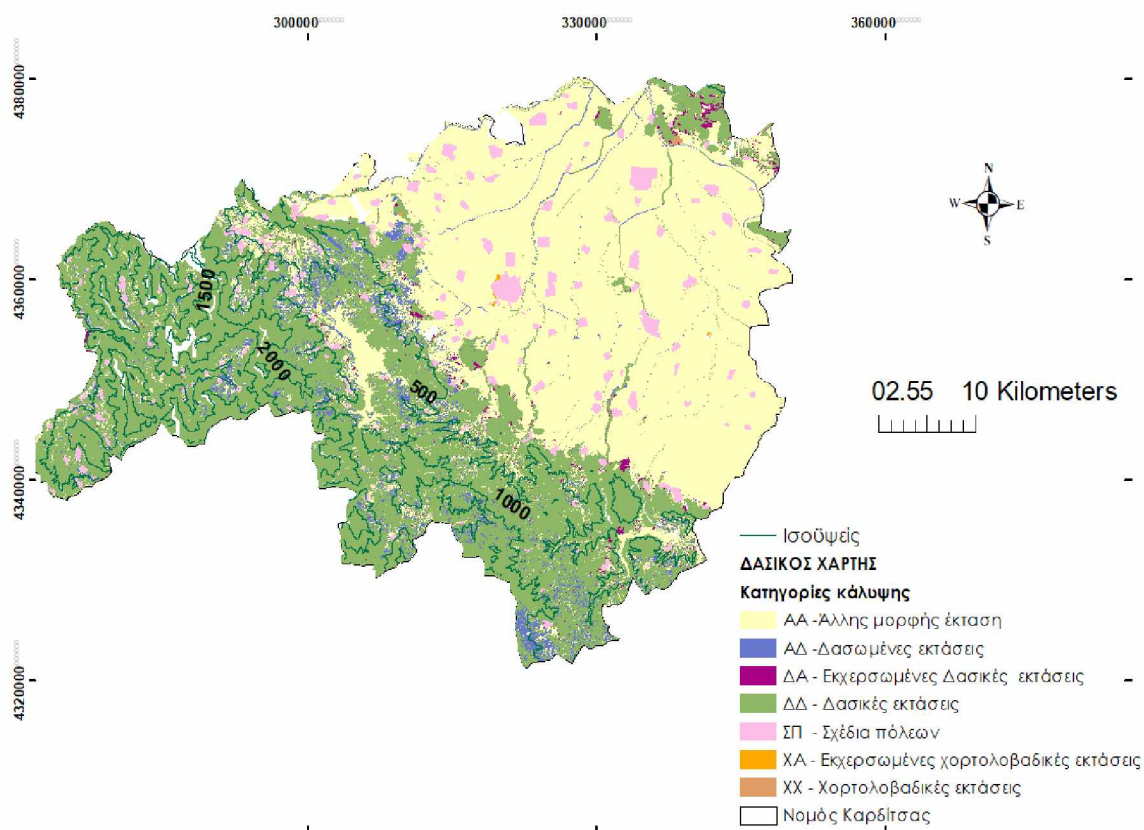


Εικόνα 4.2: Κατανομή του Δασικού Χάρτη στα βασικά πολύγωνα της Π.Ε Καρδίτσας

Επιπλέον, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές σύνταξης των δασικών χαρτών:

- Εκτάσεις οι οποίες μετά τη στερεοσκοπική παρατήρηση και φωτοερμηνεία των αεροφωτογραφιών, παλαιότερης και πρόσφατης λήψης, διαπιστώνεται ότι δε φέρουν ή καταλαμβάνονται από δασική βλάστηση, όπως και εκτάσεις που κατακλύζονται από ύδατα (λίμνες, λιμνοθάλασσες, εκβολές ποταμών, προσχώσεις ακτών, αποδίδονται ως «Άλλης μορφής/ κάλυψη ΑΑ». Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η Λίμνη Πλαστήρα συμπεριλαμβάνεται και εμφανίζεται στην κατηγορία άλλης μορφής κάλυψη ΑΑ.
- Σε περιπτώσεις όπου εκτός από τον πρωτεύοντα χαρακτηρισμό όπως ΔΔ, ΑΔ, ΔΑ, ΑΑ κλπ εμφανίζεται και δευτερεύον χαρακτηρισμός όπως ΑΝ (εκτάσεις που έχουν κηρυχθεί αναδασωτές λόγω εκχέρσωσης ή λόγω πυρκαγιών) , λαμβάνεται υπόψη ο πρωτεύων χαρακτηρισμός.
- Οι τελεσίδικες πράξεις χαρακτηρισμού όπως 1) ΠΔ: Δασικές, 2) ΠΧ: Χορτολιβαδικές και 3. ΠΑ: Μη δασικές (άρθρο 14 Ν. 998/79) δεν αποτελούν διακριτή κατηγορία χαρακτηρισμού, αλλά εντάσσονται σε εκείνη την κατηγορία βάσει της οποίας τις χαρακτήρισαν

Μετά την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων των δασικών χαρτών της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας και την αναγωγή τους στα βασικά πολύγωνα όπως εμφανίζονται στο διάγραμμα της εικόνας 4.3 και έχοντας υπόψη τις ανωτέρω προδιαγραφές-παραδοχές σύνταξης των δασικών χαρτών, με τη βοήθεια του Arc Gis σχεδιάστηκε ο δασικός χάρτης της εικόνας 4.4



Εικόνα 4.4: Ανάλυση Δασικού Χάρτη στα βασικά πολύγωνα

Για τον υπολογισμό της κάλυψης γης μεταξύ των χρονικών περιόδων 1945 και 2007_2009, πραγματοποιήθηκε αναγωγή των πολυγώνων του δασικού χάρτη στις βασικές κατηγορίες ΔΔ (Δασικές εκτάσεις), AA (Άλλης μορφής εκτάσεις) και XX (Χορτολιβαδικές εκτάσεις) και προέκυψε ο πίνακας 4.4, στον οποίο υπολογίζεται η έκταση που καταλαμβάνει κάθε μια από τις ανωτέρω βασικές μορφές σε km^2 , η μεταβολή της έκτασης σε km^2 που έλαβε χώρα μεταξύ των δύο χρονικών μεταβάσεων καθώς και το αντίστοιχο ποσοστό μεταβολής. Η μορφή ΣΠ εμφανίζεται ως διακριτή κατηγορία

Πίνακας 4.4: Μεταβολές στην κάλυψη γης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας μεταξύ 1945 και 2007_2009

Κατηγορίες Κάλυψης	1945	2007_2009	Μεταβολή 1945/2007_2009	Ποσοστό Μεταβολής %
ΔΔ (Δασικές Εκτάσεις)	1177.32	1265.42	88.1	7.48
XX (Χορτολιβαδικές Εκτάσεις)	6.99	5.76	-1.23	-17.59
ΑΑ (Άλλης μορφής Εκτάσεις)	1354.88	1268.42	-86.87	-6.41
ΣΠ (Σχέδια Πόλεων- οικισμών)	76.4	97.21	20.81	27.23

Από τον πίνακα 4.4 προκύπτει ότι τα πολύγωνα της μορφής ΔΔ (Δασικές εκτάσεις) διατήρησαν το χαρακτήρα τους από το 1945 έως το 2007_2009 και επιπλέον αυξήθηκαν κατά 88,1 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 7,48% , οι εκτάσεις ΑΑ (Άλλης μορφής εκτάσεις) εμφανίζονται μειωμένες κατά 86,87 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 6.41%, οι εκτάσεις XX (Χορτολιβαδικές εκτάσεις) εμφανίζονται μειωμένες κατά 1,23 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 17,59%. Τέλος οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν οι μορφές ΣΠ (Σχέδια πόλεων-οικισμών) αυξήθηκαν κατά 20.81 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 27.23%

4.7 Συμπεράσματα –Συζήτηση

Από την επεξεργασία και ανάλυση των πολυγώνων των δασικών χαρτών της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, προκύπτει ότι οι ανέκαθεν δασικές εκτάσεις με το χαρακτηρισμό ΔΔ καλύπτουν το 43,70% του εδάφους της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, ενώ οι ανέκαθεν άλλης μορφής εκτάσεις με το χαρακτηρισμό ΑΑ το 47,10%. Στις ανέκαθεν άλλης μορφής εκτάσεις περιλαμβάνεται και η μορφή ΣΠ που αφορά τα όρια των εγκεκριμένων πολεοδομικών μελετών ή ρυμοτομικών σχεδίων, όπως αυτά έχουν εφαρμοστεί στο έδαφος, η οποία εμφανίστηκε ως διακριτή κατηγορία

στον πίνακα 4.3 και καταλαμβάνει έκταση 97,21 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 3,69%. Οι εκτάσεις που δασώθηκαν με το χαρακτηρισμό ΑΔ καλύπτουν έκταση 113.23 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 4,29 %. Αντίθετα, οι εκχερσώσεις που αντιστοιχούν σε εκτάσεις με το χαρακτηρισμό ΔΑ συντελέστηκαν σε μικρότερο βαθμό καλύπτοντας έκταση 25,13 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 0,95%. Οι δασωμένες καθώς και οι εκχερσωμένες εκτάσεις εντοπίζονται κυρίως σε ημιορεινές περιοχές με υψόμετρο που κυμαίνεται από 400 έως 800μ. καθώς και σε ορεινές περιοχές με υψόμετρο > 800μ. Οι ανέκαθεν χορτολιβαδικές εκτάσεις ΧΧ καλύπτουν έκταση 5,76 km², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 0,22 % ενώ οι εκχερσωμένες χορτολιβαδικές εκτάσεις ΧΑ έκταση 1,23 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 0,05%. Από τη μετάβαση το 1945 στο 2007_2009 προκύπτει ότι οι δασικές εκτάσεις ΔΔ αυξήθηκαν κατά 88,1 km², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 7,48%, οι χορτολιβαδικές εκτάσεις ΧΧ μειώθηκαν κατά 1,23 km², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 17,59% και η άλλης μορφής εκτάσεις ΑΑ μειώθηκαν κατά 86,87 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 6,41%. Τέλος οι περιοχές ΣΠ που περιλαμβάνονται στις άλλης μορφής εκτάσεις ΑΑ αυξήθηκαν κατά 20,81 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 27,23%. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα του κεφαλαίου 3 αναφορικά με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων των χαρτών Corine Land Cover, όπου κι εκεί οι δασικές εκτάσεις εμφανίζονται να αυξάνονται κατά τη μετάβαση από το 1990 στο 2012 και καταλαμβάνουν το 44,75% της κάλυψης γης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τους λόγους που προκάλεσαν τις μεταβολές της κάλυψης της επιφάνειας των ορεινών τοπίων και πεδινών τοπίων στην περιοχή μελέτης. Μια βασική αιτία του φαινομένου οφείλεται στις δημογραφικές αλλαγές, που συνίστανται στη μετάβαση του πληθυσμού από τις ορεινές και δυσπρόσιτες περιοχές προς τα πεδινά αστικά κέντρα. Την περίοδο των Οθωμανικών χρόνων ο παραδασόβιος πληθυσμός αυξήθηκε, αφού αποτελούσαν περιοχές που δεν υπόκεινται σε αυστηρό έλεγχο από την Οθωμανική εξουσία. Ο νομαδικός τρόπος ζωής στο δάσος, απαιτούσε την αποψίλωση δέντρων για την εξασφάλιση της επιβίωσης και την κάλυψη βασικών αναγκών. Από την εποχή του Β' παγκοσμίου πολέμου και μεταπολεμικά, οι ορεινές περιοχές της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας κατορθώνουν να συγκρατούν τον πληθυσμό τους. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 έως και αυτή του 1990,

παρατηρείται μια έντονη μεταναστευτική τάση των κατοίκων των ορεινών οικισμών, ιδιαίτερα των νέων κυρίως για οικονομικούς λόγους, η οποία έχει ως συνέπεια τη σημαντική υποχώρηση του ορεινού πληθυσμού. Για την κατασκευή της λίμνης Πλαστήρα απαλλοτριώθηκε μεγάλος αριθμός γεωργικών εκτάσεων της ευρύτερης περιοχής. Τα χρήματα των αποζημιώσεων επενδύθηκαν από αρκετούς περίοικους στην απόκτηση νέων πεδινών εκτάσεων. Επιπλέον, το έργο αυτό αρχικά δημιούργησε σημαντικά προβλήματα στην επικοινωνία των ορεινών χωριών τόσο μεταξύ τους αλλά και με την πρωτεύουσα του νομού, την Καρδίτσα. Οι λόγοι αυτοί, σε συνδυασμό με την εγκατάλειψη της αγροτικής γης και της νομαδικής κτηνοτροφίας, και το γενικότερο κλίμα της χώρας της δεκαετία του '60, '70 και του '80, είχαν ως συνέπεια τη μετανάστευση σημαντικού τμήματος των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής και τη μείωση του πληθυσμού κατά 30% κατά τις επόμενες τρεις δεκαετίες. (Ζαχαράτος, 1986).

Ένας επιπλέον παράγοντας που συντελεί στη μεταβολή της εικόνας των τοπίων σχετίζεται με την απασχόληση στον πρωτογενή τομέα (γεωργία, κτηνοτροφία, δασοπονία, αλιεία). Από το 1961 έως το 1991 παρατηρείται σταδιακή μείωση του οικονομικά ενεργού πληθυσμού που απασχολείται στον πρωτογενή τομέα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη γήρανση του πληθυσμού των ορεινών περιοχών αποτελεί το πιο σημαντικό πρόβλημα και οδηγεί σε δυσοίωνη πρόβλεψη για την ανάπτυξη της περιοχής. Η μείωση των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων στην ορεινή ζώνη της Λίμνης Πλαστήρα οφείλεται και στο δυσμενές χωροταξικό πλαίσιο που έχει θεσμοθετηθεί με την έγκριση της Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου (ΦΕΚ 885/Δ/1998), όπου η χωροθέτηση των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων επιτρέπεται σε συγκεκριμένες και περιορισμένες περιοχές.

Επομένως η εγκατάλειψη της οργανωμένης και οικόσιτης κτηνοτροφίας καθώς και η μείωση της κτηνοτροφίας ελεύθερης βοσκής, συντελεί στην πύκνωση των δασών ακόμη και σε περιοχές που αποτελούσαν γεωργικές καλλιέργειες. Η φυσική αυτή δάσωση παρεμποδίζει την παραγωγική επαναχρησιμοποίηση των γεωργικών εκτάσεων συντελώντας στη δημιουργία ομογενοποιημένων τοπίων. Η ομοιογενοποίηση του τοπίου, μεταβάλλει το μικροκλίμα μιας περιοχής προκαλεί αύξηση του κινδύνου πυρκαγιάς και συντελεί στη μείωση της βιοποικιλότητας. (WWF 2012).

Εν κατακλείδι, Οι δημογραφικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες μετά το Β΄

Παγκόσμιο Πόλεμο, οι αλλαγές στις παραδοσιακές δασοτεχνικές πρακτικές διαχείρισης της γης και η εγκατάλειψη της νομαδικής ή ποιμενικής κτηνοτροφίας άλλαξαν τη μορφολογία του ορεινού τοπίου της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας. Η πύκνωση των δασών οδηγεί σταδιακά στη μείωση της ποικιλότητας του μωσαϊκού των χρήσεων γης, μεταβάλλοντας ένα ορεινό τοπίο από ποικιλόμορφο σε ομοιόμορφο και μονότονο, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της αισθητικής του αξίας και των οικολογικών λειτουργιών του. Η εγκατάλειψη και ερημοποίηση περιοχών λόγω δημογραφικών μεταβολών έχει ως αποτέλεσμα τη δάσωση των παλιών αγρών και μείωση της καλλιεργούμενης γης. Αντίθετα, περιοχές με υπάρχουσες αστικές υποδομές και με οικισμούς που διαθέτουν κυρωμένα ρυμοτομικά σχέδια και ήπιες κλίσεις, προσελκύουν κυρίως τον ορεινό πληθυσμό των γύρω περιοχών προκαλώντας αύξηση των τεχνητών περιοχών όπως αναλύθηκε στο κεφ 3 και φαινόμενα αστικοποίησης.

Η έλλειψη δασικών χαρτών και κτηματολογίου αποτελούσε σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα που ευνοούσε την καταπάτηση και την παράνομη οικιστική ανάπτυξη των δασικών εκτάσεων και τη δημιουργία αυθαίρετων κατασκευών εντός σε αυτές. Η ολοκλήρωση των δασικών χαρτών για το σύνολο της χώρας, η εφαρμογή πρότυπων διαχειριστικών μελετών για την προστασία των δασικών οικοσυστημάτων σε συνδυασμό με τον αντίστοιχο χωροταξικό σχεδιασμό, αποτελούν σημαντικά εργαλεία σχεδιασμού για τη διατήρηση του δασικού οικοσυστήματος. Το δάσος ασκεί σημαντική υδρονομική επίδραση. Η υψηλή εξάτμιση και διαπνοή των δασών λόγω της μεγαλύτερης φυλλικής κάλυψης αλλά και των βαθιών ριζών και η διευκόλυνση της διείσδυσης και ροής του νερού στα κατώτερα στρώματα του εδάφους αποτελούν βασικές αιτίες συγκράτησης της απορροής λόγω βροχοπτώσεων. Η κομοστέγη του δάσους, ανάλογα με το δασοπονικό είδος του και την πυκνότητα του δάσους, συγκρατεί μεγάλο μέρος του νερού της βροχής το οποίο εξατμίζεται σε μεγάλο βαθμό προτού φθάσει στο έδαφος. Ένα πολύ μικρό μέρος ρέει επιφανειακά, ενώ το μεγαλύτερο μέρος διηθείται, χάρη στο μεγάλο πορώδες του δασικού εδάφους, το οποίο λειτουργεί και ως τεράστιος ταμιευτήρας αποτρέποντας τη διάβρωση του εδάφους και τη δημιουργία πλημμυρών, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στις μεγαλύτερες φυσικές καταστροφές στον κόσμο προκαλώντας σημαντικά περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα (Xafoulis et al 2021).

5. Γεωμορφολογική ανάλυση της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη

5.1 Γενικά

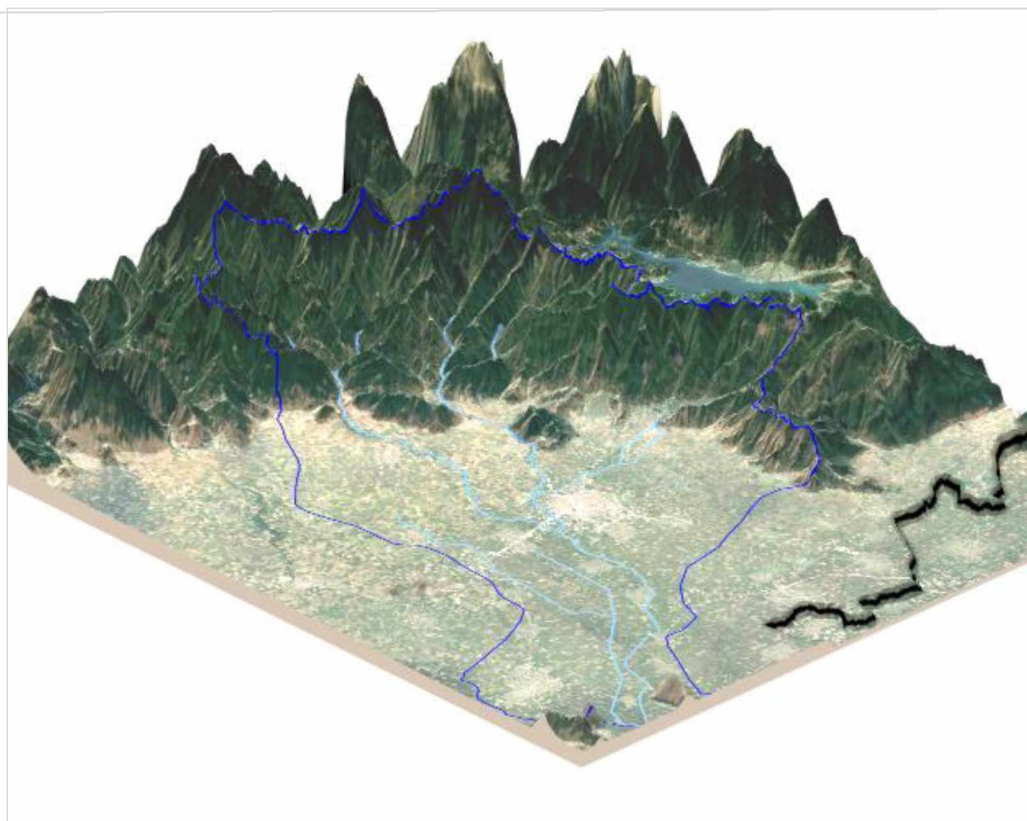
Η χωρική διακύμανση των ιδιοτήτων του εδάφους, προκαλεί βαθιές αλλαγές στο αστικό περιβάλλον, επηρεάζοντας τον πολεοδομικό σχεδιασμό λόγω των περιορισμών που επιβάλλονται από την καταλληλότητα των εδαφών για συγκεκριμένους τύπους χρήσεων γης (κτίρια, δρόμοι, χώροι πρασίνου κλπ). Η δομή του εδάφους της επιφάνειας της γης υφίσταται συνεχείς αλλαγές, λόγω της παρατηρούμενης κλιματικής μεταβλητότητας και της αυξανόμενης ανθρώπινης επίδρασης. Με τη χρήση της ηλεκτρονικής τεχνολογίας, το έδαφος αναπαρίσταται σε ψηφιακή μορφή και μέσω της χωρικής οπτικοποίησης καθίσταται δυνατή η επεξεργασία, η αξιολόγηση και ποσοτικοποίηση των ιδιοτήτων του, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εδάφους που έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον και τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Το ανάγλυφο επηρεάζει αρκετές χρήσεις σε γεωμορφολογικά δυσμενείς περιοχές (κλίσεις άνω των 18°). Η ανάλυση του αναγλύφου αντιπροσωπεύει το πρώτο βήμα στον πολεοδομικό σχεδιασμό, διαχωρίζοντας τη γη σε κατάλληλη ή μη κατάλληλη για αστική ανάπτυξη λόγω των χαρακτηριστικών της (γεωλογία, κλίση, όψη κλπ), ασκώντας σημαντική επιρροή στη μεταβολή των χρήσεων γης μιας περιοχής.

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί μια γεωμορφολογική προσέγγιση της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας και θα αναλυθούν τα χαρακτηριστικά του αναγλύφου της, προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδρασή τους στη διαμόρφωση των χρήσεων γης στην περιοχή. Επιπλέον, θα δημιουργηθούν χάρτες όπως το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, η κλίση και η σκίαση αναγλύφου που θα χρησιμοποιηθούν ως μεταβλητές εισόδου κατά την εφαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης των μεταβολών κάλυψης/χρήσης γης του κεφαλαίου 6.

5.2 Η Λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη

Σύμφωνα με τη μελέτη του ΓΠΣ Καρδίτσας (2015), ο ποταμός Καλέντζης πηγάζει στα νότια της περιοχής μελέτης, αποτελεί κλάδο 5ης τάξης, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη

η διακλάδωση του με τα τεχνητά αποστραγγιστικά κανάλια, που έχει μήκος 24,49 Km έως την συμβολή του με τον ποταμό Καράμπαλη. Το υδρογραφικό δίκτυο της ανάντη λεκάνης του παρουσιάζει υψηλό βαθμό διακλάδωσης, με γενική διάταξη δενδρικής μορφής. Η λεκάνη αυτή στο σύνολο της δομείται από τον γεωλογικό σχηματισμό του Φλύσχη της Πίνδου. Από το 3D View του Qgis λαμβάνουμε την εικόνα 5.1 όπου εμφανίζεται σε τρισδιάστατη μορφή η λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη με προσανατολισμό από Νότο προς Βορρά.

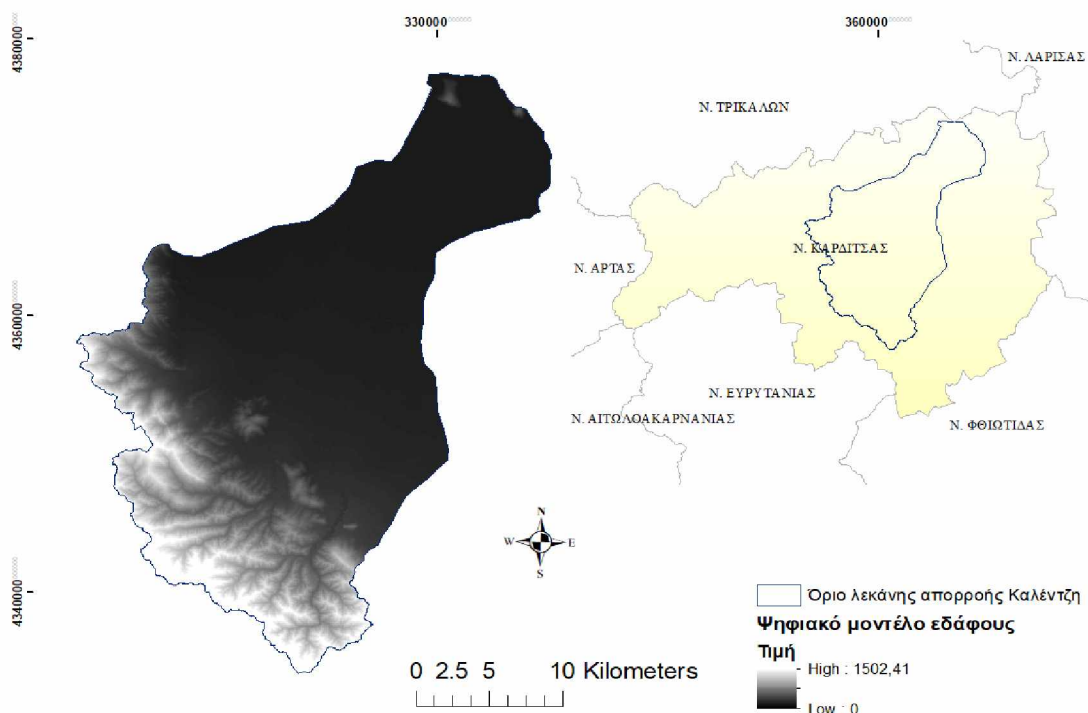


Εικόνα 5.1: Λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη σε τρισδιάστατη μορφή

Το μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη, ανάντη της συμβολής του με τον Ενιπέα, περιλαμβάνει 16 υπολεκάνες, 7 κόμβους και 6 κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη της λεκάνης είναι (ΥΠΙΕΝ 2016):

- Έκταση **A** = 653.80 km²
- Μέσο υψόμετρο **Z_m** = 254.80 m
- Υψόμετρο κόμβου εξόδου **Z_κ** = 88.20 m
- Μέγιστο μήκος ροής **L_{max}** = 66.11 km

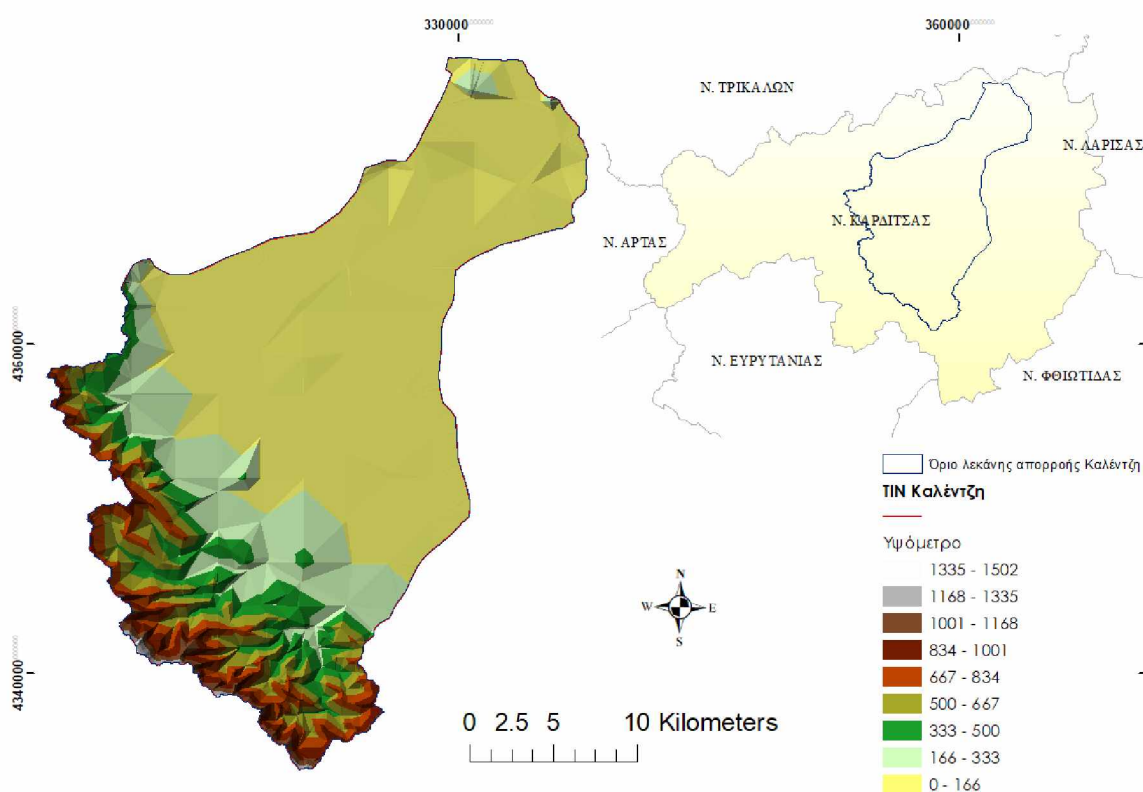
Για τη μελέτη της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τη σειρά δεδομένων "Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model-DEM) του εθνικού κτηματολογίου, το οποίο αποτελεί μια σειρά από πινακίδες (διανομή πινακίδων κτηματολογίου 1:5000) μεγέθους εικονοστοιχείου 5m, προερχόμενο από το έργο Large Scale Orthophotos. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων στο Arc Gis προκύπτει το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Models – DEM) του χάρτη της εικόνας 5.2 για την λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη. Η χρήση του ΨΜΕ από το σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) για την ανάλυση των μορφομετρικών παραμέτρων των λεκανών απορροής, αποτελεί ισχυρό και αποτελεσματικό εργαλείο (Charizoroulos et al 2015). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατά τη δημιουργία ενός ΨΜΕ σχηματίζονται στο ανάγλυφο βυθίσματα τα οποία μπορεί να είναι ψευδή ή φυσικά (όπως λίμνες, κατολισθήσεις, παγετώνες) ή βυθίσματα που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες (εξορύξεις, εκσκαφές κ.ά.). Για να γεμίσουν οι τυχόν βυθίσσεις του εδάφους και να μην παρεμποδίζεται η ομαλή ροή του νερού, με τη βοήθεια του Arc Gis ακολουθούμε τη διαδικασία Geoprocessing → Spatial Analyst Tools → hydrology → Fill. Με τον τρόπο αυτό στο ΨΜΕ έχουμε ήδη διορθώσει τυχόν βυθίσματα.



Εικόνα 5.2: Ψηφιακό μοντέλο λεκάνης απορροής ποταμού Καλέντζη

Με βάση το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (ΨΜΕ) της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη, μπορούμε να δημιουργήσουμε το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων (Triangular Irregular Network (TIN), το οποίο αναπαριστά την επιφάνεια ως ένα σύνολο συνδεδεμένων γειτονικών τριγώνων με άνισες πλευρές. Για την δημιουργία του ΨΜΕ σε μορφή TIN από το παράθυρο Arc toolbox επιλέγουμε 3D Analyst → Conversion → From Raster to TIN.

Από την ανωτέρω διαδικασία προκύπτει ο χάρτης της εικόνας 5.3 που απεικονίζει το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη σε δομή TIN



Εικόνα 5.3: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη σε δομή TIN

Προκειμένου να χαρακτηριστεί το ανάγλυφο που παρατηρείται στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ταξινόμησης των υψομέτρων που προτείνει ο Dikau (1989). Με την ταξινόμηση αυτή μια περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί, ανάλογα με το απόλυτο υψόμετρο που παρουσιάζει πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, σε πεδινή (0-150m), λοφώδη (150-600m), ημιορεινή (600-

900m) και ορεινή (>900m). Με την κατάλληλη επεξεργασία στο ArcGis προκύπτει τελικά ο πίνακας 5.1 στον οποίο εμφανίζεται η έκταση και το ποσοστό κάθε κατηγορίας υψομέτρων.

Πίνακας 5.1: Ταξινόμηση αναγλύφου λεκάνης απορροής ποταμού Καλέντζη

Υψόμετρο	Ταξινόμηση περιοχής	Έκταση km ²	Ποσοστό %
0-150	Πεδινή	367.97	56.28
150 - 600	Λοφώδης	177.02	27.07
600 - 900	Ημιορεινή	68.82	10.52
> 900	Ορεινή	39.97	6.11

Από τον πίνακα 5.1 προκύπτει ότι η λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη είναι πεδινή σε ποσοστό 56,28%, λοφώδης σε ποσοστό 27,07%, ημιορεινή σε ποσοστό 10, 52% και ορεινή σε ποσοστό 6,11%.

5.3 Ανάλυση αναγλύφου

Η ανάλυση των γεωγραφικών δεδομένων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη χάραξη κατάλληλου σχεδιασμού. Το ανάγλυφο του εδάφους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε αρκετές περιβαλλοντικές διεργασίες. Για παράδειγμα ασκεί επιρροή στα κλιματολογικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους την ροή και συσσώρευση του νερού καθώς και τη μεταφορά ιζημάτων και επιδρά στις μεταβολές κάλυψης της επιφάνειας της γης (Wilson et al 2000). Για το λόγο αυτό με κατάλληλη επεξεργασία του διαθέσιμου ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM) που δημιουργήθηκε καθώς και άλλων δεδομένων θα προκύψουν χαρακτηριστικά του εδάφους όπως:

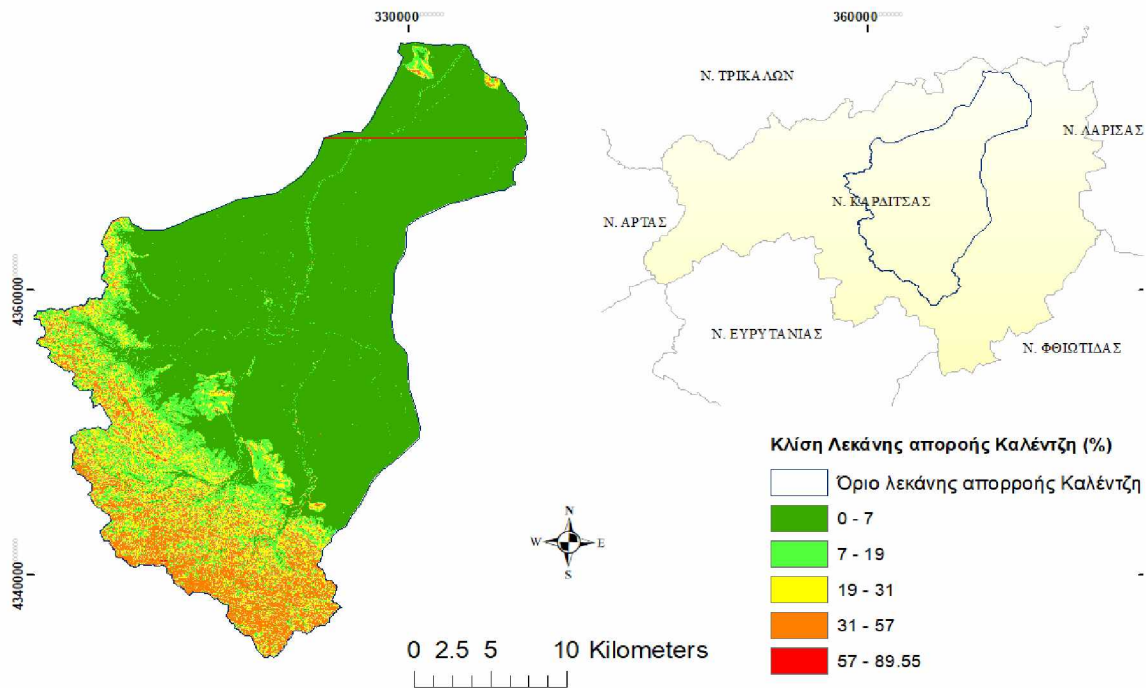
- Η κατανομή κλίσεων (κατά Demek, 1972)
- Η έκθεση ή προσανατολισμός του εδάφους
- Η σκίαση αναγλύφου
- Ο εντοπισμός του υδρογραφικού δικτύου και των λεκανών απορροής.

5.3.1 Κατανομή κλίσεων αναγλύφου

Ως κλίση (slope) μιας επιφάνειας, ορίζεται ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής του υψομέτρου και υπολογίζεται σε μοίρες ή σε ποσοστό επί τοις εκατό. Η κλίση αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την ανάλυση του αναγλύφου, καθώς χρησιμοποιείται ως βασικό κριτήριο ανίχνευσης γεωμορφών (Siart et al., 2009). Λαμβάνοντας υπόψη την ταξινόμηση των κλίσεων του αναγλύφου που πρότεινε ο Demek (1972), έγινε η ταξινόμηση των κλίσεων σε 6 κύριες κατηγορίες (Αρκουμάνης 2018):

- **Κλίση 0° – 2° (0% – 3,5%):** Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Έναρξη διάβρωσης τύπου καλλύματος. Απουσία προβλημάτων στις ανθρώπινες δραστηριότητες.
- **Κλίση 2° – 5° (3,5% - 8,7%):** Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Διάβρωση καλλύματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης. Ελαφρά δυσκολία στη μετακίνηση των οχημάτων. Καλλιέργεια δυνατή με τη χρήση μηχανημάτων.
- **Κλίση 5° – 15° (8,7% – 26,8%):** Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Κινήσεις μαζών και έντονες διαβρωτικές διαδικασίες. Σημαντικές δυσκολίες στην κατασκευή δρόμων και στη μετακίνηση οχημάτων.
- **Κλίση 15° – 35° (26,8% - 70%):** Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο. Έντονες διαδικασίες απογύμνωσης και ερπυσμοί εδαφών. Δυνατή η μετακίνηση μόνο με ερπυστριοφόρα μηχανήματα. Περιοχή δασών και βοσκοτόπων.
- **Κλίση 35° - 55° (70% – 135%):** Απόκρημνο ανάγλυφο. Έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος. Αδύνατη η προσπέλαση. Περιοχή δασών, όριο εκμετάλλευσης της υλοτομίας.
- **Κλίση >55° (>135%):** Κάθετο ανάγλυφο. Απουσία εδάφους. Απογύμνωση πετρωμάτων και κατάρρευση βράχων (Κασάπη et al 2009).

Για τη δημιουργία χάρτη κλίσεων της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη θα ακολουθήσουμε την εξής διαδικασία: Από το παράθυρο Arc toolbox επιλέγουμε Spatial Analyst → Surface → Slope από την ανωτέρω διαδικασία προκύπτει ο χάρτης της εικόνας 5.4



Εικόνα 5.4: Δημιουργία χάρτη κλίσεων της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη

Με την κατάλληλη επεξεργασία στο ArcGis προκύπτει τελικά ο πίνακας 5.2 στον οποίο εμφανίζεται η έκταση και το ποσοστό κάθε κατηγορίας κλίσεων.

Πίνακας 5.2: Έκταση και ποσοστά κλίσεων της λεκάνης απορροής Καλέντζη

Κλίση σε μοίρες	Έκταση σε km ²	Ποσοστό %
0-7	431.99	66.14
7 - 19	7.87	1.2
19- 31	8.01	12.27
31 - 57	62.04	9.5
57 - 89.55	0.2	0.03

Από τον πίνακα 5.2 διαπιστώνεται ότι 66,14% της επιφάνειας της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη, καλύπτεται από κλίσεις της τάξεως 0-7 μοιρών. Αυτό σημαίνει σύμφωνα με την ταξινόμηση των κλίσεων (Demek, 1972), ότι η περιοχή χαρακτηρίζεται από ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο με ελαφρά δυσκολία στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Επιπλέον κλίσεις από 0-7 αντιστοιχούν σε πλημμυρικά πεδία και πρόποδες κοιλάδων (Charizopoulos et al 2019).

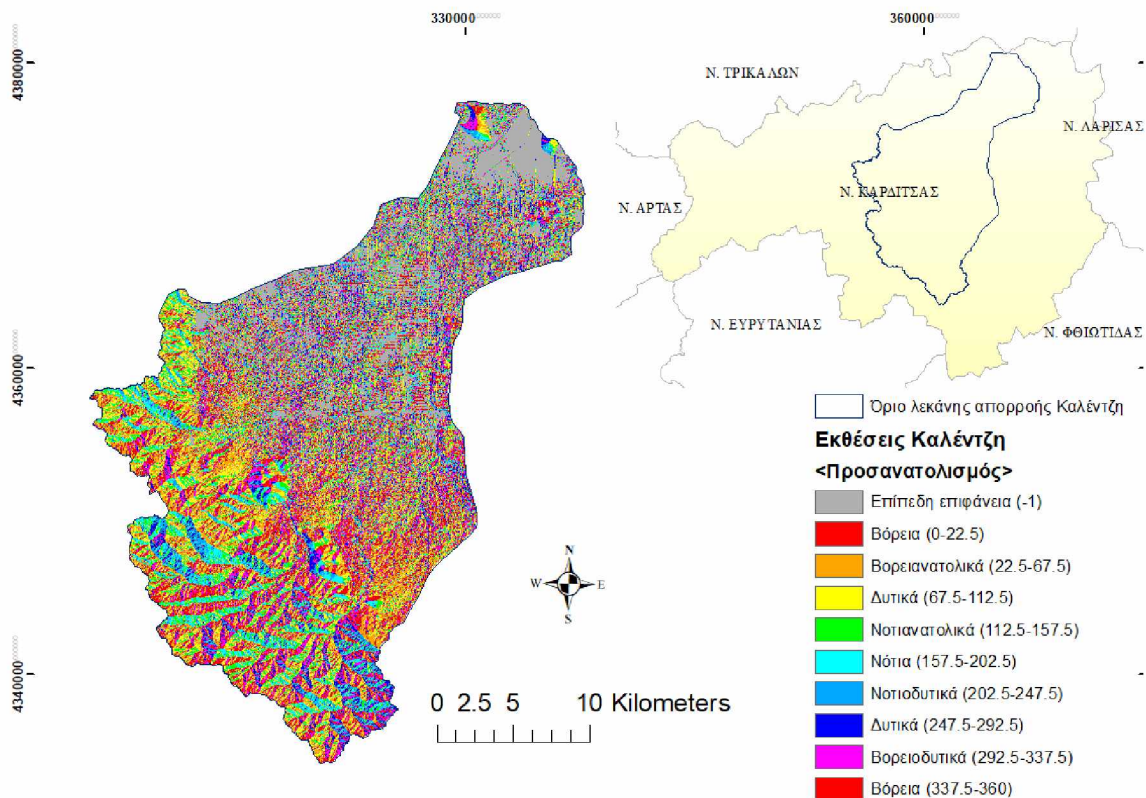
5.3.2 Έκθεση ή προσανατολισμός εδάφους

Το επίπεδο του προσανατολισμού ή έκθεσης, ορίζεται μέσα από την κεκλιμένη κλίση μιας επιφάνειας η οποία μετριέται συνήθως σε μοίρες (0° – 360°) δεξιόστροφα από την διεύθυνση του Βορρά. (Chalkias, 2006). Στα πλαίσια μιας γεωμορφολογικής μελέτης χρησιμοποιείται για την διεξαγωγή μορφολογικών πληροφοριών και μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην θερμοκρασία και κατ' επέκταση στο κλίμα μιας περιοχής. Για τη δημιουργία του χάρτη έκθεσης από το παράθυρο Arc toolbox επιλέγουμε Spatial Analyst → Surface→aspect όπου τελικά θα προκύψει ο χάρτης της εικόνας 5.5 Από την επεξεργασία των δεδομένων του πίνακα ιδιοτήτων προκύπτει ο πίνακας 5.3 στον οποίο εμφανίζεται ο προσανατολισμός του αναγλύφου με τις αντίστοιχες επιφάνειες.

Πίνακας 5.3 : Προσανατολισμός αναγλύφου και επιφάνειες σε km^2 της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη

Διεύθυνση Επιφανειών (μοίρες)	Χαρακτηρισμός Επιφανειών	Επιφάνεια (km^2)
0	Επίπεδη επιφάνεια	140.53
0-22.5	Βόρεια	88.62
22.5-67.5	Βορειοανατολικά	78.78
112.5-157.5	Ανατολικά	57.44
67.5-112.5	Νοτιοανατολικά	46.97
157.5-202.5	Νότια	40.89
202.5-247.5	Νοτιοδυτικά	37.65
247.5-292.5	Δυτικά	44.1
292.5-337.5	Βοειοδυτικά	55.03
337.5-360	Βόρεια	62.88

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.3 η διεύθυνση που επικρατεί είναι η επίπεδη (0 μοίρες), ενώ ακολουθούν η βόρεια (0-22.5) και βορειοανατολική διεύθυνση (22.5-67.5).

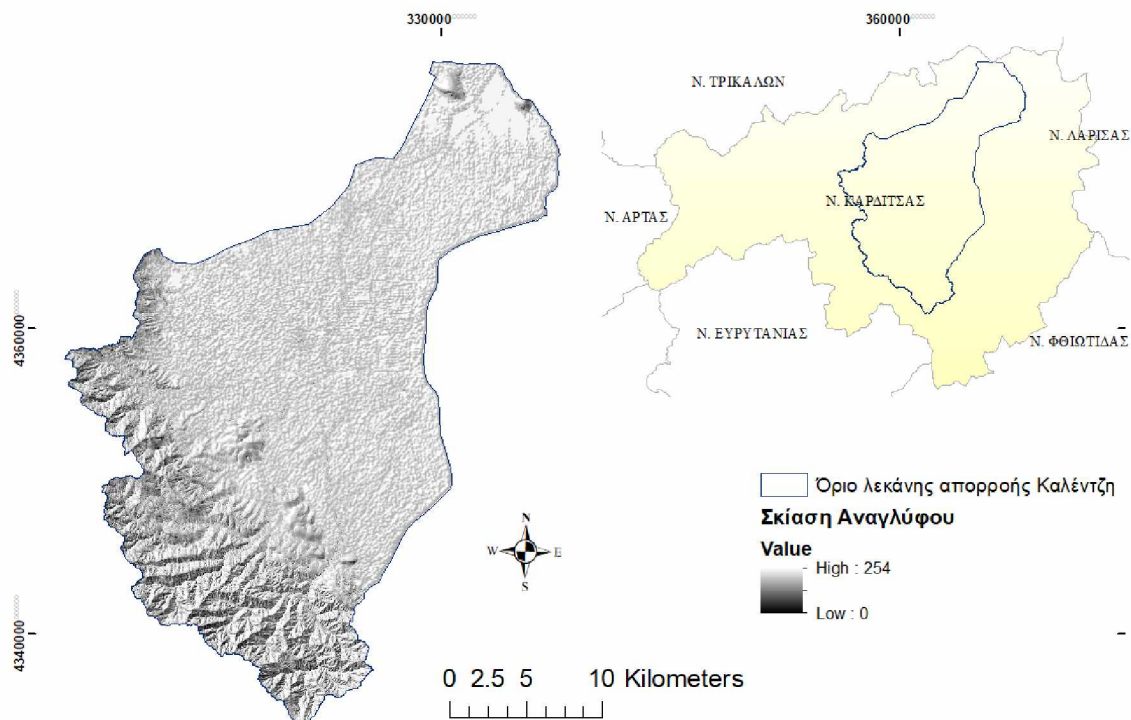


Εικόνα 5.5: Χάρτης Προσανατολισμού αναγλύφου της λεκάνης απορροής του Καλέντζη

5.3.3 Σκίαση αναγλύφου

Το μοντέλο σκίασης αναγλύφου έχει ως στόχο την προσομοίωση του αποτελέσματος που έχει η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη επιφάνεια. Υπολογίζεται με τον ήλιο να τοποθετείται σε αζιμούθιο 315° και σε ύψος 45° , στις τιμές αυτές το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται καλύτερα το ανάγλυφο (Chalkias 2006).

Για τη δημιουργία του χάρτη σκίασης αναγλύφου της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη ακολουθείται η διαδικασία: Από το παράθυρο Arc toolbox επιλέγουμε Spatial Analyst → Surface → Hillshade. Από την ανωτέρω διαδικασία προκύπτει ο χάρτης σκίασης αναγλύφου της εικόνας 5.6



Εικόνα 5.6 : Σκίαση αναγλύφου λεκάνης απορροής ποταμού Καλέντζη

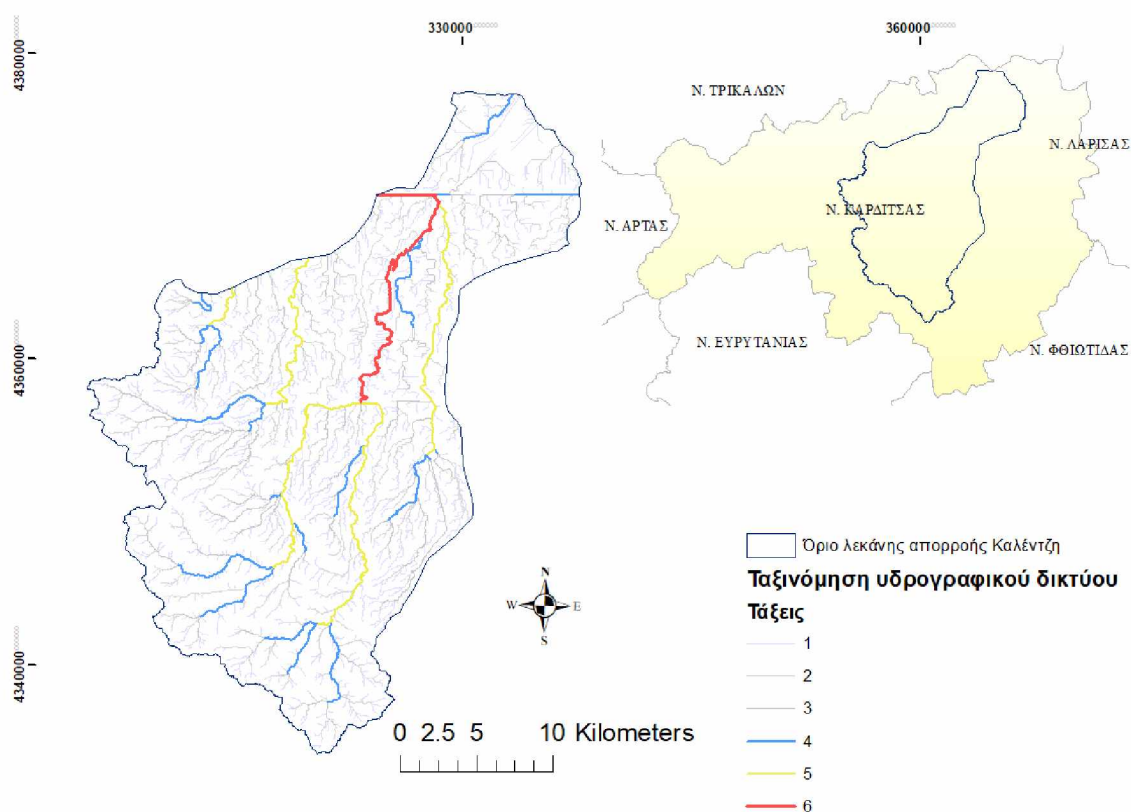
5.3.4 Υπολογισμός Υδρογραφικού Δικτύου

Μία ακόμα εφαρμογή της χρήσης του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη είναι η αξιοποίησή του στη δημιουργία του υδρογραφικού δικτύου και τον ορισμό των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης. Το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής ορίζεται ως ένα σύνολο επιφανειακών ρευμάτων νερού (ποταμών, χειμάρρων κλπ.), που συνδέονται μεταξύ τους με συγκεκριμένο τρόπο και σχηματίζουν συγκεκριμένους τύπους απορροής. Η επιφανειακή απορροή που σχηματίζεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αποτελεί μέρος του υδρολογικού κύκλου που δεν απορροφάται από το έδαφος, εφόσον υπάρχει κατάλληλη κλίση και βάθος ροής (Μιμίκου, 2006).

Για τη δημιουργία του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη αρχικά με τη βοήθεια του ArcGis υπολογίστηκε η διεύθυνση ροής με τη διαδικασία Geoprocessing → Spatial Analyst Tools →hydrology

Για τον προσδιορισμό του υδρογραφικού δικτύου, χρειάζεται να προσδιοριστούν

οι περιοχές εκείνες του εδάφους, όπου συσσωρεύονται τα επιφανειακά ύδατα. Η δημιουργία του της ροής συγκέντρωσης από τον κানাβο διεύθυνσης ροής, γίνεται με το εργαλείο Arc Toolbox → Spatial Analyst Tools → Hydrology → Flow Accumulation. Αφού υπολογίστηκε ο κানাβος ροής συγκέντρωσης μπορεί να εξαχθεί το βασικό υδρογραφικό δίκτυο με τη χρήση ενός κατωφλίου 5000 ψηφίδων που θεωρείται ότι ξεκινά ένα ρέμα. Στη συνέχεια ακολουθεί η ιεράρχηση του υδρογραφικού δικτύου, η οποία πραγματοποιείται με το εργαλείο Arc Toolbox → Spatial Analyst Tools → Hydrology → Stream Order. Η διαδικασία δημιουργίας του υδρογραφικού δικτύου ολοκληρώνεται με τη μετατροπή του υδρογραφικού δικτύου σε διανυσματική μορφή. Η εξαγωγή (μετατροπή) του υδρογραφικού δικτύου σε διανυσματική δομή γίνεται με το εργαλείο Arc Toolbox → Spatial Analyst Tools → Hydrology → Stream to Feature. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στο χάρτη της εικόνας 5.7.



Εικόνα 5.7: Δημιουργία υδρογραφικού δικτύου κατά Stalher με τιμή κατωφλίου 5000

Στη συνέχεια με τη βοήθεια του attribute table του ArcGis υπολογίστηκε το μήκος του υδρογραφικού δικτύου και η ιεράρχηση ανά κατηγορία τάξης. Τα αποτελέσματα από την ολοκλήρωση της διαδικασίας εμφανίζονται στον πίνακα 5.4.

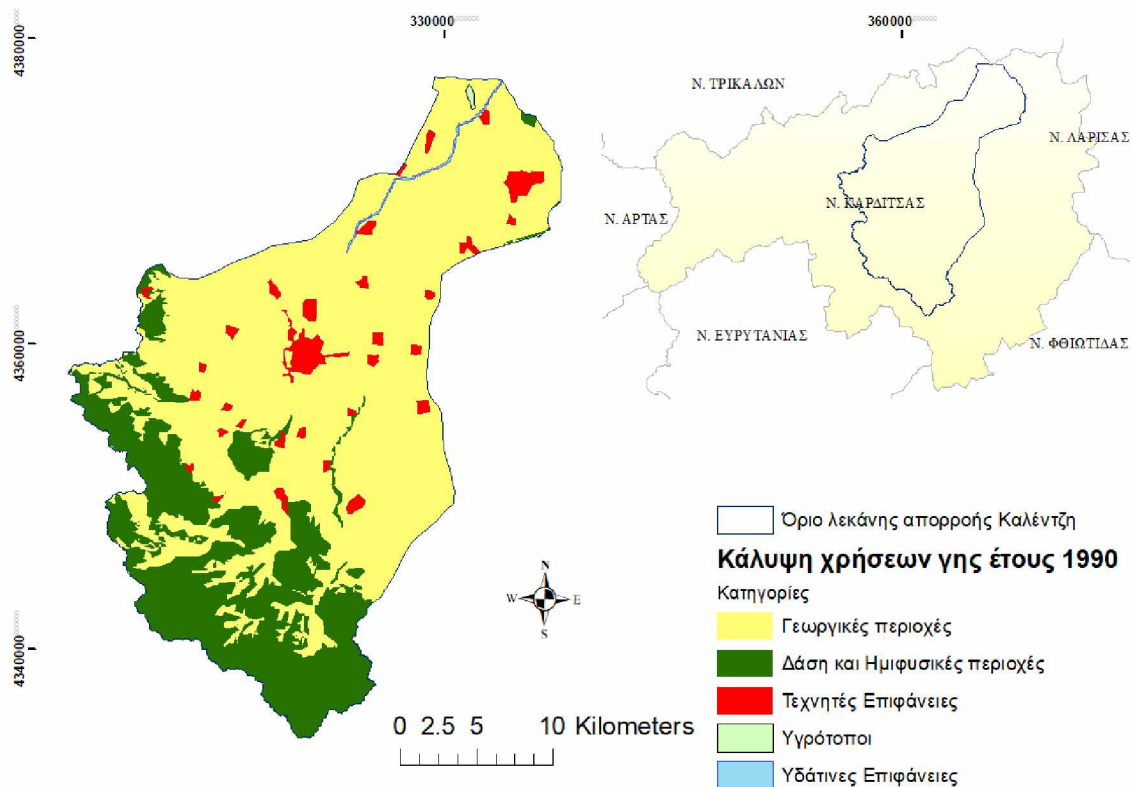
Από τον πίνακα προκύπτει ότι το μήκος του κύριου υδατορρεύματος είναι 26.20 km.

Πίνακας 5.4: Κατανομή του υδρογραφικού δικτύου λεκάνης απορροής ποταμού Καλέντζη

Τάξη	Πλήθος κλάδων	Συνολικό μήκος (km)
1	1419	740.95
2	656	404.91
3	363	206.84
4	169	90.47
5	118	82.41
6	46	26.20
ΣΥΝΟΛΟ	2771	1551.80

5.3.5 Μεταβολή χρήσεων γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη.

Η μεταβολή χρήσεων γης της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας με τη χρήση των χωρικών δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης των τύπων κάλυψης γης από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Corine (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>), αναλύσαμε για τις χρονολογίες 1990, 2012 αναλύθηκε διεξοδικά στο κεφάλαιο 3. Από τους χάρτες του κεφαλαίου 3 χρησιμοποιώντας ως μάσκα το διανυσματικό αρχείο της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη σχεδιάστηκαν οι χάρτες κάλυψης/χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Καλέντζη για τα έτη 1990, 2012. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στο χάρτη της εικόνας 5.8.



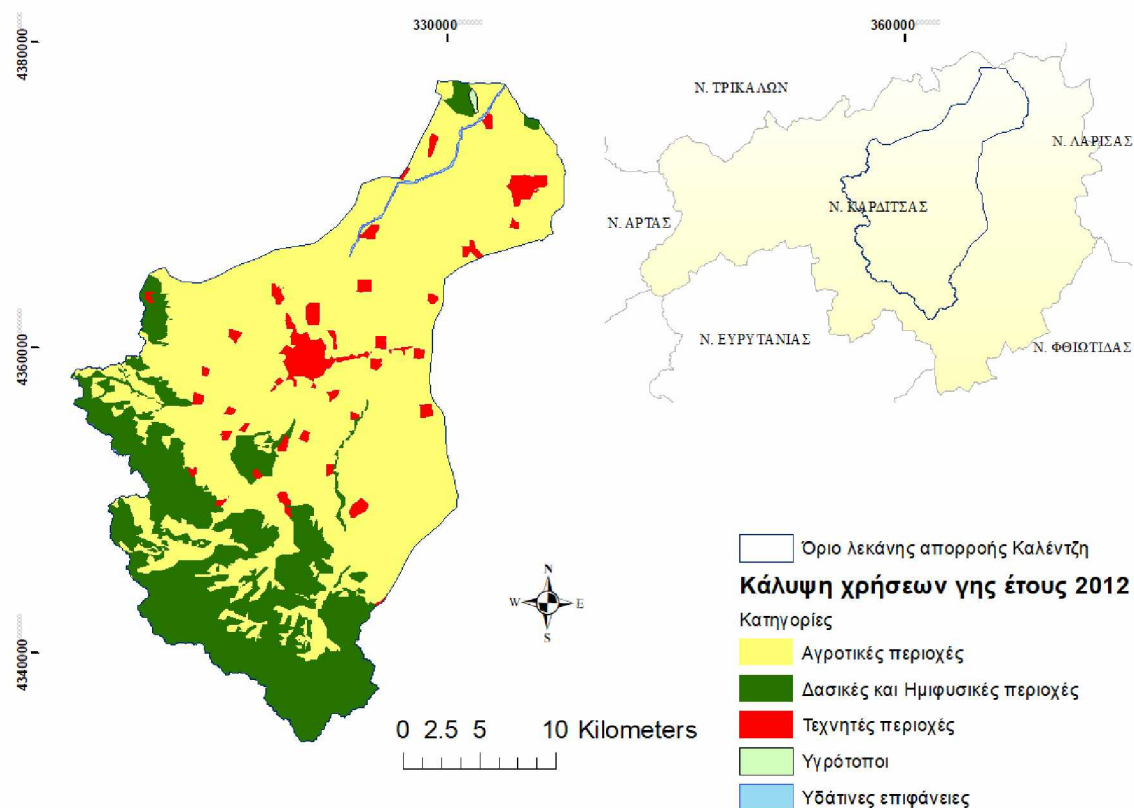
Εικόνα 5.8: Χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής του Καλέντζη για το έτος 1990

Στον πίνακα ιδιοτήτων (attribute table) του νέου επιπέδου που δημιουργήσαμε προσθέτουμε δύο νέες στήλες από το μενού table options→add field. Η μια στήλη αφορά τον υπολογισμό της έκτασης σε km² και η άλλη το ποσοστό % που καταλαμβάνει η κάθε μια από τις 5 κατηγορίες χρήσεων γης. Από τη δημιουργία των δυο νέων στηλών προκύπτει ο πίνακας 5.5

Πίνακας 5.5: Χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής του Καλέντζη για το έτος 1990

Κατηγορία χρήσεων 1990	Έκταση σε km ²	Ποσοστό %
Υγρότοποι	0.55	0.08
Υδάτινες επιφάνειες	1.61	0.25
Τεχνητές επιφάνειες	23.89	3.65
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές	176.14	26.94
Γεωργικές περιοχές	451.62	69.08

Με την ίδια διαδικασία σχεδιάστηκε ο χάρτης της εικόνας 5.9 χρήσεων γης για το έτος 2012



Εικόνα 5.9: Χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής του Καλέντζη για το έτος 2012

Από τα στοιχεία του πίνακα ιδιοτήτων για το έτος 2012 υπολογίζουμε την έκταση σε km^2 και το ποσοστό % που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις 5 κατηγορίες χρήσεων γης και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον πίνακα 5.6

Πίνακας 5.6: Χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής του Καλέντζη για το έτος 2012

Κατηγορία Χρήσεων 2012	Έκταση km^2	Ποσοστό%
Υγρότοποι	0.55	0.08
Υδάτινες επιφάνειες	1.62	0.25
Τεχνητές επιφάνειες	28.65	4.38
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές	179.93	27.52
Γεωργικές περιοχές	443.03	67.77

Από τη μετάβαση από το 1990 έως το 2012 οι διαφορές στην έκταση και στο ποσοστό μεταβολής των εκτάσεων των 5 κατηγοριών χρήσεων γης παρουσιάζονται στον πίνακα 5.7

Πίνακας 5.7:Μεταβολές χρήσεων γης από το 1990 έως το 2012

Διαφορά 1990-2012	Έκταση km²	Ποσοστό %
Υγρότοποι	0	0
Υδάτινες επιφάνειες	0.01	0.62
Τεχνητές επιφάνειες	4.76	19.92
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές	3.79	2.15
Γεωργικές περιοχές	-8.59	-1.90

Από τα ανωτέρω προκύπτει το συμπέρασμα ότι κατά τη μετάβαση από το 1990 έως το 2012 στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη, οι υγρότοποι και οι υδάτινες επιφάνειες παρουσιάζουν μηδαμινές μεταβολές. Οι τεχνητές επιφάνειες αυξάνονται κατά 4,76 km², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 19,92%. Οι δασικές και ημιφυσικές περιοχές αυξάνονται κατά 3,79 km², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 2,15% και οι γεωργικές περιοχές μειώνονται κατά 8,59 km², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 1,90%.

Η περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη είναι πεδινή κατά το μεγαλύτερο τμήμα της που αντιστοιχεί σε ποσοστό 56,28%, με το λοφώδης τμήμα της να καταλαμβάνει μικρότερη έκταση που αντιστοιχεί σε ποσοστό 27,07%. Το μεγαλύτερο τμήμα της χαρακτηρίζεται από ήπια κλίση (0-7%), σε ποσοστό 66,14 % ενώ οι απότομες κλίσεις (19-31%) καταλαμβάνουν ποσοστό 12,27%. Η κλίση αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την καταλληλότητα της γης για δόμηση καθώς και για τη διάβρωση του εδάφους. Ο πεδινός χαρακτήρας της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με την ήπια κλίση της, την καθιστούν κατάλληλη για οικοδόμηση. Αυτό επιβεβαιώνεται από την αύξηση των τεχνητών επιφανειών που παρατηρείται κατά τη μετάβαση από το 1990 έως το 2012. Η επέκταση ωστόσο των δομημένων περιοχών αυξάνει σταδιακά τις αδιαπέρατες επιφάνειες, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μείωση της διείσδυσης από το έδαφος των όγκων απορροής, που προκαλούν πλημμυρικά φαινόμενα.

6. Πρόβλεψη των αλλαγών κάλυψης /χρήσης γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, με χρήση του λογισμικού γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών Terrset για τα έτη 2030, 2050.

6.1 Μοντέλα μεταβολών χρήσεων γης Land Use Land Cover (LULC)

Ένας από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους της κάθε χώρας είναι η γη. Η δυναμική των χρήσεων γης διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην οικολογική βιωσιμότητα κάθε περιοχής. Η αλλαγή της χρήσης- κάλυψης γης από μία κατηγορία σε άλλη, ή η τροποποίησή της, έχει μεταβάλει δραστικά ένα μεγάλο τμήμα της επιφάνειας της γης προκειμένου να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της ανθρωπότητας (Foley et al. 1998). Οι όροι χρήσεις γης και κάλυψη γης, αν και οι δύο περιγράφουν την κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους και έχουν δυναμικό χρονικό χαρακτήρα, έχουν διαφορετική οπτική, αφού οι χρήσεις γης αντανακλούν ανθρώπινες δραστηριότητες ενώ η κάλυψη γης περιγράφει τη βιοφυσική κατάσταση (Assaf et al. 2021).

Η επικείμενη κλιματική αλλαγή προβλέπεται να εντείνει αυτές τις μεταβολές, αναγκάζοντας τις κυβερνήσεις να επανεξετάσουν και να χαράξουν νέες στρατηγικές βιώσιμης ανάπτυξης. Μια από τις κύριες αιτίες που συντελεί στην υποβάθμιση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στις σύγχρονες πόλεις, είναι η αστικοποίηση. Η μετατροπή των δασικών, των γεωργικών και των χορτολιβαδικών εκτάσεων σε δομημένες ή κατασκευασμένες περιοχές αποτελεί την απαρχή αυτού του περιβαλλοντικού ζητήματος. Διάφορα αστικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως οι θερμικές νησίδες, οι αλλαγές στο μικροκλίμα, οι πλημμύρες κλπ, οφείλονται στην αστική ανάπτυξη, η οποία με τη σειρά της αυξάνει τις αδιαπέρατες εκτάσεις στο έδαφος λόγω της δόμησης.

Η μοντελοποίηση πιθανών αστικών σεναρίων και λύσεων έχει αναδειχθεί ως ένα χρήσιμο εργαλείο για τη μελλοντική διερεύνηση και την περαιτέρω κατανόηση των επιπτώσεων από την αλλαγή της κάλυψης/χρήσης της γης. Ένα από τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται συνήθως μεταξύ πολλών εργαλείων και τεχνικών μοντελοποίησης της κάλυψης/χρήσης είναι το μοντέλο CA-Markov, το οποίο μοντελοποιεί τόσο τις χωρικές όσο και τις χρονικές αλλαγές. Το μοντέλο CA-Markov συνδυάζει κυψελοειδή αυτόματα (Cellular Automata) και αλυσίδα Markov για την πρόβλεψη των τάσεων και

των χαρακτηριστικών των μεταβολών της κάλυψης/χρήσεων γης με την πάροδο του χρόνου (Nouri, J. et al 2014). Τα Κυψελοειδή Αυτόματα (Cellular Automata) ΚΑ είναι μια προηγμένη υπολογιστική διαδικασία που λειτουργεί υπό την επιδραστική λογική της γειτονικής χρήσης γης. Η υλοποίησή τους βασίζεται σε μια κυψελοειδή δομή (raster), η οποία αποτελείται από εικονοστοιχεία (pixel) διατεταγμένα σε ένα διδιάστατο πλέγμα, όπου κάθε κελί μπορεί να περιέλθει σε ένα αριθμό πεπερασμένων καταστάσεων, οι οποίες μπορεί να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου ακολουθώντας ένα σύνολο κανόνων ανάλογα και με την κατάσταση των γειτονικών κελιών (Σταθάκης, 2009).

Επιπλέον, το μοντέλο CA-Markov είναι ένα από τα εργαλεία υποστήριξης του σχεδιασμού για την ανάλυση των χρονικών αλλαγών και της χωρικής κατανομής της κάλυψης/χρήσης γης και για αυτό χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της δυναμικής που σχετίζεται με τη δασοκάλυψη, την αστική εξάπλωση, την ανάπτυξη των φυτών και τη μοντελοποίηση της διαχείρισης των λεκανών απορροής. Αποτελεί επίσης σημαντικό εργαλείο για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό της πολιτικής, της βιώσιμης ανάπτυξης και εφαρμογής των χρήσεων γης (Ghosh, et al 2017). Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη προϋπόθεση η μελέτη της ιστορικής εξέλιξης της κάλυψης γης για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του ανθρώπου και του περιβάλλοντος διαμέσου μιας μακροπρόθεσμης προοπτικής (Yang, X. et al 2014).

Με απλά λόγια, ένα μοντέλο αλυσίδας Markov περιγράφει τη μεταβολή της εδαφοκάλυψης της γης, από τη μια χρονική στιγμή στην άλλη προκειμένου να προβλεφθεί η μελλοντική μεταβολή (Kumar, S. et al 2014). Η εξίσωση (1) εξηγεί τον υπολογισμό της πρόβλεψης των αλλαγών στις χρήσεις γης:

$$S(t, t+1) = P_{ij} \times S(t) \quad (1)$$

όπου $S(t)$ είναι η κατάσταση του συστήματος τη χρονική στιγμή t , $S(t+1)$ είναι η κατάσταση του συστήματος τη χρονική στιγμή $t+1$, P_{ij} είναι ο πίνακας πιθανοτήτων μετάβασης σε μια κατάσταση, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής (Sang L. et al 2011):

$$P = \|P_{ij}\| = \begin{vmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & P_{1,N} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \dots & P_{2,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N,1} & P_{N,2} & \dots & P_{N,N} \end{vmatrix}$$

(0 ≤ P_{ij} ≤ 1)

(2)

όπου P είναι η πιθανότητα μετάβασης, P_{ij} είναι η πιθανότητα μετατροπής από την τρέχουσα κατάσταση i σε μια άλλη κατάσταση j στον επόμενο χρόνο, P_N είναι η πιθανότητα κατάστασης κάθε χρόνου. Η χαμηλή μετάβαση θα έχει πιθανότητα κοντά στο (0) και η υψηλή μετάβαση θα έχει πιθανότητες κοντά στο (1). Η αλυσίδα Markov προσδιορίζει ακριβώς πόσο θα εκτιμηθεί η πιθανότητα να αλλάξει η γη από την τελευταία ημερομηνία στην προβλεπόμενη ημερομηνία. Το αρχείο πιθανοτήτων μετάβασης είναι το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, το οποίο είναι ένας πίνακας που καταγράφει την πιθανότητα μετάβασης κάθε κλάση κάλυψης γης, σε κάθε άλλη κλάση.

6.2 Το μοντέλο TerrSet

Στην παρούσα εργασία για την πραγματοποίηση ενός μελλοντικού σεναρίου πρόβλεψης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό TerrSet. Το TerrSet αναπτύχθηκε για πρώτη φορά το 1987 από τον καθηγητή J. R. Eastman του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Clark. Ο Δρ Eastman συνεχίζει να είναι ο κύριος προγραμματιστής και αρχιτέκτονας του λογισμικού. Το λογισμικό πήρε αρχικά το όνομά του από τον χαρτογράφο Muhammad al-Idrisi (1100-1166). Τον Ιούνιο του 2020 τα Clark Labs κυκλοφόρησαν το λογισμικό Terrset 2020 Geospatial Monitoring and Modeling έκδοση 19 (<https://en.wikipedia.org/wiki/TerrSet>).

Το TerrSet (πρώην IDRISI) είναι ένα ολοκληρωμένο γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS) και λογισμικό τηλεπισκόπησης που αναπτύχθηκε από τα εργαστήρια Clark Labs του Πανεπιστημίου Clark για την ανάλυση και την προβολή ψηφιακών γεωχωρικών πληροφοριών. Το TerrSet είναι ένα σύστημα βασισμένο σε πλέγμα H/Y που προσφέρει εργαλεία για ερευνητές και επιστήμονες που ασχολούνται με την ανάλυση της δυναμικής του γήινου συστήματος για την αποτελεσματική και υπεύθυνη λήψη αποφάσεων για την περιβαλλοντική διαχείριση, την αειφόρο ανάπτυξη

των πόρων και τη δίκαιη κατανομή των πόρων.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του TerrSet περιλαμβάνουν:

- **Αναλυτικά εργαλεία GIS**, για βασική και προηγμένη χωρική ανάλυση, συμπεριλαμβανομένων εργαλείων για επιφανειακή και στατιστική ανάλυση, αλλαγή και πρόβλεψη γης και ανάλυση χρονοσειρών εικόνων,
- **Ένα σύστημα επεξεργασίας εικόνας**, με πολλαπλούς ταξινομητές, συμπεριλαμβανομένων ταξινομητών μηχανικής μάθησης, όπως νευρωνικά δίκτυα και ανάλυση δέντρων ταξινόμησης, καθώς και τμηματοποίηση εικόνας για ταξινόμηση,
- **Land Change Modeler**, ένα σύνολο εργαλείων σχεδιασμού γης και υποστήριξης αποφάσεων που αντιμετωπίζει την πολυπλοκότητα της ανάλυσης και πρόβλεψης της αλλαγής γης.
- **Habitat and Biodiversity Modeler**, ένα περιβάλλον μοντελοποίησης για την αξιολόγηση ενδιαιτημάτων και τη μοντελοποίηση της βιοποικιλότητας.
- **Ecosystem Services Modeler**, ένα χωρικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την αξιολόγηση της αξίας του φυσικού κεφαλαίου.
- **Earth Trends Modeler**, μια ολοκληρωμένη σουίτα εργαλείων για την ανάλυση χρονοσειρών εικόνων για την αξιολόγηση των κλιματικών τάσεων και επιπτώσεων.
- **Climate Change Adaptation Modeler**, μια εγκατάσταση για τη μοντελοποίηση του μελλοντικού κλίματος και των επιπτώσεών του.
- **Geosiris-Redd**, ένα εργαλείο σχεδιασμού σε εθνικό επίπεδο για την αξιολόγηση της αποψίλωσης των δασών και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα
- **GeoMod**, ένα εργαλείο μοντελοποίησης της αλλαγής της γης που βασίζεται στη μοντελοποίηση μονόδρομων μεταβάσεων μεταξύ δύο κατηγοριών κάλυψης γης (<https://clarklabs.org/>)

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί η καρτέλα μοντέλο αλλαγής της κάλυψης γης **land change modeler** (Εικόνα 6.1). Η πρόβλεψη της μεταβολής της κάλυψης γης με τη βοήθεια του μοντέλου αλλαγής Land Change Modeler είναι μια καθοδηγούμενη διαδικασία η οποία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. **Ανάλυσης αλλαγής (Land change)**, Στο στάδιο αυτό αξιολογείται η μετάβαση των δύο χαρτών κάλυψης γης από μια χρονική στιγμή σε μια άλλη. Οι αλλαγές

- που εντοπίζονται είναι οι μεταβάσεις από μια κατάσταση κάλυψης σε μια άλλη
2. **Μοντελοποίησης δυναμικού μετάβασης (Transition potentials).** Το δεύτερο βήμα στη διαδικασία πρόβλεψης αλλαγής είναι η μοντελοποίηση του δυναμικού μετάβασης, όπου προσδιορίζεται το δυναμικό της γης για μετάβαση και τέλος της
 3. **Πρόβλεψης της αλλαγής (Change prediction).** Χρησιμοποιώντας τους χάρτες του παρελθόντος και το μοντέλο δυναμικού μετάβασης, προβλέπεται το μελλοντικό σενάριο για μια συγκεκριμένη ημερομηνία. (Eastman, J. R. 2016).



Εικόνα 6.1: Η καρτέλα Land Change Modeler του λογισμικού Terrset

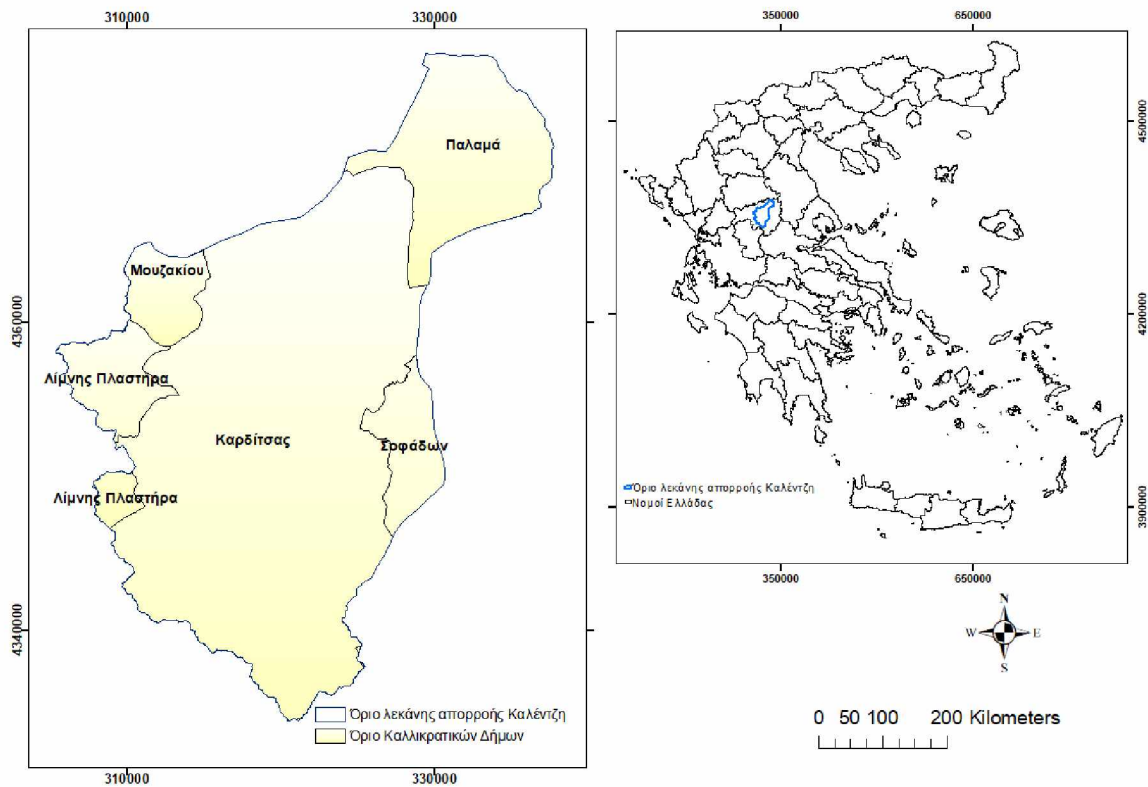
Το μοντέλο χρησιμοποιεί την τεχνική του πολυεπίπεδου νευρωνικού δικτύου MLP (Multi-Layer Perceptron). Αρχικά το MLP εφαρμόστηκε για να αναλάβει την ταξινόμηση των εικόνων που ανιχνεύονται από απόσταση χρησιμοποιώντας τον

αλγόριθμο οπισθοδιάδοσης (back propagation algorithm). Το MLP ξεκινά να εκπαιδεύεται στα δείγματα που του παρέχονται από πλέγματα που είτε έχουν είτε δεν έχουν βιώσει τη μετάβαση που μοντελοποιείται. Επειδή αυτή η μέθοδος βασίζεται σε νευρωνικά δίκτυα, το MLP λειτουργεί σε αυτόματη λειτουργία όπου λαμβάνει τις δικές του αποφάσεις σχετικά με το ποιες παραμέτρους θα χρησιμοποιήσει και πώς θα πρέπει να αλλάξουν για να μοντελοποιήσει τα δεδομένα με καλύτερο τρόπο. Η ενότητα επαναλαμβάνεται μέχρι τον μέγιστο αριθμό επαναλήψεων ή τη μέγιστη ταχύτητα ακρίβειας (Eastman J.R 2012).

Επιπλέον, το λογισμικό χρησιμοποιεί τα κυψελοειδή αυτόματα CA (Cellular Automata), που αποτελούν μια τεχνική χωρικής μοντελοποίησης που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην προσομοίωση αστικών συστημάτων. Η δημοτικότητα τους προέρχεται από την ικανότητά τους να μοντελοποιούν την εγγύτητα, η οποία θεωρείται ως βασικό χωρικό στοιχείο που αντανακλά τη δυναμική των αλλαγών στη χρήση γης. Το μοντέλο CA -Markov (Cellular Automata-Markov Chain), σε συνδυασμό με το πολυεπίπεδο νευρωνικό δίκτυο MLP (Multi-Layer Perceptron), που είναι ενσωματωμένα στο λογισμικό TerrSet εφαρμόστηκαν για την πρόβλεψη χρήσεων γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη για τις ημερομηνίες 2030, 2050. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα είναι χρήσιμα για την ανάπτυξη κατάλληλου σχεδίου στρατηγικής για τη διατήρηση των εδαφικών και των υδάτινων πόρων της περιοχής στο μέλλον.

6.3 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης στο παρόν κεφάλαιο αποτελείται από τη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη. Ο ποταμός Καλέντζης πηγάζει από τα νότια της περιφερειακής ενότητας Καρδίτσας και όπως αναλύθηκε διεξοδικά στο κεφ 5 έχει έκταση 653.80 km² και μέσο υψόμετρο $Z_m = 254.80$ m. Περιλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του Δήμου Καρδίτσας, τμήμα του Δήμου Σοφάδων, τμήμα του Δήμου Παλαμά, τμήμα του Δήμου Μουζακίου και τμήμα του Δήμου Λίμνης Πλαστήρα (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2: Περιοχή λεκάνης απορροής Καλέντζη

Από την επεξεργασία των δεδομένων της ΕΛΣΤΑΤ για την πληθυσμιακή μεταβολή των Καλλικρατικών Δήμων της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας της απογραφής του 1991 έως το 2011, δημιουργήθηκε ο πίνακας 6.1

Πίνακας 6.1: Μεταβολή του πληθυσμού των Καλλικρατικών Δήμων από το 1991 έως το 2011 της Π.Ε Καρδίτσας

Μόνιμος πληθυσμός	1991	2001	2011
Δήμος Καρδίτσας	55702	57089	56747
Δήμος Λίμνης Πλαστήρα	3915	4022	4635
Δήμος Παλαμά	19413	18500	16726
Δήμος Σοφάδων	23541	21759	18864
Δήμος Μουζακού	17645	16407	13122
Δήμος Αργιθέας	2999	2488	3450
Πόλη της Καρδίτσας	33110	35971	38554

Από την δημογραφική εξέλιξη των Καλλικρατικών Δήμων της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας παρατηρείται μείωση του πληθυσμού από το 1991 έως το 2011, με εξαίρεση το Δήμο Πλαστήρα. Η Δημοτική Ενότητα Καρδίτσας η οποία καταλαμβάνει και τη μεγαλύτερη έκταση στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη παρά την αύξηση του πληθυσμού κατά τη δεκαετία 1991 -2001, παρουσίασε μείωση στην απογραφή του 2011. Σε αντίθεση με το σύνολο της δημοτικής ενότητας, η πόλη της Καρδίτσας εμφανίζεται να αυξάνει τον πληθυσμό της σε ποσοστό 16% από το 1991 έως το 2011. Η μελέτη των δημογραφικών στοιχείων και της πληθυσμιακής πυκνότητας μιας περιοχής είναι σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το ισοζύγιο κάλυψης/χρήσεων γης. Επιπλέον οι περιοχές με ήπιες κλίσεις όπως ο Δήμος Καρδίτσας, έχει αποδειχτεί ότι προσελκύουν το ενδιαφέρον για οικοδόμηση (Jin et al., 2015).

Λόγω του πεδινού της χαρακτήρα η περιοχή κατά το μεγαλύτερο μέρος της καταλαμβάνεται από γεωργικές εκτάσεις υψηλής παραγωγικότητας με κυρίαρχη καλλιέργεια το βαμβάκι και έπειτα ακολουθούν το καλαμπόκι, ο καπνός, τα σιτηρά, η βιομηχανική ντομάτα. Επομένως, η οικονομία της περιοχής βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη και ευημερία του πρωτογενούς τομέα. Η κτηνοτροφία είναι λιγότερο ανεπτυγμένη και στηρίζεται κυρίως στην αγελαδοτροφία – βουτροφία, αιγοπροβατοτροφία, χοιροτροφία, ορνιθοτροφία, κονικλοτροφία. Ο Δευτερογενής τομέας βρίσκεται σε αρκετά χαμηλό επίπεδο ανάπτυξης σε επίπεδο Περιφερειακής Ενότητας και περιλαμβάνει κυρίως μικρές βιοτεχνικές και βιομηχανικές μονάδες όπως εκκοκκιστήρια βάμβακος, κυλινδρόμυλοι και βιοτεχνίες επεξεργασίας και μεταποίησης ξυλείας όπου επεξεργάζονται γεωργικά, κτηνοτροφικά και δασικά προϊόντα. Η γεωργοκτηνοτροφική δραστηριότητα στην περιοχή μελέτης τις τελευταίες δεκαετίες περιοχή παρουσιάζει πτωτικές τάσεις, τόσο σε επίπεδο εκμεταλλεύσεων όσο και σε επίπεδο αριθμού κεφαλών. (Αλεξίου 2014).

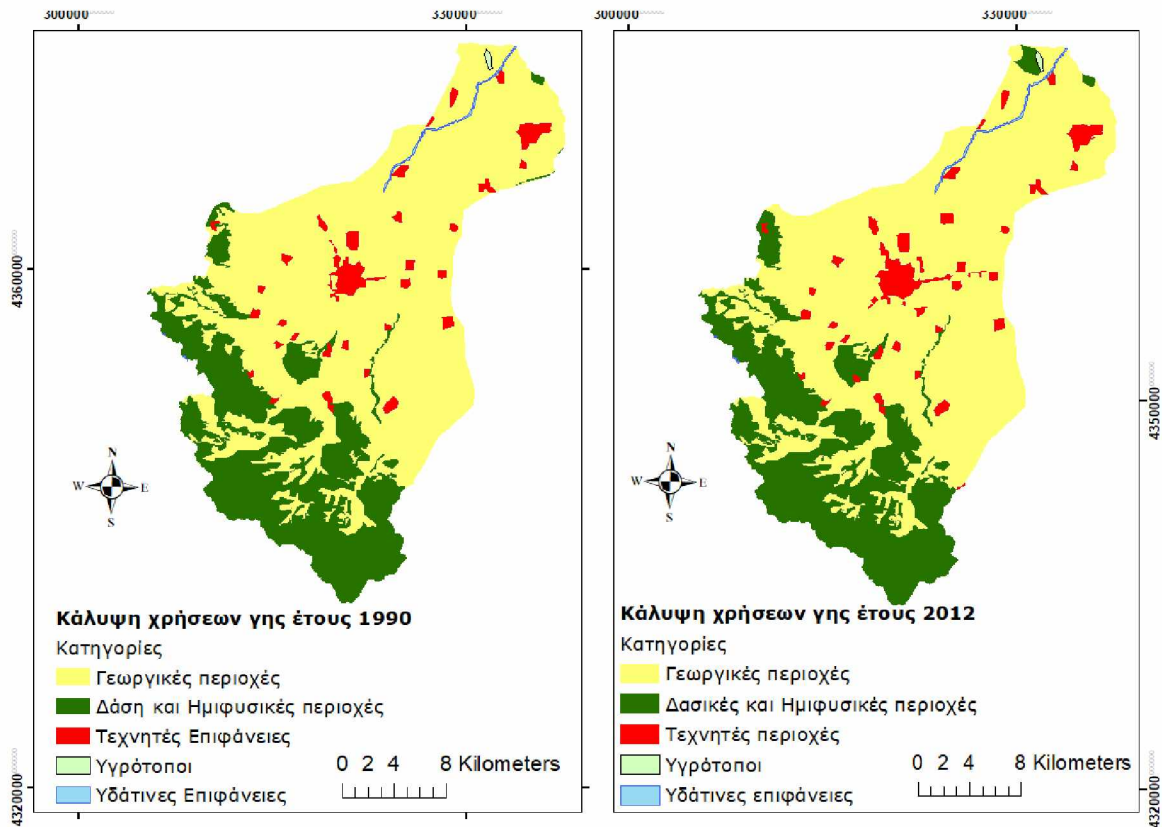
Από την επεξεργασία των στοιχείων της ΕΛΣΤΑΤ το σύνολο των γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων σε επίπεδο Περιφερειακής Ενότητας από το 2000 έως το 2009 παρουσίασε μείωση κατά 16,23% (Πίνακας 6.2).

Πίνακας 6.2: Μεταβολή των γεωργοκτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων από το 2000 έως το 2009

Απογραφή Γεωργίας - Κτηνοτροφίας	2000	2009	Μεταβολή %
Σύνολο εκμεταλλεύσεων	16.223	13590	-16.23
Έκταση σε χιλιάδες στρέμματα	826	713	-13.68

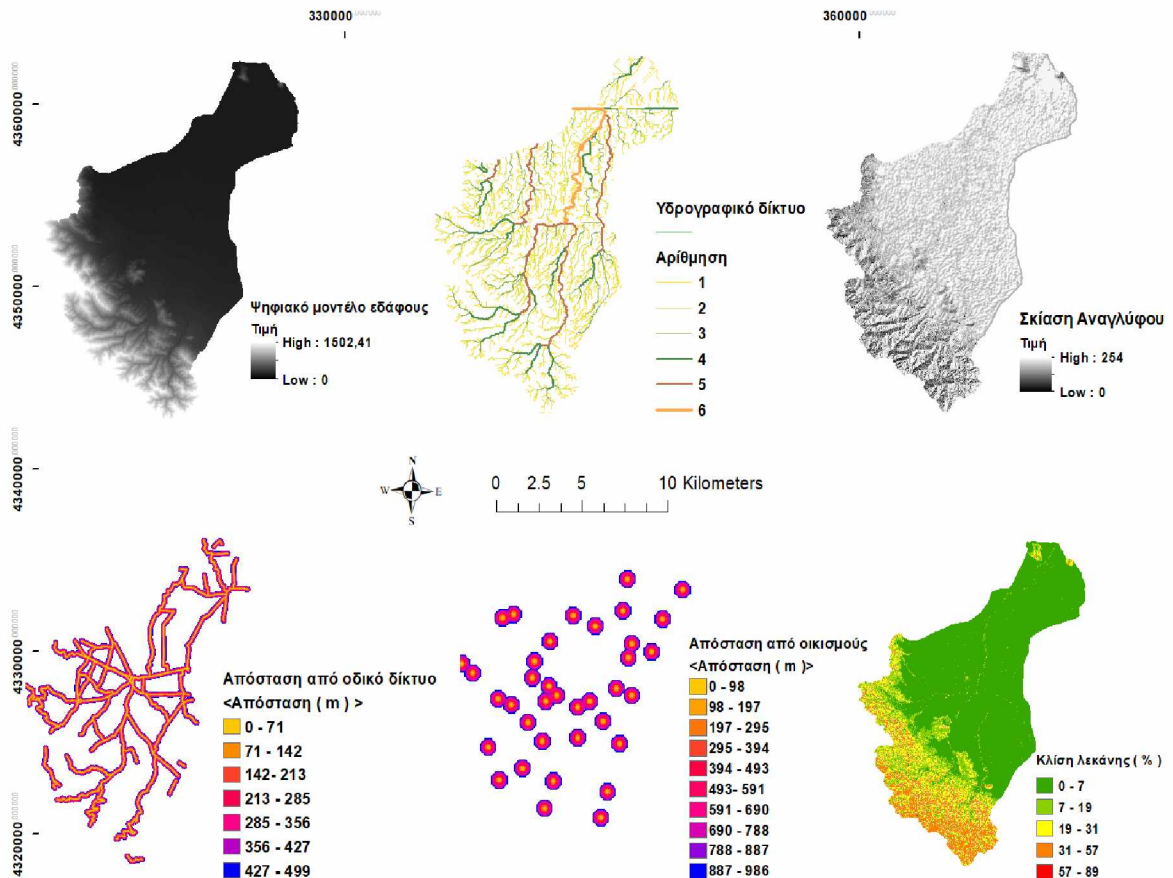
6.4 Υλικά και προετοιμασία των δεδομένων εισαγωγής στο μοντέλο πρόβλεψης

Για την εφαρμογή του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες χρήσεων γης corine του κεφαλαίου 3. Για τη δημιουργία των χαρτών τα δεδομένα χορηγήθηκαν από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Corine (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>), το οποίο χρησιμοποιεί δεδομένα από δορυφόρους παρατήρησης της γης. Τα δεδομένα αφορούν τις χρονολογίες 1990 και 2012, τα οποία μεταφορτώθηκαν σε ψηφιακή μορφή (raster) ανάλυσης 100x100 μέτρων και επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ArcGis. Η βάση δεδομένων Corine Land Cover έχει επικυρωθεί. Η επίσημη ακρίβεια ταξινόμησης του Corine ανέρχεται σε ικανοποιητικό επίπεδο 87% (Dzieszko 2014). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αποκοπή (clip) στα όρια της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας, και εφαρμόστηκε ταξινόμηση 1^{ου} επιπέδου, όπως αναλύθηκε λεπτομερώς στο κεφ 3 «Το πρόγραμμα Corine». Τελικά, δημιουργήθηκαν δύο χάρτες για τα έτη 1990 και 2012 που απεικονίζουν τις 5 βασικές κατηγορίες χρήσεων γης σύμφωνα με την ταξινόμηση και ονοματολογία του προγράμματος Corine. Συγκεκριμένα περιλαμβάνουν τις τεχνητές επιφάνειες, τις γεωργικές περιοχές, τις δασικές και ημιφυσικές περιοχές, τους υδροτόπους και τις υδάτινες επιφάνειες. (Εικόνα 6.3)



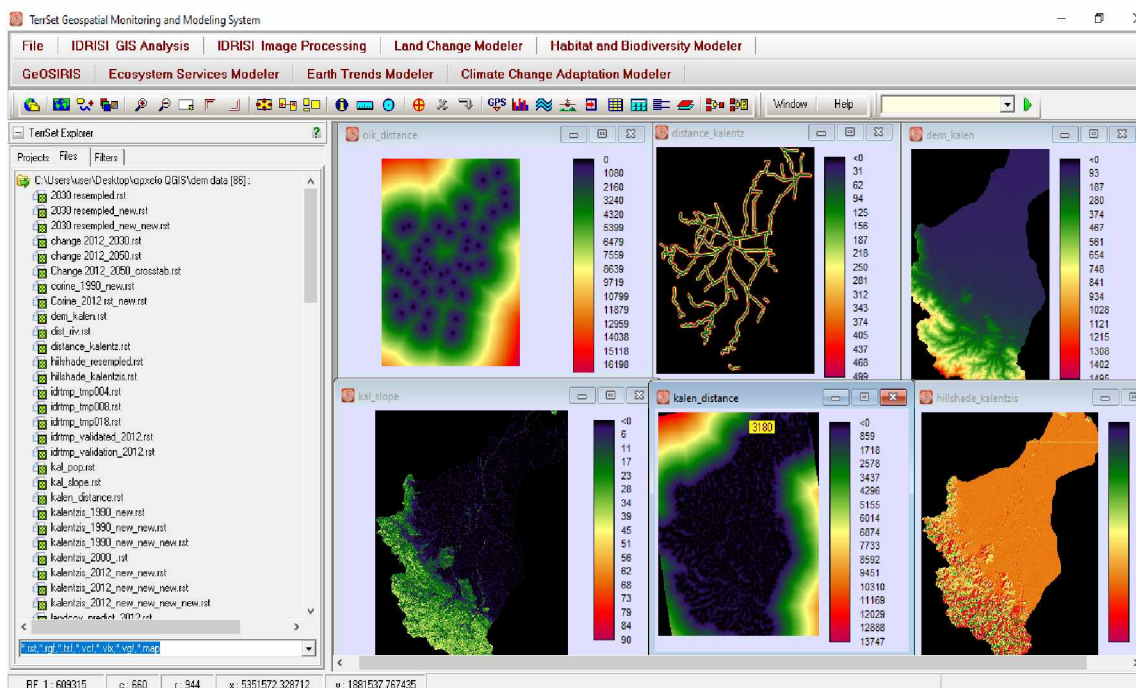
Εικόνα 6.3: Κάλυψη γης σύμφωνα με το 1^ο επίπεδο ταξινόμησης Corine Land Cover στη λεκάνη απορροής του Καλέντζη

Στη συνέχεια, αφού πραγματοποιηθεί η κατάλληλη επεξεργασία στο ArcGis, εισάγονται στο μοντέλο Terrset οι μεταβλητές επιρροής εισόδου όπως: απόσταση από το οδικό δίκτυο, απόσταση από οικισμούς, απόσταση από υδρογραφικό δίκτυο, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM), η κλίση και η σκίαση αναγλύφου (Εικόνα 6.4), στοιχεία για τα οποία η μεθοδολογία επεξεργασίας τους αναλύθηκε διεξοδικά στο κεφάλαιο 5. Η εισαγωγή των ανωτέρω δεδομένων, αποσκοπεί στη βελτίωση της ακρίβειας προσομοίωσης και την καλύτερη εκπαίδευση του τεχνητού νευρωνικού δικτύου. Τα κυψελοειδή αυτόματα (CA) εντοπίζουν το μοτίβο των κελιών με τη βοήθεια των μεταβλητών εισόδου όπως ψηφιακό μοντέλο εδάφους, απόσταση από οδικό δίκτυο κ.λπ. Η αλυσίδα Markov προβλέπει τη μελλοντική μεταβολή με βάση τα δεδομένα του παρελθόντος. Ο συνδυασμός αυτών των δύο τεχνικών καθιστά δυνατή την πρόβλεψη της μεταβολής χρήσεων γης με τη χρήση μοντέλου αλλαγής γης Land Change Modeler (LCM).



Εικόνα 6.4: Οι μεταβλητές εισόδου: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους, υδρογραφικό δίκτυο , σκίαση αναγλύφου, απόσταση από οδικό δίκτυο, απόσταση από οικισμούς, κλίση λεκάνης απορροής

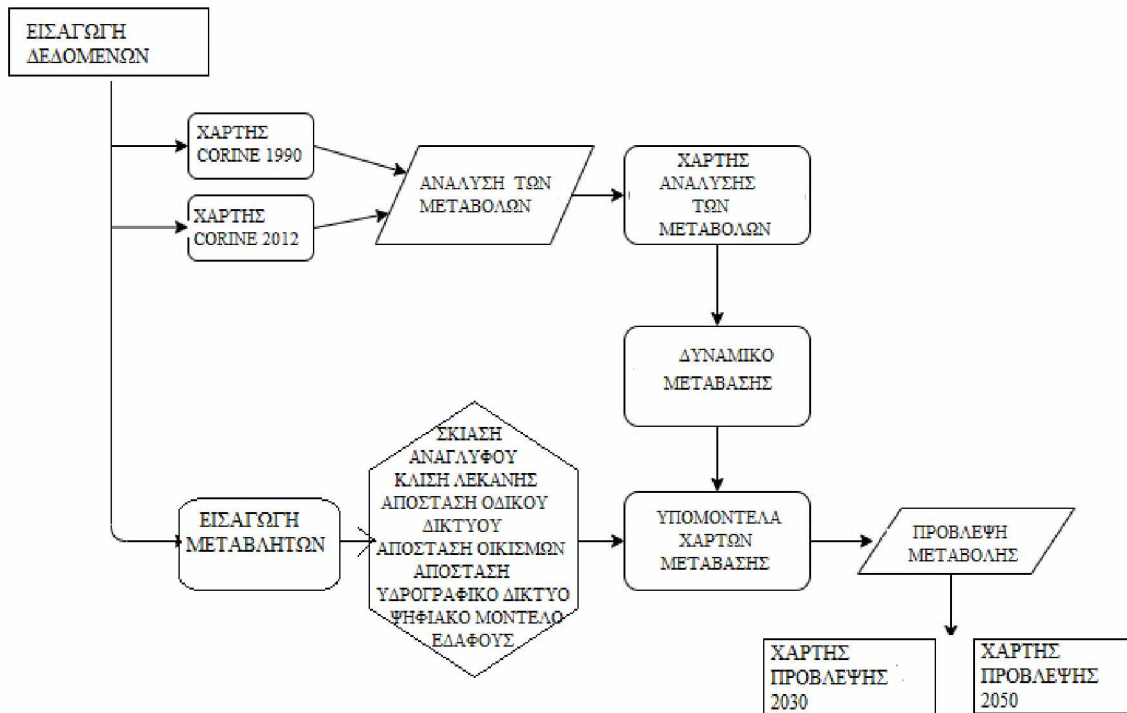
Μετά τη διαδικασία εισόδου των μεταβλητών καθώς και των δύο ιστορικών χαρτών Corine της κάλυψης γης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη για τα έτη 1990 και 2012 που κρίνονται απαραίτητες για τη μοντελοποίηση και την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου που είναι ενσωματωμένο στο λογισμικό, ακολουθεί η μετάβαση στην καρτέλα μοντέλο αλλαγής κάλυψης γης Land Change Modeler του Terrset. Η εισαγωγή των μεταβλητών στο μοντέλο (LCM) μετά την επεξεργασία τους στο ArcGis παρουσιάζεται στην εικόνα 6.5.



Εικόνα 6.5: Οι μεταβλητές εισόδου όπως εμφανίζονται στην επιφάνεια εργασίας του Terrset

Στην καρτέλα LCM εμπεριέχονται τα 3 βασικά πάνελ: Η ανάλυση των μεταβολών (Land Change), το δυναμικό μετάβασης (Transition Potentials) και η πρόβλεψη της μεταβολής (Change Prediction), τα οποία αποτελούν και τα τρία βασικά βήματα της μεθοδολογίας πρόβλεψης της αλλαγής κάλυψης/χρήσης γης της περιοχής μελέτης.

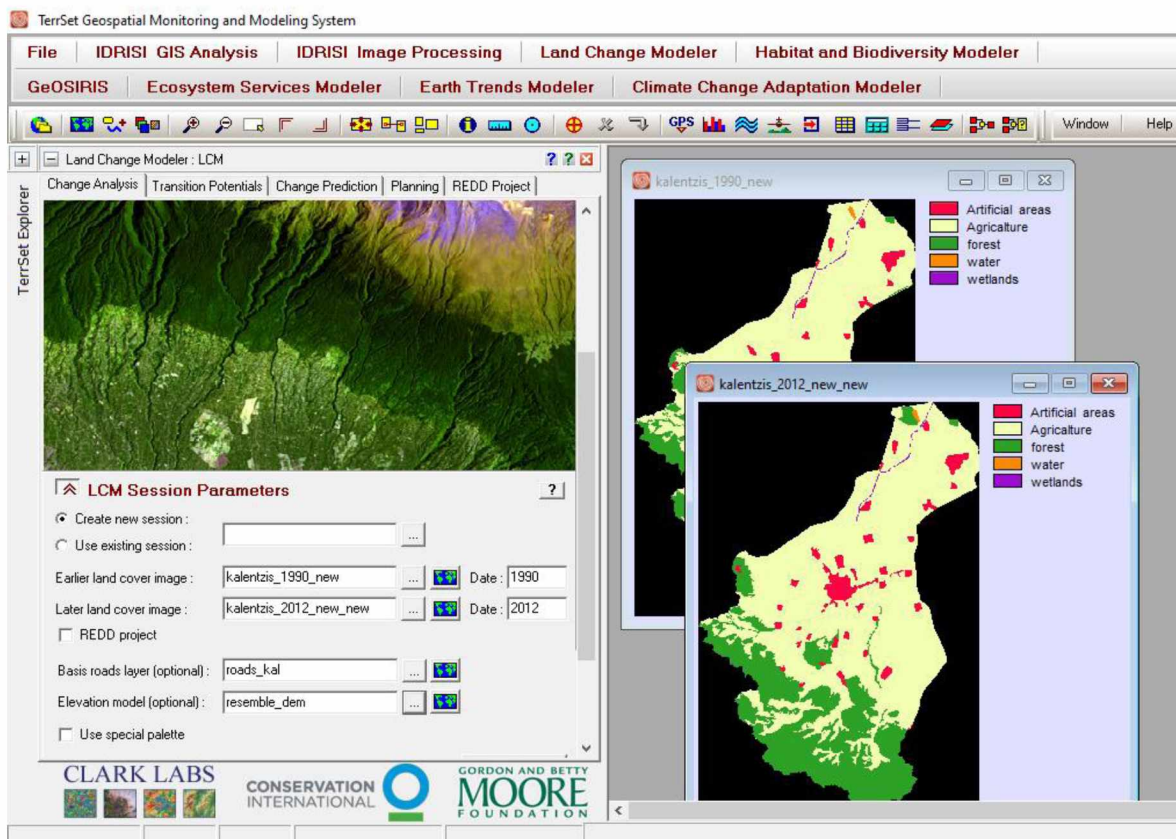
Το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που ακολουθείται παρουσιάζεται στην εικόνα 6.6



Εικόνα 6.6 Διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας

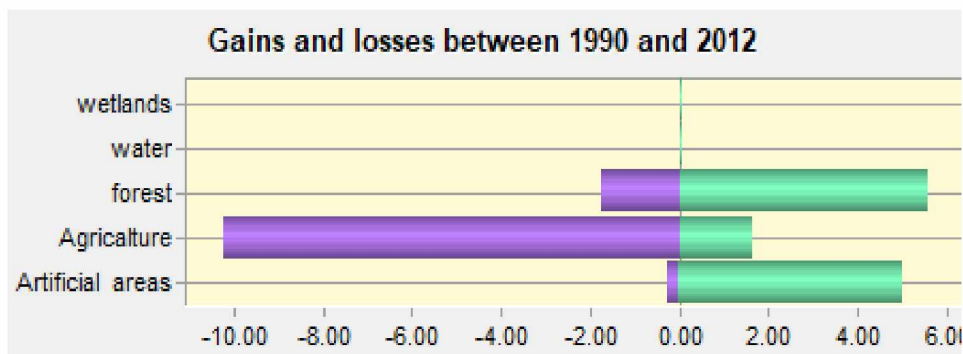
6.5 Το μοντέλο αλλαγής της κάλυψης γης (Land Change Modeler)

Μετά την εισαγωγή των μεταβλητών στο Terrset, πραγματοποιείται έλεγχος της ανάλυσης και του μεγέθους των κελιών σε όλα τα δεδομένα εισαγωγής, τα οποία θα πρέπει να ταυτίζονται προκειμένου να προχωρήσει η διαδικασία της μοντελοποίησης. Στη συνέχεια, στον πίνακα παραμέτρων (LCM Session Parameters) του Land Change Modeler καταχωρούνται οι ιστορικοί χάρτες Corine για τα έτη 1990 και 2012 της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη (Εικόνα 6.7). Οι χάρτες αυτοί θα χρησιμοποιηθούν από το λογισμικό, ως βάση για την κατανόηση της φύσης της αλλαγής στην περιοχή μελέτης και τα μέσα για τον καθορισμό δειγμάτων μεταβάσεων που πρέπει να μοντελοποιηθούν.



Εικόνα 6.7: Είσοδος στο Land Change Modeler και καταχώρηση των χαρτών Corine έτους 1990, 2012 στον πίνακα παραμέτρων (LCM Session Parameters)

Αρχικά, το μοντέλο εκτιμά τα κέρδη και τις απώλειες (Gains and losses) σε km² κάθε κατηγορίας χρήσεων γης των χαρτών Corine, για το διάστημα 1990 έως 2012 (Εικόνα 6.8) και υπολογίζει και τις συνεισφορές όλων των υπολοίπων κατηγοριών στην καθαρή μεταβολή της κάθε κατηγορίας



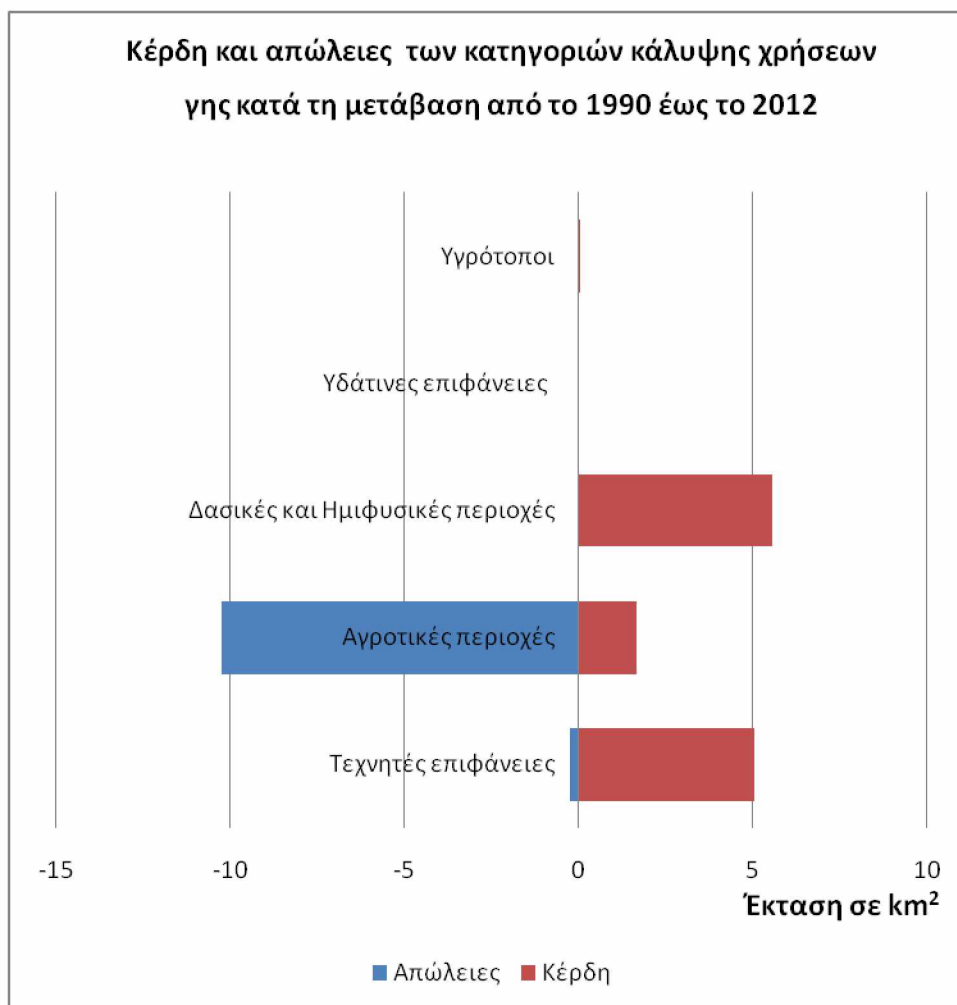
Εικόνα 6.8: Κέρδη και απώλειες σε όλες τις κατηγορίες χρήσεων γης Corine για τα έτη 1990 και 2012

Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος της εικόνας 6.8 προκύπτει ο πίνακας 6.3, στον οποίο εμφανίζονται τα κέρδη και οι απώλειες των κατηγοριών χρήσεων γης σε km² σύμφωνα με το 1^ο επίπεδο ταξινόμησης Corine Land Cover που αφορούν τη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη.

Πίνακας 6.3 : Κέρδη και απώλειες κατά τη μετάβαση των κατηγοριών χρήσεων γης από το 1990 στο 2012

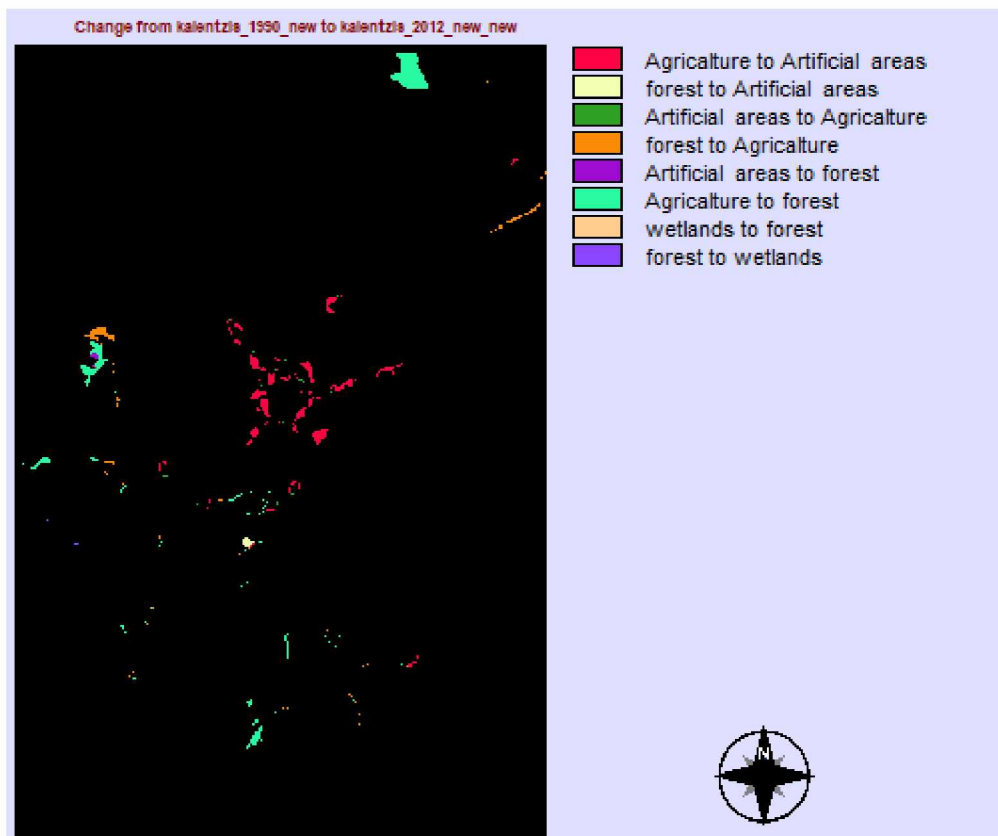
Κατηγορία χρήσεων γης	Απώλειες σε km²	Κέρδη σε km²
Τεχνητές επιφάνειες	-0.26	5.05
Γεωργικές περιοχές	-10.26	1.67
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές	-1.77	5.55
Υδάτινες επιφάνειες	0	0
Υγρότοποι	0	0.02

Από τα δεδομένα του πίνακα 6.3 καθώς και την απεικόνιση αυτών στο γράφημα της εικόνας 6.9, διαπιστώνεται ότι οι τεχνητές επιφάνειες αυξάνονται κατά 4.79 km², οι γεωργικές περιοχές μειώνονται κατά 8.59 km², ενώ οι δασικές εκτάσεις αυξάνονται κατά 3,78 km². Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν στο κεφ 5 αναφορικά με τη μεταβολή της κάλυψης εδάφους της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη, με τη χρήση των χαρτών Corine για τα έτη 1990 και 2012 και τη χρήση του λογισμικού ArcGis.



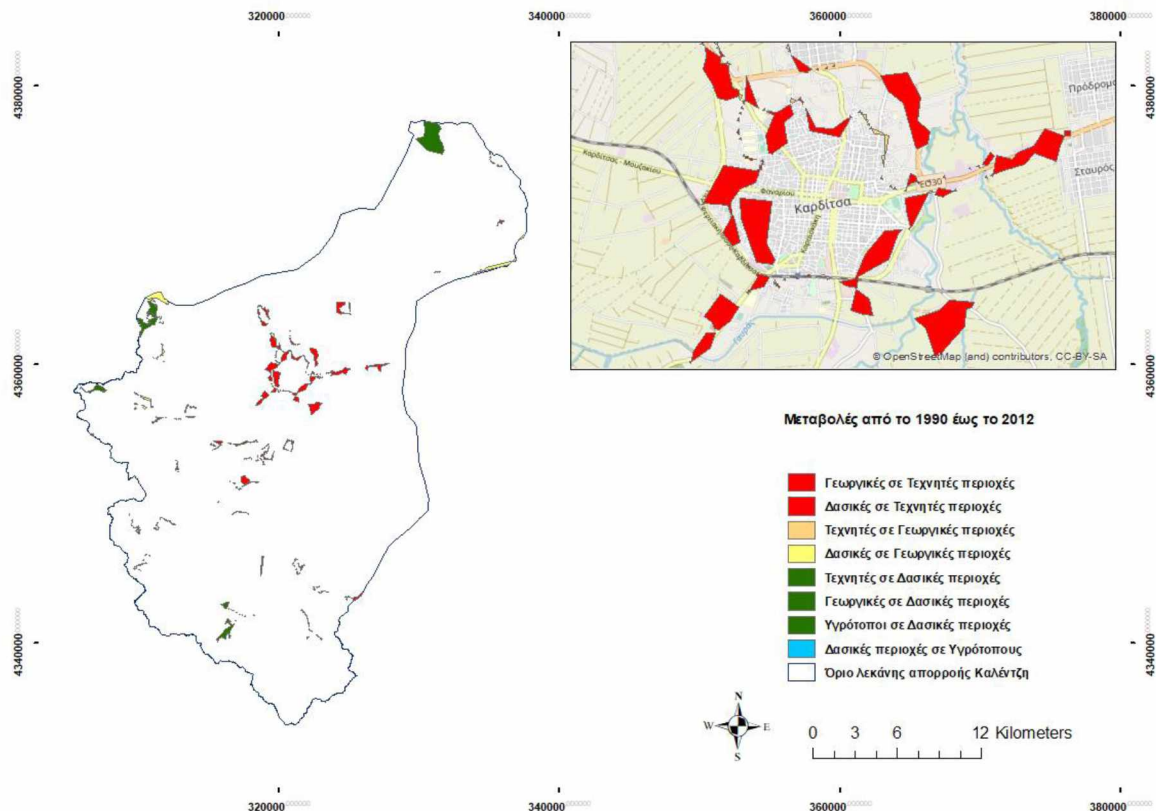
Εικόνα 6.9 : Γραφική απεικόνιση των μεταβολών σε κέρδη και απώλειες των κατηγοριών χρήσεων γης από το 1990 έως το 2012

Οι πίνακες χαρτών αλλαγής που δημιουργούνται στην ενότητα Change Analysis της καρτέλας Land Change Modeler μπορούν να χαρτογραφήσουν τις μεταβάσεις ανά κατηγορία ή να χαρτογραφήσουν τις ανταλλαγές ανά κατηγορία χρήσεων γης (Εικόνα 6.10).



Εικόνα 6.10: Χάρτης μεταβάσεων από το 1990 έως το 2012

Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το λογισμικό Terrset επεξεργάστηκαν στο ArcGis και δημιουργήθηκε ο χάρτης μεταβολών από το 1990 έως το 2012 για την περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλέντζη (Εικόνα 6.11)



Εικόνα 6.11: Χάρτης μεταβολών κάλυψης/χρήσης γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη από το 1990 έως το 2012

Με τη βοήθεια του προγράμματος Excel δημιουργήθηκε ο πίνακας 6.4 στον οποίο απεικονίζονται οι μεταβολές μεταξύ των κατηγοριών κάλυψης /χρήσης γης σε km^2 καθώς και το ποσοστό % των μεταβολών.

Πίνακας 6.4: Μεταβολές των κατηγοριών κάλυψης/χρήσης γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη από το 1990 έως το 2012

Κατηγορία κάλυψης/χρήσεων γης	Έκταση σε km^2	Ποσοστό%
Γεωργικές σε Τεχνητές περιοχές	4.72	39
Δασικές σε Τεχνητές περιοχές	0.27	2
Τεχνητές σε Γεωργικές περιοχές	0.16	1
Δασικές σε Γεωργικές περιοχές	1.39	12
Τεχνητές σε Δασικές περιοχές	0.05	0
Γεωργικές σε Δασικές περιοχές	5.41	45
Υγρότοποι σε Δασικές περιοχές	0.0018	0
Δασικές περιοχές σε Υγρότοπους	0.017	0

Από το χάρτη μεταβολών είναι φανερό ότι το μεγαλύτερο κέρδος κατά τη μετάβαση από το 1990 έως το 2012 αποκομίζουν οι δασικές εκτάσεις, οι οποίες αυξάνονται κατά 5,41 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 45% σε βάρος της γεωργικής γης. Το τμήμα των δασικών εκτάσεων που μετατράπηκε σε γεωργική γη υπολογίζεται σε 1.39 km², που αντιστοιχεί σε ποσοστό 12%, ενώ τμήμα δασικής έκτασης 0.27 km² και αντίστοιχου ποσοστού 2% μετατρέπεται σε τεχνητές περιοχές. Ακολουθούν οι τεχνητές επιφάνειες οι οποίες αυξάνονται κατά 4,72 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 39%. Αντίθετα οι τεχνητές επιφάνειες εμφανίζονται να χάνουν 0.16 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 1%. Το μοτίβο αστικής διάχυσης είναι εμφανές στην πόλη της Καρδίτσας (Εικόνα 6.11), που αποτελεί την πρωτεύουσα και μοναδικό αστικό κέντρο της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας. Η εξάπλωση του αστικού ιστού παρατηρείται ιδιαίτερα στο ανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα της πόλης. Οι περιοχές αυτές αποτελούν τις επεκτάσεις του σχεδίου πόλης Καρδίτσας. Στις περιοχές αυτές από το 1990 και μετά έχουν εγκριθεί πολεοδομικές μελέτες, τις οποίες ακολούθησαν οι κυρωμένες πράξεις εφαρμογής με τις οποίες ολοκληρώθηκε ο πολεοδομικός σχεδιασμός και μπορούσαν πλέον να οικοδομηθούν με όρους δόμησης εντός σχεδίου περιοχών. Ένας επιπλέον παράγοντας που ενίσχυσε το ενδιαφέρον για τις περιοχές επέκτασης αφορά την ολοκλήρωση των περιφερειακών αρτηριών περιμετρικά της πόλης. Αύξηση των τεχνητών περιοχών παρατηρείται και επί της οδικής αρτηρίας ανατολικά της πόλης. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει μια ζώνη παραγωγικών δραστηριοτήτων η οποίες αναπτύχθηκαν κατά μήκος της εθνικής οδού κατά τη μετάβαση από το 1990 έως το 2012.

Στο επόμενο στάδιο το LCM μέσω του πεδίου δυναμικό μετάβασης (transition potential) έχει τη δυνατότητα να μοντελοποιήσει το δυναμικό μετάβασης μεταξύ των κατηγοριών χρήσεων γης, με τη βοήθεια των υπομοντέλων (sub-model) και των μεταβλητών επιρροής εισόδου όπως (απόσταση από το οδικό δίκτυο, απόσταση από οικισμούς, ψηφιακό μοντέλο εδάφους, απόσταση από ποτάμια, κλίση εδάφους κλπ.).

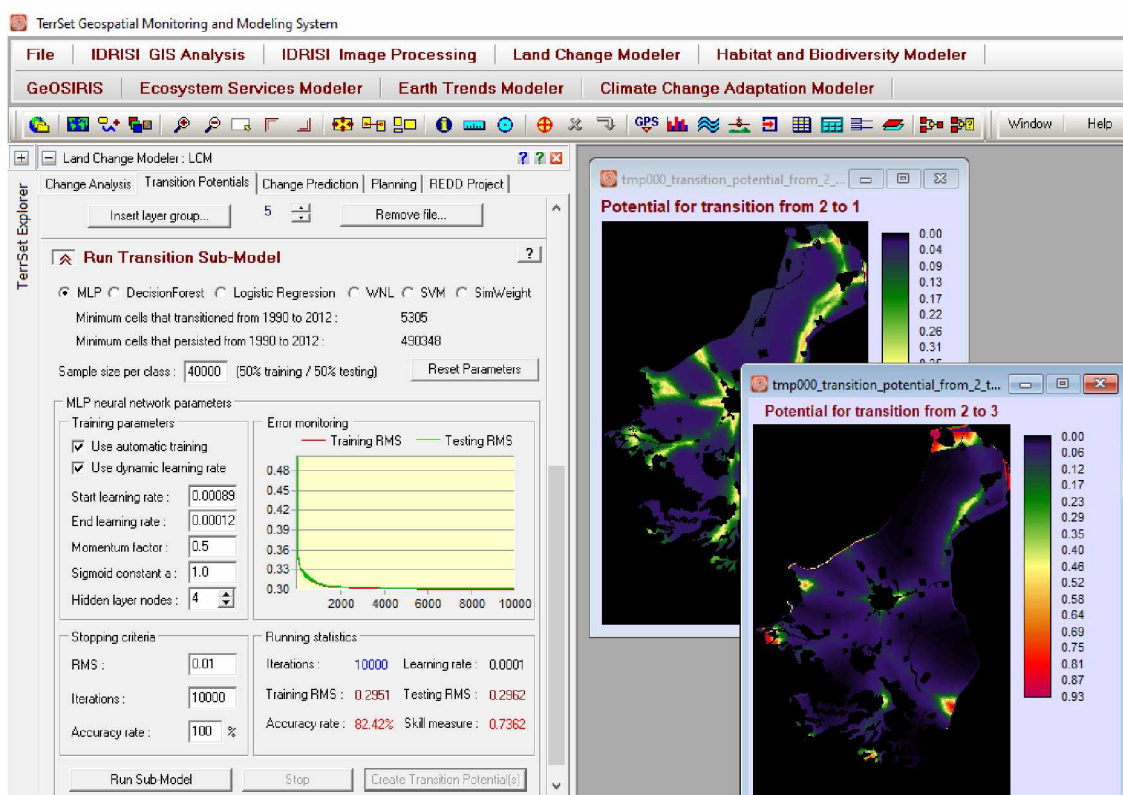
Για τη μοντελοποίηση της μετάβασης από τη μια χρονική στιγμή σε μια άλλη, και τη δημιουργία χαρτών καταλληλότητας, το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιήσει τρεις μεθοδολογίες:

- Τη μεθοδολογία πολυεπίδεδου νευρωνικού δικτύου MLP (Multi-Layer Perceptron), που έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει έως και 9 μεταβάσεις ανά

υπομοντέλο

- Τη μεθοδολογία μηχανικής εκπαίδευσης βάσει ομοιότητας (Slim Weight)
- Τη μεθοδολογία λογιστικής παλινδρόμησης (Logistic Regression)

Οι δύο τελευταίες μπορούν να εκτελέσουν μόνο μια μετάβαση ανά υπομοντέλο. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η μεθοδολογία του πολυεπίπεδου νευρωνικού δικτύου MLP (Multi-Layer Perceptron). Οι χάρτες δυναμικού μετάβασης που σχηματίζονται καθώς και η λειτουργία του πολυεπίπεδου νευρωνικού παρουσιάζονται στην εικόνα 6.12.



Εικόνα 6.12: Η λειτουργία του πολυεπίπεδου νευρωνικού δικτύου και οι χάρτες δυναμικού μετάβασης του μοντέλου

Τα αποτελέσματα μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας του πεδίου δυναμικό μετάβασης (transition potential) της καρτέλας Land Change Modeler παρουσιάζονται στον πίνακα 6.5. Για την εκτέλεση των υπομοντέλων μετάβασης, η διαδικασία εκπαίδευσης χρησιμοποίησε δείγματα που ελήφθησαν από εικονοστοιχεία (pixel) που είτε μοντελοποιήθηκαν ή που παρέμειναν σταθερά στην αλλαγή. Το 50% των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε για εκπαίδευση (training) και το υπόλοιπο 50%

χρησιμοποιήθηκε για την επικύρωση του μοντέλου δυναμικού μετάβασης (testing).

Ένα τυπικό νευρωνικό δίκτυο MLP αποτελείται από ένα στρώμα εισαγωγής, ένα ή περισσότερα κρυφά στρώματα και ένα στρώμα εξόδου. Γενικά, ένα κρυφό στρώμα είναι επαρκές για τις περισσότερες μελέτες (Eastman, 2012). Κάθε στρώμα περιέχει κόμβους (ή νευρώνες) που συνδέονται με σταθμισμένες συνδέσεις. Η συνάρτηση MLP έχει δύο κρίσιμα βήματα διάδοσης προς τα εμπρός και προς τα πίσω για την ολοκλήρωση των προσαρμογών και στάθμιση της σύνδεσης των νευρώνων (Eastman 2012, 2016). Η είσοδος ενός κόμβου σταθμίζεται ως εξής:

$$j = \sum_{i=1}^m W_{ij} O_i \quad (3)$$

όπου $i=1, \dots, m$ ο αριθμός εισόδων, το W_{ij} αναπαριστά τα βάρη μεταξύ των κόμβων i και j και O_i είναι το αποτέλεσμα εξόδου από τον κόμβο i . Η έξοδος από τον κόμβο j υπολογίζεται ως εξής:

$$O_j = f(j) \quad (4)$$

Επειδή η συνάρτηση f στην παρούσα μελέτη είναι σιγμοειδής, τα βάρη θα εφαρμοστούν πριν το σήμα φτάσει στο επόμενο στρώμα.

Το επίπεδο εισόδου στην παρούσα μελέτη είχε έξι κόμβους που ονομάζονται μεταβλητές εισόδου. Τέσσερις κόμβοι δημιουργήθηκαν στο κρυφό επίπεδο και τρεις κόμβοι συσχετίστηκαν στο επίπεδο εξόδου. Το ποσοστό ακρίβειας που επιτεύχθηκε μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εκπαίδευσης του νευρωνικού δικτύου και του δυναμικού μετάβασης, όπου χρησιμοποιήθηκαν 40.000 δείγματα και πραγματοποιήθηκαν 10.000 επαναλήψεις ανήλθε σε 82,51% (Πίνακας 6.5). Σύμφωνα με τον Eastman (2006) ο οποίος είναι ο κύριος προγραμματιστής και αρχιτέκτονας του λογισμικού οποιοδήποτε ποσοστό ακρίβειας άνω του 80% θεωρείται αποδεκτό για την αποδοχή της εκπαίδευσης του λογισμικού. Η ενσωμάτωση του πολυεπίδεδου μοντέλου νευρωνικού δικτύου (MLP), είναι μια πρόσφατα αναπτυγμένη μέθοδος για τον ποσοτικό προσδιορισμό της χωροχρονικής αλλαγής της μεταβολής κάλυψης /χρήσης γης. Συγκεκριμένα, το νευρωνικό δίκτυο MLP είναι ένας καινοτόμος αλγόριθμος που μπορεί να δημιουργήσει αυτόματα μεγάλο αριθμό τιμών παραμέτρων απαιτώντας λιγότερα δεδομένα για εκπαίδευση .

Πίνακας 6.5: Παράμετροι και απόδοση του μοντέλου

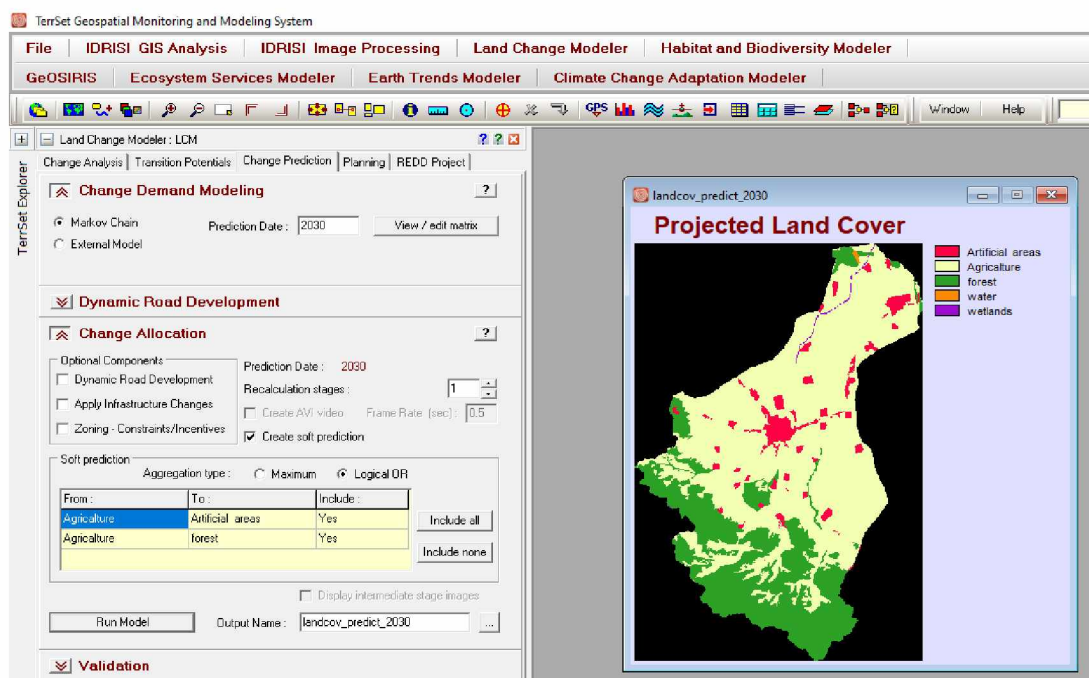
Νευρώνες στρώματος εισόδου	6
Κρυμμένοι νευρώνες στρώματος	4
Νευρώνες στρώματος εξόδου	3
Δείγματα που ζητήθηκαν ανά κατηγορία	40000
Τελικό ποσοστό μάθησης	0.0001
Συντελεστής ορμής	0.5
Σιγμοειδής σταθερά	1
Αποδεκτά RMS	0.01
Επαναλήψεις	10000
Εκπαίδευση RMS	0.2999
Δοκιμή RMS	0.2996
Ποσοστό ακρίβειας	82.51%
Μέτρο δεξιοτήτων	0.7377

Επιπλέον, η ανάλυση δείχνει ότι η εφαρμογή κατάλληλων μεταβλητών εισόδου συντελούν στην αύξηση της ακρίβειας εκπαίδευσης του μοντέλου (Πίνακας 6.6).

Πίνακας 6.6 : Απόδοση των μεταβλητών του μοντέλου

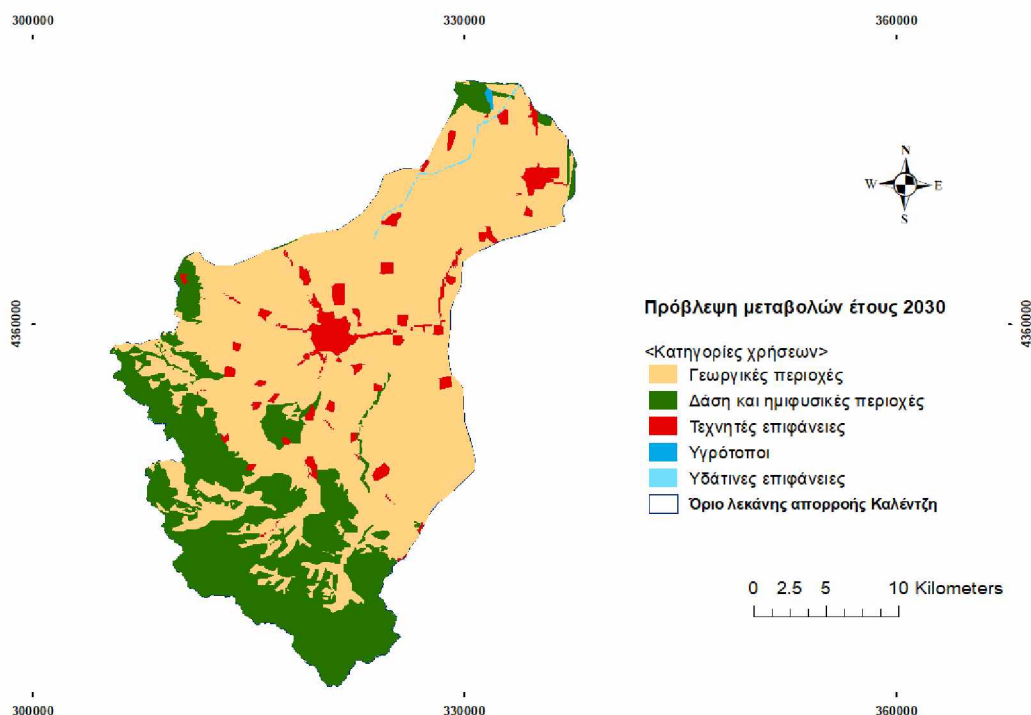
Υπόδειγμα	Μεταβλητές που περιλαμβάνονται	Ακρίβεια (%)	Μέτρο δεξιοτήτων
Με όλες τις μεταβλητές	Όλες οι μεταβλητές	82.51	0.7377
Βήμα 1: μεταβλητή [5] σταθερά	[1,2,3,4]	82.45	0.7368
Βήμα 2: μεταβλητές [5,4] σταθερά	[1,2,3]	82.12	0.7319
Βήμα 3: μεταβλητές [5,4,3] σταθερά	[1,2]	81.8	0.7271
Βήμα 4: μεταβλητές [5,4,3,2] σταθερά	[1]	77.76	0.6664

Μετά τη δημιουργία του δυναμικού μετάβασης, μπορεί να οριστεί το μοντέλο πρόβλεψης αλλαγής (Change Prediction). Αυτό το βήμα υπολογίζει το μέγεθος των αλλαγών που θα συμβούν το 2030 και το 2050 δημιουργώντας χάρτες πρόβλεψης αλλαγών για τα έτη 2030 και 2050 (Εικόνα 6.13)



Εικόνα 6.13 : Το πεδίο του μοντέλου πρόβλεψης αλλαγής (Change Prediction)

Ο προβλεπόμενος χάρτης για το 2030 που δημιουργήθηκε στην ενότητα πρόβλεψη αλλαγής (Change Prediction) της καρτέλας Land Change Modeler του Terrset, στη συνέχεια εισάγεται και επεξεργάζεται στο ArcGis (εικόνα 6.14)



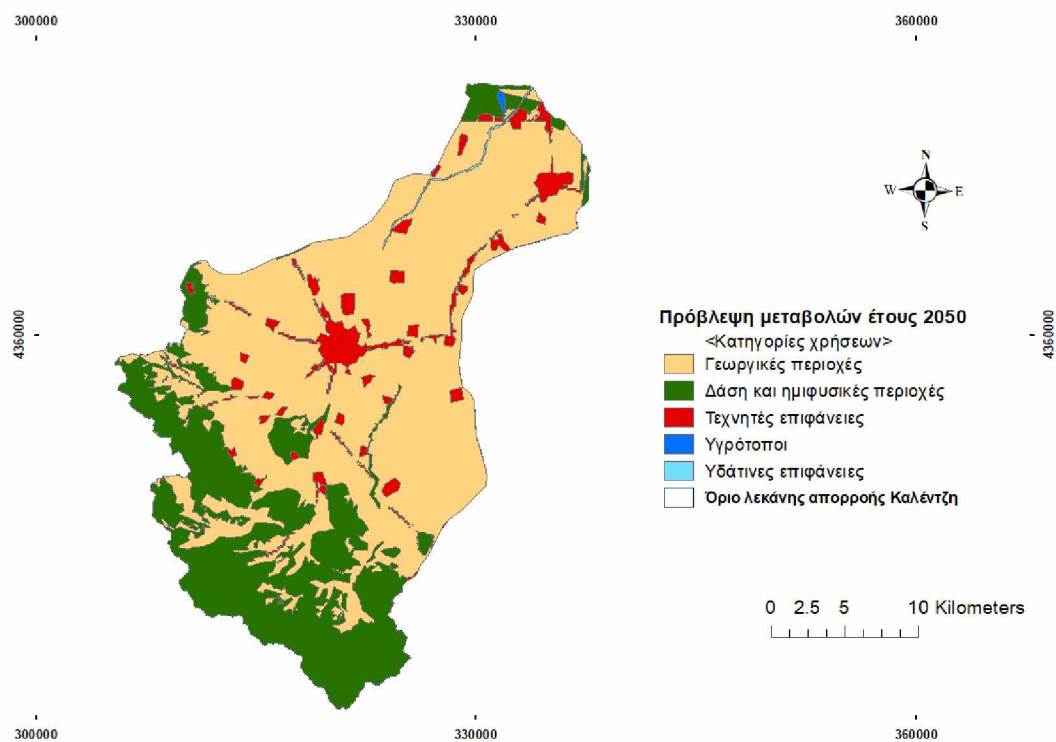
Εικόνα 6.14: Χάρτης μεταβολών κάλυψης /χρήσεων γης για το έτος 2030

Από τα δεδομένα του πίνακα ιδιοτήτων υπολογίζονται τα εμβαδά των εκτάσεων και τα ποσοστά που καταλαμβάνουν οι πέντε κατηγορίες κάλυψης/χρήσεων γης του 1^{ου} επιπέδου ταξινόμησης Corine Land Cover για το έτος 2030. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.7

Πίνακας 6.7: Μεταβολή κάλυψης /χρήσεων γης για το έτος 2030

Κατηγορίες Χρήσεων γης 2030	Έκταση km ²	Ποσοστό%
Τεχνητές επιφάνειες	32.44	4.96
Γεωργικές περιοχές	434.80	66.5
Δασικές και Ημιφυσικές περιοχές	184.41	28.2
Υγρότοποι	0.55	0.084
Υδάτινες επιφάνειες	1.55	0.23

Αντίστοιχα, μετά την πρόβλεψη της κάλυψης/χρήσεων γης για το έτος 2050 που πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Terrset, τα αποτελέσματα εισάγονται και επεξεργάζονται στο ArcGis. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 6.15.



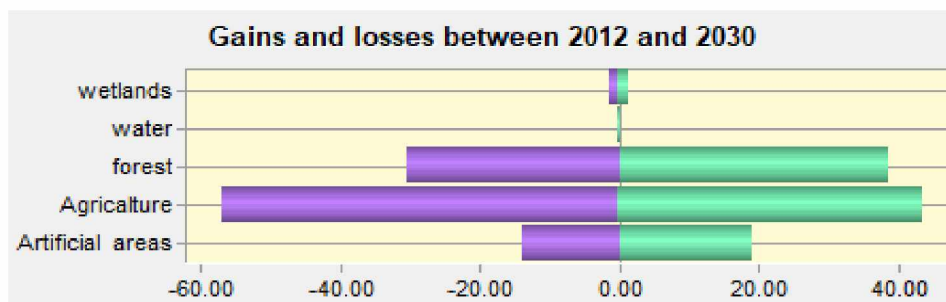
Εικόνα 6.15: Χάρτης μεταβολών κάλυψης /χρήσεων γης για το έτος 2050

Στον πίνακα 6.8 εμφανίζεται το εμβαδό και τα ποσοστά που καταλαμβάνουν οι κατηγορίες κάλυψης/χρήσεων γης για το έτος 2050

Πίνακας 6.8: Μεταβολή κάλυψης /χρήσεων γης για το έτος 2050

Κατηγορίες Χρήσεων γης 2050	Έκταση km ²	Ποσοστό%
Τεχνητές επιφάνειες	36.57	5.59
Γεωργικές περιοχές	425.90	65.14
Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	189.19	28.93
Υγρότοποι	0.55	0.084
Υδάτινες επιφάνειες	1.55	0.23

Από την επιλογή Change Analysis της καρτέλας Land Change Modeler υπολογίζονται τα κέρδη και οι απώλειες (gains and losses) σε km² μεταξύ των ετών 2012 -2030 (Εικόνα 6.16) και 2030-2050 (Εικόνα 6.17).



Εικόνα 6.16: Κέρδη και απώλειες κατά τη μετάβαση από το 2012 έως το 2030 σε km²

Από τα στοιχεία του γραφήματος της εικόνας 6.16 προκύπτει ο πίνακας 6.9 στον οποίο υπολογίζονται τα κέρδη και οι απώλειες των κατηγοριών της κάλυψης/χρήσεως γης κατά τη μετάβαση από το 2012 στο 2030

Πίνακας 6.9: Κέρδη και απώλειες σε km² από το 2012 έως το 2030

Μετάβαση 2012-2030	Απώλειες	Κέρδη
Τεχνητές επιφάνειες	-13.93	18.9
Γεωργικές περιοχές	-56.9	43.82
Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	-30.6	38.54
Υδάτινες επιφάνειες	-0.3	0.34
Υγρότοποι	-1.36	1.5

Αντίστοιχα για τη μετάβαση από το 2030 έως το 2050



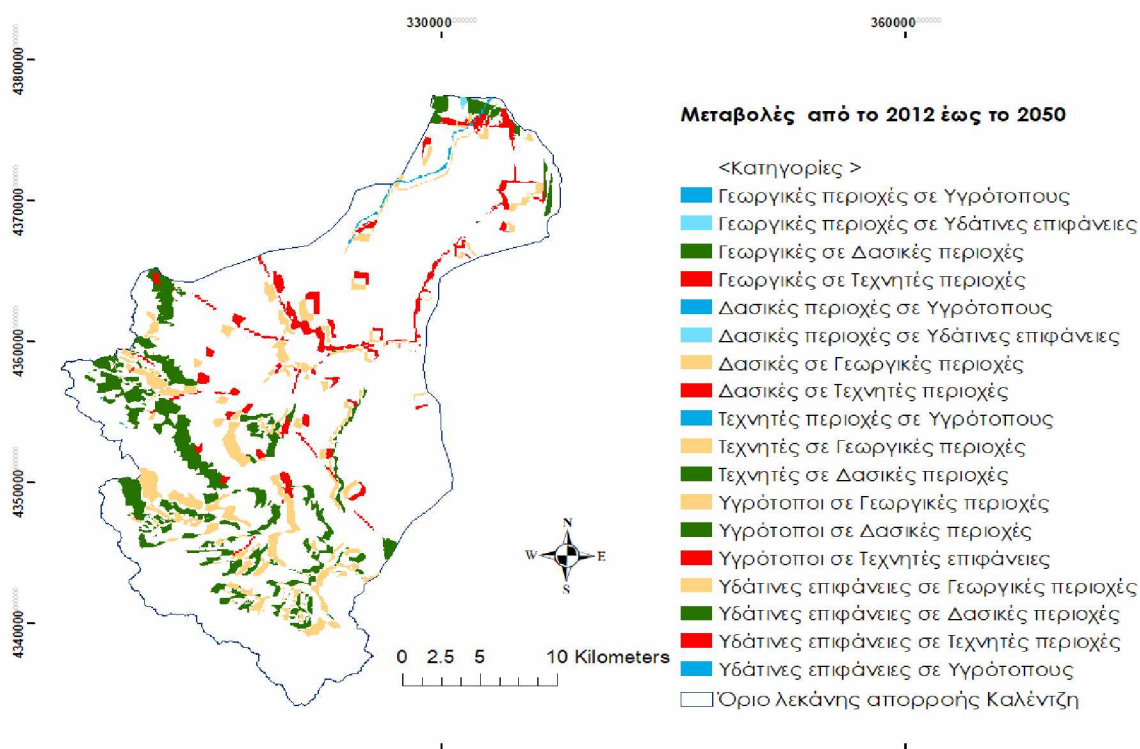
Εικόνα 6.17: Κέρδη και απώλειες κατά τη μετάβαση από το 2030 έως το 2050 σε km²

Από τα στοιχεία του γραφήματος της εικόνας 6.17 δημιουργήθηκε ο πίνακας 6.10 των κερδών και απωλειών σε km² κατά τη μετάβαση από το 2030 έως το 2050.

Πίνακας 6.10: Κέρδη και απώλειες σε km² από το 2030 έως το 2050

Μετάβαση 2030 -2050	Απώλειες	Κέρδη
Τεχνητές επιφάνειες	-19.18	21.34
Γεωργικές περιοχές	-68.48	47.62
Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	-31.31	50.21
Υδάτινες επιφάνειες	-0.5	0.43
Υγρότοποι	-1.47	1.34

Από την ενότητα Change Analysis της καρτέλας Land Change Modeler δημιουργήθηκε ο χάρτης μεταβάσεων από το 2012 έως το 2050, για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη, οποίος επεξεργάστηκε στο ArcGis και εμφανίζεται στην εικόνα 6.18



Εικόνα 6.18: Μεταβολές κάλυψης/χρήσεων γης από το 2012 έως το 2050

Με τη βοήθεια του προγράμματος Excel δημιουργήθηκε ο πίνακας 6.11 στον οποίο απεικονίζονται οι μεταβολές μεταξύ των κατηγοριών κάλυψης /χρήσης γης σε km² καθώς και το ποσοστό των μεταβολών % κατά τη μετάβαση από το 2012 στο 2050

Πίνακας 6.11: Μεταβολές των κατηγοριών κάλυψης/χρήσεων γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη από το 2012 έως το 2050

Κατηγορία Κάλυψης/χρήσεων γης	Έκταση κάλυψης σε km ² 2012	Έκταση κάλυψης σε km ² 2030	Έκταση κάλυψης σε km ² 2050	Μεταβολή 2012-2050 km ²	Ποσοστό μεταβολής 2012-2050 %
Τεχνητές επιφάνειες	28.65	32.44	36.57	7.92	27.64
Γεωργικές περιοχές	443.03	434.8	425.9	-17.13	-3.86
Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	179.93	184.41	189.19	9.26	5.14
Υγρότοποι	0.552	0.553	0.55	-0.002	0
Υδάτινες επιφάνειες	1.62	1.559	1.55	-0.07	0

Από τα στοιχεία του πίνακα 6.11 διαπιστώνουμε ότι οι τεχνητές επιφάνειες αυξάνονται κατά τη μετάβαση από το 2012 έως το 2050 κατά 7,92 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 27.64%, οι γεωργικές περιοχές μειώνονται κατά 17.13 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 3,86%, ενώ οι δασικές και ημιφυσικές περιοχές θα αυξηθούν κατά 9,26 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 5,14% σύμφωνα με το μοντέλο πρόβλεψης του λογισμικού Terrset. Οι υδάτινες επιφάνειες και οι υγρότοποι παρουσιάζουν πολύ μικρές μεταβολές.

6.6 Επικύρωση του μοντέλου πρόβλεψης

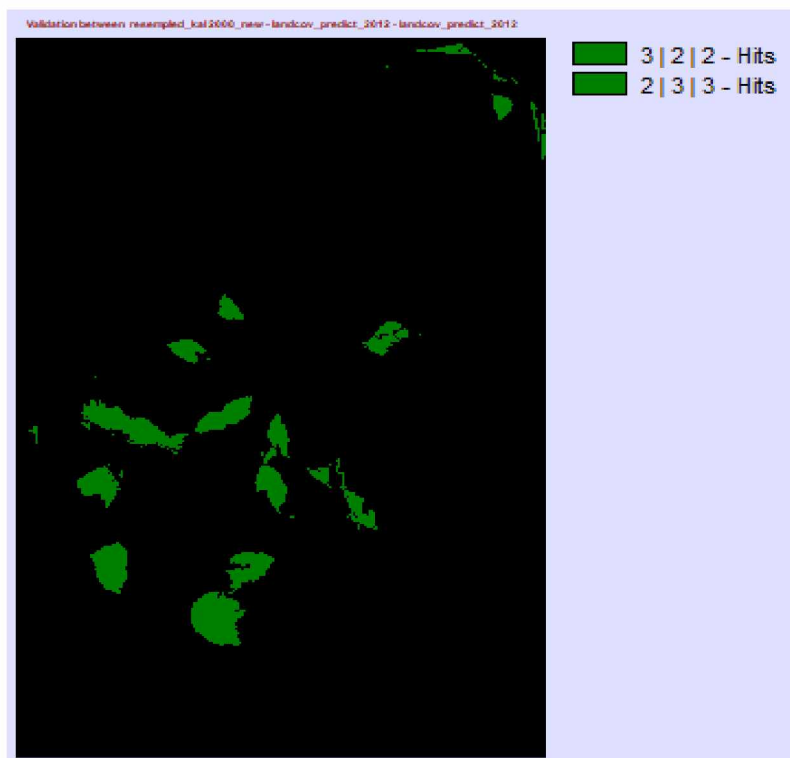
Για την επικύρωση της διαδικασίας, η οποία καθορίζει και την ποιότητα του παραγόμενου χάρτη πρόβλεψης, χρησιμοποιείται ο πραγματικός χάρτης Corine του έτους 2012, με τον χάρτη πρόβλεψης του έτους 2012 που δημιουργήσαμε με τη βοήθεια του λογισμικού χρησιμοποιώντας το χάρτη Corine έτους 1990 και το χάρτη Corine έτους 2000. Το στάδιο της επικύρωσης επιτυγχάνεται με την εκτέλεση ενός διασταυρωτικού πίνακα τριών κατευθύνσεων μεταξύ του μεταγενέστερου χάρτη κάλυψης γης, του χάρτη πρόβλεψης και ενός χάρτη της πραγματικότητας. Η έξοδος θα απεικονίζει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων του μοντέλου:

A | B | B = επιτυχίες -HITS (πράσινο) - Το μοντέλο προέβλεψε την αλλαγή και αυτή άλλαξε

$A | A | B =$ **απώλειες- MISSES (κόκκινο)** - Το μοντέλο προέβλεψε την παραμονή και άλλαξε.

$A | B | A =$ **Ψευδείς συναγερμοί- FALSE ALARM (κίτρινο)** - Το μοντέλο προέβλεψε αλλαγή και αυτή επέμεινε (Eastman, J. R. 2016).

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας επικύρωσης εμφανίζονται στην (εικόνα 6.19), όπου φαίνεται ότι επιβεβαιώθηκε η πρόβλεψη του μοντέλου για την περιοχή μελέτης.

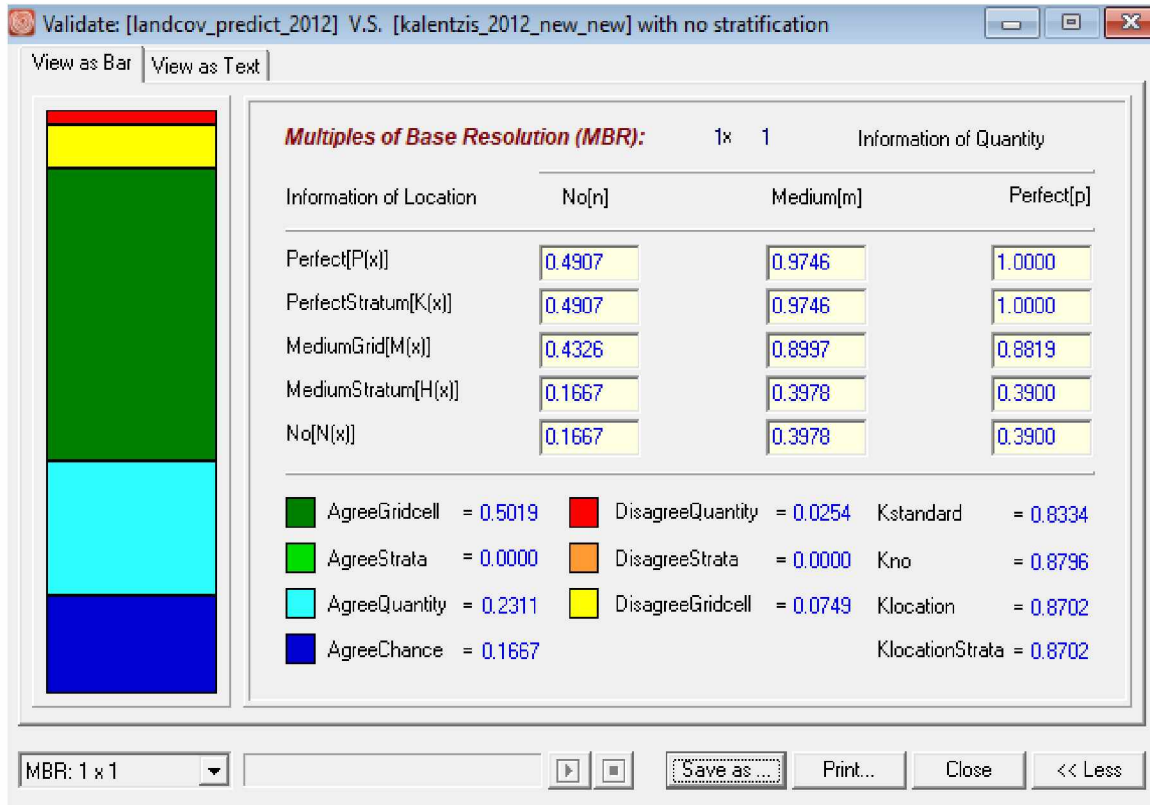


Εικόνα 6.19: Αποτελέσματα επικύρωσης μοντέλου (πράσινο hits)

Ένα ακόμη σημαντικό εργαλείο μοντελοποίησης ή πρόβλεψης αποτελούν τα στατιστικά Kappa που είναι ενσωματωμένα στη μονάδα Terrset παράλληλα με το μοντέλο CA-Markov. Τα στατιστικά Kappa που περιλαμβάνουν τους δείκτες K_{no} (K για τη συνολική ακρίβεια), $K_{location}$ (K για την τοποθεσία επιπέδου κυψέλης πλέγματος), $K_{location Strata}$ (K στρώματα τοποθεσίας), $K_{standard}$ (K πρότυπο), παρέχουν ένα ποσοτικό μέτρο της καλής προσαρμογής ή της καλύτερης τιμής μεταξύ του προβλεπόμενου μοντέλου και των παρατηρούμενων χαρτών. Οι τιμές Kappa οριοθετούνται από 1 και -1, όπου οι θετικές τιμές δείχνουν τυχαία, σπάνια μεγαλύτερη βελτιωμένη συμφωνία και οι αρνητικές τιμές υποδεικνύουν έλλειψη ή κακή

συμφωνία.

Οι τιμές Kappa κατηγοριοποιούνται ως κακές ($< 0,40$), δίκαια προς καλή ($0,40-0,75$), και άριστα ($> 0,75$). Τα στατιστικά kappa για την επικύρωση του χάρτη έτους 2012 εμφανίζονται στην εικόνα 6.20



Εικόνα 6.20: Επικύρωση χάρτη έτους 2012 με τη χρήση των στατιστικών kappa

Από τα στοιχεία της εικόνας διαπιστώνεται ότι οι δείκτες kappa έχουν τιμές:

$$K_{no} = 0.8334$$

$$K_{location} = 0.8796$$

$$K_{location\ Strata} = 0.8702$$

$$K_{standard} = 0.8702$$

Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές του δείκτη kappa υπερβαίνουν το ικανοποιητικό όριο ($< 80\%$), διασφαλίζοντας ικανοποιητική συμφωνία μεταξύ των παρατηρούμενων και των προσομοιωμένων χαρτών (Gharaibeh et al., 2020, Eastman, 2016b, Mandrekar 2010).

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατανόηση της δυναμικής των αλλαγών της κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους και των παραγόντων που ευθύνονται για αυτές τις αλλαγές, είναι ζωτικής σημασίας για τη μοντελοποίηση των μεταβολών και το σχεδιασμό βιώσιμης στρατηγικής για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της αειφορίας στον πλανήτη. Τις τελευταίες δεκαετίες οι μεταβολές της εδαφοκάλυψης σε τοπική και περιφερειακή κλίμακα, έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των μελετητών, οι οποίοι πιστεύουν ότι η ανάλυση των χωρικών προτύπων αποκαλύπτει τη σχέση μεταξύ της ανθρώπινης δραστηριότητας και της αλλαγής της επιφάνειας της γης (Meyer et 1992). Η μεταβολή των χρήσεων γης είναι μια παγκόσμια τάση (Agarwal et al. 2002) που σχετίζεται κυρίως με τη μετατροπή εκατομμυρίων τετραγωνικών χιλιομέτρων γεωργικών και δασικών εκτάσεων, σε άλλες χρήσεις γης κατά τον τελευταίο κυρίως αιώνα (Ramankutty et al 1999). Η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τη γη έχει δυναμικό χαρακτήρα και συντελείται σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο μωσαϊκό χρήσεων και καλύψεων γης. Η αναγνώριση των αλλαγών χρήσης γης με την πάροδο του χρόνου είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους στον σχεδιασμό και τη διαχείριση της γης. Αυτές οι αλλαγές επηρεάζονται από την αλληλεπίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως η αύξηση του πληθυσμού, οι πολιτικές και οικονομικές συνθήκες και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, π.χ., κλίμα, έδαφος και τοπογραφία (Ramankutty et al 1999). Επίσης, η πρόβλεψη των αλλαγών κάλυψης/χρήσεων γης παρέχει ένα πλαίσιο μακροπρόθεσμων μέτρων για την καλύτερη διαχείριση των φυσικών πόρων. Η μοντελοποίηση των αλλαγών κάλυψης/ χρήσης γης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή και ανάλυση της σημαντικής σύνδεσης μεταξύ της λειτουργίας των υπηρεσιών του οικοσυστήματος, των περιβαλλοντικών μεταβλητών και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Brown et al. 2000).

Σήμερα υπάρχει μια ποικιλία διαφορετικών εργαλείων μοντελοποίησης των μεταβολών κάλυψης/χρήσεων γης, που επιτρέπουν την πρόβλεψη των κοινωνικό-περιβαλλοντικών αλλαγών σε μια περιοχή μελέτης με την πάροδο του χρόνου. Μια διαδεδομένη μέθοδος εκτίμησης της μεταβολής κάλυψης/χρήσης γης είναι τα κυψελοειδή αυτόματα CA (Cellular automata) -Markov, το οποίο μοντελοποιεί τόσο τις χωρικές όσο και τις χρονικές αλλαγές. Το μοντέλο CA-Markov συνδυάζει κυψελοειδή

αυτόματα (Cellular Automata) και αλυσίδα Markov για την πρόβλεψη των τάσεων και των χαρακτηριστικών των μεταβολών της κάλυψης/χρήσης με την πάροδο του χρόνου σε μια περιοχή. Το μοντέλο CA -Markov (Cellular Automata-Markov Chain) σε συνδυασμό με το πολυεπίπεδο νευρωνικό δίκτυο MLP (Multi-Layer Perceptron) που είναι ενσωματωμένα στο λογισμικό TerrSet εφαρμόστηκαν για την πρόβλεψη χρήσεων στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη για τις ημερομηνίες 2030, 2050. Για την αύξηση της απόδοσης του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες μεταβλητές όπως η απόσταση από το οδικό δίκτυο, απόσταση από υδρογραφικό δίκτυο, το ψηφιακό ανάγλυφο του εδάφους, η κλίση του εδάφους, η απόσταση από οικισμούς, κλπ. Η προσβασιμότητα υπήρξε ανέκαθεν σημαντικός παράγοντας επιρροής, επειδή προσελκύει περισσότερες αστικές ή βιομηχανικές χρήσεις. Η απόσταση από το αστικό κέντρο μπορεί να είναι ένας πολύ ισχυρός μοχλός αλλαγής, όπου όσο πιο κοντά είναι η γη στα αστικά κέντρα τόσο πιο εύκολο είναι να μεταβληθεί σε αστικές χρήσεις. Αυτή η μεταβλητή συνδέεται επίσης με τις μεταφορές και τις εμπορικές χρήσεις. Επιπλέον, η κλίση του εδάφους και το υψόμετρο μιας περιοχής αποτελούν παράγοντες που συντελούν στη μεταβολή των χρήσεων γης. Όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5 η περιοχή χαρακτηρίζεται από ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο που το καθιστά ελκυστικό για ανθρώπινες δραστηριότητες (μεταφορές, οικοδόμηση, γεωργία, υλοτομία και κίνηση γεωργικών μηχανημάτων). Επιπλέον, η ανάλυση του αναγλύφου (γεωλογία, κλίση, όψη κλπ) αποτελεί βασικό στάδιο του πολεοδομικού σχεδιασμού, ασκώντας επιρροή στη μεταβολή των χρήσεων γης μιας περιοχής, ενώ διαδραματίζει και σημαντικό ρόλο στα πλημμυρικά φαινόμενα.

Από τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης των μεταβολών της κάλυψης/χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης, διαπιστώθηκε ότι κατά την αρχική μετάβαση από το 1990 έως το 2012 οι τεχνητές επιφάνειες στις οποίες περιλαμβάνονται ο ασυνεχής αστικός ιστός, οι επιφάνειες των βιομηχανικών και εμπορικών χρήσεων καθώς τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα αυξήθηκαν κατά 4.79 km², οι αγροτικές περιοχές μειώθηκαν κατά 8.59 km², ενώ οι δασικές εκτάσεις αυξήθηκαν κατά 3,78 km². Από το 1990 ξεκίνησε η επέκταση του πολεοδομικού ιστού της πόλης με την έγκριση των πολεοδομικών μελετών που ολοκληρώθηκαν με την κύρωση των πράξεων εφαρμογής των νέων περιοχών επεκτάσεων της πόλης της Καρδίτσας. Παράλληλα με την οικοπεδοποίηση των γαιών, την περίοδο αυτή παρατηρήθηκε αύξηση του

πληθυσμού του πολεοδομικού συγκροτήματος της Καρδίτσας σε συνδυασμό με την επιθυμία των ανθρώπων για αποκέντρωση, δημιούργησε αύξηση της ζήτησης των νέων επεκτάσεων στην ανατολική και δυτική πλευρά της πόλης όπως αποτυπώνονται και στην εικόνα 6.11. Επιπλέον, η δημιουργία των δύο περιφερειακών αρτηριών ανατολικά και δυτικά του εξωαστικού ιστού της πόλης, αύξησε την προσβασιμότητα η οποία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη χωροθέτηση δραστηριοτήτων προς τα όρια της πόλης. Από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ για το έτος 2001 το 9,56% του ενεργού πληθυσμού του Δήμου Καρδίτσας έναντι του 34,41% της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας απασχολείται στον πρωτογενή τομέα παραγωγής, το 16,29% του ενεργού πληθυσμού του Δήμου Καρδίτσας έναντι του 13,40% της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας στο δευτερογενή τομέα και το 62,73% έναντι του 40,93% στον τριτογενή τομέα. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι το αστικό κέντρο της πόλης της Καρδίτσας, αποτελεί το μοναδικό επιχειρηματικά κέντρο με πολλές και ποικίλες ευκαιρίες απασχόλησης, ευνοώντας με αυτόν τον τρόπο τη βελτίωση της παραγωγικότητας, ενισχύοντας τη λειτουργία της αστικής οικονομίας. Επιπλέον, τα αστικά κέντρα προσφέρουν στους κατοίκους υψηλότερα επίπεδα υπηρεσιών και υποδομών σχετικά με την περίθαλψη, εκπαίδευση, πολιτισμό, ψυχαγωγία, ανεύρεση εργασίας ασκώντας επιρροή στην ποιότητα της ζωής όσων διαμένουν σε αυτές. Το μοντέλο προβλέπει για το έτος 2050 αύξηση των τεχνητών επιφανειών κατά 7,92 km² που αντιστοιχούν σε ποσοστό 27,64% επιβεβαιώνοντας το σενάριο της ενίσχυσης του αστικοποιημένου τρόπου ζωής στο εγγύς μέλλον.

Τις μεγαλύτερες απώλειες κατά τη μετάβαση από το 1990 έως το 2012 υφίσταται η αγροτική γη. Από την επεξεργασία των δεδομένων της ΕΛΣΤΑΤ του πίνακα 6.2, οι γεωργικές και κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις μειώθηκαν σε επίπεδο της περιφερειακής ενότητας Καρδίτσας κατά 16,23% από το 2000 έως το 2009. Η εγκατάλειψη της αγροτικής γης δεν πλήττει μόνο την περιοχή μελέτης, αλλά αποτελεί πανευρωπαϊκό φαινόμενο. Από μελέτες που εκπονήθηκαν διαπιστώθηκε ότι η εγκατάλειψη της γεωργικής γης στην ΕΕ μπορεί να ανέλθει συνολικά σε 5 εκατομμύρια εκτάρια έως το 2030. Το σενάριο αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του μοντέλου το οποίο προέβλεψε μείωση της γεωργικής γης κατά 17,13 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 3,86% έως το 2050 στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλέντζη. Διαρθρωτικά προβλήματα όπως το μικρό και κατακεραματισμένο μέγεθος της

εκμετάλλευσης, η γήρανση του αγροτικού πληθυσμού, το χαμηλό επίπεδα απασχόλησης, το υψηλό κόστος και η χαμηλή ανταγωνιστικότητα της αγροτικής παραγωγής, η στασιμότητα και η πτώση της παραγωγικότητας καθώς και οι εκτεταμένες περιφερειακές και τομεακές ανισότητες είχαν συσσωρεύσει διάφορα αδιέξοδα και η συνεχής άφιξη φθηνής μαζικής μεταναστευτικής εργασίας τις τελευταίες δύο δεκαετίες οδήγησαν στη συρρίκνωση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού τομέα στην Ελλάδα.

Εκτός από τις τεχνητές επιφάνειες που αποτελούν το σημαντικότερο καταναλωτή γεωργικής γης, ακολουθούν τα δάση και οι ημιφυσικές περιοχές. Σύμφωνα με το μοντέλο προβλέπεται έως το 2050, αύξηση των δασικών και ημιφυσικών περιοχών κατά 9,26 km² που αντιστοιχεί σε ποσοστό 5,14%. Η σταδιακή μείωση του παραδασόβιου πληθυσμού ιδιαίτερος των νέων, που ξεκίνησε από το 1960 και εν γένει η εγκατάλειψη του τρόπου ζωής που ήταν συνυφασμένος με το δάσος, σε συνδυασμό με την εγκατάλειψη των γεωργικών γαιών και γενικότερα της υπαίθρου οδηγεί σταδιακά στη δάσωσή τους. Το θετικό σενάριο της αύξησης των δασικών εκτάσεων, που αποτελούν παράγοντα συγκράτησης των απορροών, αντισταθμίζει την κάλυψη του εδάφους από δομημένες και αδιαπέρατες επιφάνειες.

Τα τελευταία χρόνια, η αστικοποίηση και ο δραστηκός περιορισμός των χώρων πρασίνου που παρατηρείται στις περισσότερες περιοχές της χώρας μας, επιδρά ιδιαίτερα αρνητικά στα χαρακτηριστικά μεγέθη των πλημμυρών (Mourtziotis et al 2009).

Το σημαντικότερο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των αστικών επιφανειών που επηρεάζει την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων αποτελεί η μειωμένη υδροπερατότητά τους, σε σχέση με την προγενέστερη κατάσταση (Psilonikos et al 2021). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το πλημμυρικό υδρογράφημα μιας αστικοποιημένης περιοχής να παρουσιάζει μεγαλύτερη αιχμή, μικρότερο χρόνο συγκέντρωσης και μεγαλύτερο πλημμυρικό όγκο, συγκριτικά με το υδρογράφημα της ίδιας περιοχής, σε προγενέστερη κατάσταση και για τα ίδια χαρακτηριστικά βροχόπτωσης. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζεται από την αύξηση της επιφανειακής απορροής καθώς και της συχνότητας και της έντασης εμφάνισης πλημμυρικών καταστροφών. Η δυνατότητα πρόβλεψης των μεταβολών κάλυψης/χρήσεων γης σε συνδυασμό με την ποσοτικοποίηση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών καθώς και η υδρολογική και υδραυλική ανάλυση, αποτελούν ισχυρά εργαλεία για την προστασία ευάλωτων πεδινών περιοχών από μελλοντικές πλημμύρες (Tegos et al 2022).

Επιπλέον, η συστηματική παρακολούθηση, η δημιουργία αξιόπιστων χρονοσειρών και η κατάρτιση μοντέλων προσομοίωσης, υπό την επίβλεψη αρμόδιων φορέων που λαμβάνουν αποφάσεις, θα συντελέσει στην εφαρμογή μιας βιώσιμης υδατικής πολιτικής. (Psilovikos et al 2003).

Σύμφωνα με τον ΕΟΠ (2019) ένας σαφής τρόπος για να περιοριστεί η αστική επέκταση είναι η καλύτερη διαχείριση του υφιστάμενου αστικού χώρου. Συγκεκριμένα, η ανακύκλωση της γης (για παράδειγμα, η χρήση μιας παλιάς βιομηχανικής εγκατάστασης για κατασκευή υποδομών ή αστική επέκταση) μπορεί να ανανεώσει και να αναζωογονήσει με βιώσιμο τρόπο αυτές τις περιοχές και να τις καταστήσει ασφαλέστερες, πιο πράσινες και ξανά βιώσιμες, μειώνοντας την απαίτηση για χρήση νέων εκτάσεων. Προς την κατεύθυνση αυτή λειτουργεί και ο χωρικός σχεδιασμός, διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στο βιώσιμο σχεδιασμό του χώρου και της ισότιμης παροχής σε όλους τους πολίτες βασικών εξυπηρετήσεων και υποδομών, αποτελώντας σημαντικό εργαλείο που αποσκοπεί στην ισόρροπη ανάπτυξη του αστικού και εξωαστικού χώρου στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης.

Εν κατακλείδι, οι επιπτώσεις των μεταβολών κάλυψης /χρήσεις γης, μπορεί να είναι άμεσες, π.χ. η καταστροφή των φυσικών οικοτόπων και του τοπίου ή έμμεσες, π.χ. η στεγανοποίηση του εδάφους και η αποψίλωση των δασών που εντείνουν τον κίνδυνο πλημμυρών. Η αλλαγή του κλίματος οδηγεί στην ερημοποίηση, στις αλλαγές της κάλυψης του εδάφους και σε πλημμυρικά φαινόμενα. Η μοντελοποίηση των μεταβολών της κάλυψης της γης είναι ένα σημαντικό εργαλείο που στοχεύει στην πρόβλεψη των χωροχρονικών τάσεων και αλλαγών της κάλυψης γης στο μέλλον, συμβάλλοντας έτσι στο σχεδιασμό παρεμβάσεων και στη λήψη αποφάσεων που αποσκοπούν στη διατήρηση της αειφορίας του οικοσυστήματος, στην προστασία των φυσικών πόρων της γης και στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Από τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης όσον αφορά το παρόν και το εγγύς μέλλον της περιοχής μελέτης, η εξέλιξη της κάλυψης της γης φαίνεται να ακολουθεί μια βιώσιμη πορεία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αλεξίου, Ε., (2014). Εξορθολογισμός συνθηκών άρδευσης: Η περίπτωση του συλλογικού επιφανειακού δικτύου άρδευσης του Δήμου Καρδίτσας. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προσομοίωση Συστημάτων & Σχεδιασμός Έργων Πολιτικού Μηχανικού» Βόλος.
- Αλεξίου, Ε., (2014). Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων για υδροληψία από τον ποταμό Καλέντζη και τον ποταμό Καράμπαλη για την άρδευση εκτάσεων του Δήμου Καρδίτσας. <https://docplayer.gr/4594991-Meleti-perivallontikon-epiptoseon.html>
- Αρκουμάνης, Π., (2018). Γεωγραφική Ανάλυση της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Πληροφορική και Υπολογιστική Βιοϊατρική Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λαμία
- Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΓΕΩ.Τ.Ε.Ε) (2009). «Στρατηγικό και Επιχειρησιακό Σχέδιο για την κατάρτιση των Δασικών Χαρτών». https://www.geotee.gr/lnkFiles/20120101_stratigiko_dasikon_xarton.pdf
- Δήμος Καρδίτσας (2013, 2015). Μελέτη του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (ΓΠΣ) του Διευρυμένου Δήμου Καρδίτσας (ΦΕΚ 240/ΑΑΠ/9-11-2016).
- ΕΛΣΤΑΤ (1991, 2001, 2011). Απογραφή- Δημογραφικά χαρακτηριστικά. <https://www.statistics.gr/>
- ΕΛΣΤΑΤ (2000, 2009). Γεωργία, Κτηνοτροφία, Αλιεία, Εκμεταλλεύσεις και Εκτάσεις. <https://www.statistics.gr/el/statistics/agr>
- ΕΜΥ (2012). Μετεωρολογικά στοιχεία των μετεωρολογικών σταθμών της ΕΜΥ, Καρδίτσας και Τρίκαλα Θεσσαλίας.
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ), (2019). Η γη και το έδαφος στην Ευρώπη.
- Ευστρατιάδης, Α., Τέγος, Α., Καραβοκυρός, Γ., Κυριαζοπούλου, Ι., Βαζίμας, Ι. (2006). Σχέδιο διαχείρισης των υδατικών πόρων περιοχής Καρδίτσας. Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε σύζευξη με

- Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ), Τεύχος 16, Αθήνα.
- Ζαχαράτος, Γ. (1986). Τουριστική Κατανάλωση. ΚΕΠΕ.
- Κασάπη, Κ., Α., Αγγελάκου, Γ., Κανλή, Α., et al (2009). Καθορισμός τύπων επιφανειακών υδάτων σύμφωνα με την οδηγία 2000/60 ΕΚ- Εφαρμογή με τη χρήση Γ.Σ.Π στο Ελληνικό τμήμα της λεκάνης απορροής του Νέστου ποταμού. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXXII. http://www.bio.auth.gr/dpms/docs/ergasies_anakoinwseis/04_KASAPI_ET_AL-1_Nestos.pdf
- Κατσάδα, Α., (2019). Διερεύνηση των μεταβολών των χρήσεων γης σε ορεινές λεκάνες και επιπτώσεις στην απορροή. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Κορκοτσίδου, Ε., (2020). Διαχρονικές μεταβολές χρήσεων γης στους Δασικούς χάρτες Π.Ε Φλώρινας με βάση το υψόμετρο και με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) Διατμηματικό πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Διατριβών «Κτηματολόγιο, Νομικές, Τεχνικές και Περιβαλλοντικές Διαστάσεις» Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (σελ 20).
- Κορρές, Γ. & Κόκκινου, Α., (2014). Χωρικός σχεδιασμός και τοπική ανάπτυξη στην Ελλάδα. Άρθρο στο πλαίσιο του προγράμματος Υποτροφίες Αριστείας Ι.Κ.Υ. Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ελλάδα – Πρόγραμμα Siemens, (533-546).
- Κουτσογιάννη, Σ., (2020). Διαχρονικές μεταβολές της κάλυψης/χρήσης γης δασικών οικοσυστημάτων, σε περιοχές με ιδιαίτερα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά με βάση τα γεωχωρικά δεδομένα των δασικών χαρτών. Μεταπτυχιακή Διατριβή Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη. (σελ 27)
- Κωτούλας, Δ., (1986). Μαθήματα Γενικής Υδρολογίας και Υδραυλικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Εκδόσεων.
- Μιμίκου, Μ., (2006). Τεχνολογία Υδατικών Πόρων. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Μινέτος, Δ., (2009). Οι πρόσφατες μεταβολές των χρήσεων γης στην Ελλάδα και οι επιπτώσεις τους στη βιώσιμη ανάπτυξη της υπαίθρου: μια θεωρητική και εμπειρική διερεύνηση, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο

Θεσσαλίας

Μουντράκης, Δ., (1985). Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press.

Θεσσαλονίκη , <https://el.wikipedia.org/wik>

Μπεριάτος, Η., Οικονόμου, Δ., Πυργιώτης, Γ., (1994). Κωδικοποίηση και μηχανισμοί ελέγχου των χρήσεων γης στον εξωαστικό χώρο. Συγκριτική διερεύνηση της εμπειρίας άλλων χωρών – Πρόταση για την Ελλάδα, Ερευνητικό Πρόγραμμα ΥΠΕΧΩΔΕ (Τελική Έκθεση), Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Παλαιοχωρίτης, Κ., (2019). Μεταφορά νερού με κλειστό δίκτυο από τον ποταμό Καλέντζη στον ποταμό Σοφαδίτη

Παπαζάχος, Β. Κ. & Παπαζάχου, Β. Α., (1989). Οι Σεισμοί της Ελλάδας. Θεσσαλονίκη, ΖΗΤΗ.

Παπαθανασίου, Φ., (2019). Μοντελοποίηση αλλαγών χρήσεων γης με την χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής εργασίας «Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Έργων Υποδομής» Ε.Α.Π, Αθήνα

Πολύζος, Σ., (2015). Αστική ανάπτυξη. Κριτική, Αθήνα.

Σταθάκης, Δ., (2009). Σύγχρονα Μοντέλα Χρήσεων Γης, Ειδικός τόμος για τα 20 χρόνια του ΤΜΧΠΠΑ (ΠΘ), Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας: Βόλος. [http://gisc.gr/sac/docs/proceedings_sac1/9 Koukosia Stathakis](http://gisc.gr/sac/docs/proceedings_sac1/9_Koukosia_Stathakis)

Υ.Α 158576/1579/ 4-7-2017 (ΦΕΚ 2373/Β'/12-07-2017) «Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών και τιμολογίου υπολογισμού προεκτιμouμένων αμοιβών για τις εργασίες κατάρτισης δασικών χαρτών»

ΥΠΕΝ (2016). Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων.

Χρυσάφη, Α., (2009). Εκτίμηση της τρωτότητας των υπόγειων υδάτων στη ρύπανση του προσχωματικού υδροφορέα της Μυγδονίας λεκάνης απορροής. ΜΠΕ «Οικολογική ποιότητα και διαχείριση υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής» ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Ψιλοβίκος Άρης, (2020). Υδατικοί Πόροι, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2020, σελ. 750, ISBN: 978-960-418-602-0.

WWF Ελλάς (2012). Το δάσος μια ολοκληρωμένη προσέγγιση. Επιμέλεια:

Παπαγεωργίου, Α. , Καρέτσος, Γ. , Κατσαδωράκης Γ.,

https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/to-dasos_mia-olokliromeni-proseggisi.pdf

Ξένη Βιβλιογραφία

- Agarwal, C., Green, G.M., Grove, J.M., Evan, T.P., & Schweik, C.M., (2002). A review and assessment of land use change models: dynamics of space, time and human choice, USDA (Forest Services). Technical Report, NE-297.
- Assaf, C., Adams C., Ferreira F.F, and Helen F., (2021). “Land Use and Cover Modeling as A Tool for Analyzing Nature Conservation Policies – A Case Study of Jureia –Itatins. Land use Policy 100: 104895.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104895>
- Bankov, N., (1998). Dynamics of land cover/use changes in relation to socio-economic conditions in the Psilorites Mountain of Crete, Greece. MSc, Mediterranean Agronomic Institute of Chania (M.A.I.Ch.), Chania.
- Brown, D.G, Pijanowski, B.C., & Duh, J.D., (2000). Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the upper Midwest, USA. Journal of Environmental Management, 59(4), 247–263.
- Burrough, P. A., (1991). Principle of Geographic Information Systems
<https://www.researchgate.net/publication/37419765>
- Chalkias, C., Petrakis ,M., Psiloglou,B., Lianou, M., (2006). Modelling of light pollution in suburban areas using remotely sensed imagery and GIS. Journal of environmental management 79(1), 57-63.
- Charizopoulos N. & Psilovikos A., (2015). Geomorphological Analysis of Scopia Catchment (Central Greece), using Dem Data and GIS.Fresenius Environmental Bulletin, Vol 24, No 11b, pp 3973 – 3983.
- Charizopoulos N., Mourtzios P., Psilovikos T., Psilovikos A. & Karamoutsou L., (2019). Morphometric analysis of the drainage network of Samos Island (northern Aegean Sea): Insights into tectonic control and flood hazards. ComptesRendus Geoscience: Geomorphology & Hydrology. Vol 351, pp 375-383.
- Chase, T.N., Pielke, R.A., Kittel, T.G.F., Nemani, R.R., Running, S.W., (1999).

- Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. *Climate Dynamics* 16, 93-105.
<https://www.researchgate.net/publication/200032784>
- Chisale, H.L. Orimoogunje, O.O., (2019). Local Perception of Drivers of Land-Use and Land-Cover Change Dynamics across Dedza District, Central Malawi Region. *Sustainability*, 11(3): 832 <https://www.gjesm.net/>
- Collins, B.J. ,Woodcock, E.C., (1996). An assessment of several linear change detection techniques for mapping forest mortality using multitemporal landsat TM data. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00233-2](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00233-2)
- Costanza, R., De Groot, R., Farberk S., (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. <https://www.researchgate.net/publication/2296194>
- Defries, R.S., (2004). Land-use choices: Balancing human needs and ecosystem function.
- Demek, J., (1972). Manual of detailed geomorphological mapping. Academia, Prague
- Dewan, A., Yamaguchi, Y., Ziaur, R., (2012). Dynamics of land use /cover change and the analysis of landscape fragmentation in Dhaka Metropolitan, Bangladesh. <https://www.researchgate.net/publication/225865265>
- Dikau, R. (1989). The application of digital relief model to landform analysis. In Raper, J. (Ed.): *Three Dimensional Application in Geographic Information Systems*, σσ. 51- 77.
- Dimiyati, M., Mizuno, K., & Kitamura, T., (1996). An analysis of land use/cover change using the combination of MSS Landsat and land use map: a case study in Yogyakarta,Indonesia. *International Journal of Remote Sensing*, 17, 931-944. <https://doi.org/10.1080/01431169608949056>
- Di Palma, F., Amato, F., Nolè, G., Martellozzo, F., Murgante, B., (2016). A SMAP Supervised Classification of Landsat Images for Urban Sprawl Evaluation. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* , 5, 109. <https://doi.org/10.3390/ijgi5070109>
- Dzieszko, P., (2014). Land-cover modelling using corine land cover data and multi-layer Perceptron University in Poznań, Poznań, Polan. www.researchgate.net/profile/Piotr-Dzieszko/publication/
- Eastman, J.R., (2006). *IDRISI Andes*. Clark University, Worcester, MA.
- Eastman, J.R., (2012). *Idrisi Selva Manual*. Clark University, Worcester, 324 p.

www.clarklabs.org

- Eastman, J.R., (2016). "Terrset: Geospatial Monitoring and Modeling System Manual." Clask Labs, 1 – 393. Clark University.
- Eastman, J.R., (2016b). TerrSet Tutorial, Geospatial Monitoring and Modeling System. Clark University, Worcester, USA.
<http://www.clarklabs.org/>(accessed August 22, 2021)
- Elhag M., Psilovikos A., Sakellariou-Makrantonaki M., (2013). Land Use Land Cover Changes and its Impacts on Water Resources in Nile Delta Region Using Remote Sensing Techniques.Environment, Development and Sustainability, Vol 15, No 2, pp. 1189 – 1204, DOI: 10.1007/s10668–013–9433–5.
- FAO, (1995). Forest resources assessment 1990. Global Synthesis.FAO, Rome
- FAO, (2000). The State of World Fisheries and Aquaculture 2000. FAO, Rome, Italy
<https://doi.org/10.1093/embo-reports/kve236>
- Foley, J.A. and Ramankutty, N., (1998). Characterizing patterns of global land use: An analysis of global croplands data, <https://doi.org/10.1029/98GB02512>
- Foley, J. A., DeFries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., and. Carpenter S.R., (2005). "Global Consequences of Land Use." Science 309: 570–574.
doi:10.1126/science.1111772. <https://www.researchgate.net/publication/7704227>
- Fuls, E.R., (1992). Ecosystem modification created by patch-overgrazing insemi-arid grassland.Journal of Arid Environments,23,59–69
- Gharaibeh, A., Shaamala, A., Obeidat, R., Al-Kofahi, S., (2020). Improving land-use change modeling by integrating ANN with cellular automata- markov chain model. Heliyon 6, e05092. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05092>
- Ghosh, P., Mukhopadhyay, A., Chanda, A., Mondal, P., Akhand, A., Mukherjee, S., Nayak, S.K., Ghosh, S., Mitra, D., Ghosh, T., (2017). Application of Cellular automata and Markov-chain model in geospatial environmental modeling.
<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.01.005>
- Grimm, N.B., Foster, D., Groffman P., (2008). The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients.
<https://doi.org/10.1890/070147>
- Grove, A.T., and Rackham, O., (2001). The nature of mediterranean Europe: An ecological history. Yale University Press, New Harven.

- <https://www.researchgate.net/publication/264723095>
- Jin, G., Li, Z., Lin, Q., Shi, C., Liu, B., Yao, L., (2015). Land-use suitability assessment in low slope hilly regions under the impact of urbanization in Yunnan, China. *Adv. Meteorol.* 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/848795>
- Kumar, S., Radhakrishnan, N., Mathew, S. (2014). Land use change modelling using a Markov model and remote sensing. *Geomat. Nat. Hazards Risk.* <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.795502>
- Lambin, E.F., (1997). Modeling and Monitoring Land-Cover Change Processes in Tropical Regions. *Progress in Physical Geography*, 21, 375-393. <http://dx.doi.org/10.1177/030913339702100303>
- Lu, D. , Moran E., Brondiziom E. (2004). Change Detection Techniques. <https://www.researchgate.net/publication/235245895>
- Mandrekar, J.N., (2010). Receiver Operating Characteristic Curve in Diagnostic Test Assessment. *J. Thorac. Oncol.* 5, 1315–1316. <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e3181ec173d>
- Mather, A.S, (1986). Land Use. Longman Scientific & Technical, Essex.
- Mather, A.S, (1992). The forest transition. *Area* 24(4): 367–379.
- Meyer, W.B., Turner, B.L, (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 23, 39–61. www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/
- Moghadam, H., Shafizadeh, H., (2013). Marco Spatiotemporal urbanization processes in the megacity of Mumbai, India: A Markov chains-cellular automata urban growth model. <https://www.researchgate.net/publication/256972248>
- Moser, A., (1996). Ecotechnology in industrial practice: implementation using sustainability indices and case studies, *Ecological Engineering*, 117 – 138. [https://doi.org/10.1016/0925-8574\(96\)00005-5](https://doi.org/10.1016/0925-8574(96)00005-5)
- Mourtzios P., Psilovikos A. & Astaras T., (2009). Geomorphologic and hydrologic analysis of Torrent Imvrassos in Samos Island, using GIS. Assessment of flooding hazard. Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) 2009, Vol III, pp. 1729 – 1734, Mykonos, Greece.
- Moshen, A., (1999). Environmental land use change detection and assessment using

- with multi-temporal Satellite imagery- Zanzan University.
- Munthali, M.G., Davis, N., Adeola, A.M., Botai, J.O., Kamwi, J. M., (2019). Local Perception of Drivers of Land-Use and Land-Cover Change Dynamics across Dedza District, Central Malawi Region. <https://doi.org/10.3390/su11030832>
- Nepstad, D.C., Lefebvre P., Nobre C.A., Peter S., (1999). Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. <http://dx.doi.org/10.1038/19066>
- Nepstad, D.C., Carvalho, G., Barros, A.C., Alencar, A., (2001). Road Paving, Fire Regime Feedbacks, and the Future of Amazon Forests, *Forest Ecology and Management* 154(3):395-407.
<https://www.researchgate.net/publication/222062709>
- Nouri, J., Gharagozlou, A., Arjmandi, R., Faryadi, S., Adl, M., (2014). Predicting urban land use changes using a CA-Markov model. *Arab. J. Sci. Eng.* <https://www.researchgate.net/publication/271913588>
- Official Journal of the European communities L 176, 6.7.(1985).
<https://op.europa.eu/o/opportal-service/download-handler?identifier=eb56b5f2-ec01-4891-a8ea-2c54aa8f5e43&>
- Ozemoy, V.M., Smith, D.R., and Sicherman, A., (1981). Evaluating computerised geographic information systems using decision analysis *Interfaces*, 11, pp. 92-98. <https://doi.org/10.1287/inte.11.5.92>
- Papazaxos, V. (1989). The seismic zones in the Aegean and surrounding area. *Proc. European Seism. Soc., XXI Gen. Ass.* Aug. 23-27. Sofia, Bulgaria.
- Psilovikos Ar., Vavliakis El., Margoni S. & Koutalou V., (2003). Determination of the runoff coefficient in the river basins of the main torrents in Samos island after the fire of July 2000 using orthophotomaps and G.I.S. *Proceedings of the International Conference titled: «GIS and Remote Sensing: Environmental Applications»*, European Commission, COST 718-719, pp. 307 – 314, Volos, Greece.
- Psilovikos A., Mpouras G, Papathanasiou T., Malamataris D., Psilovikos T. & Spiridis A., (2021). Impacts of Wildfires on Surface Runoff and Erosion: The Case Study of a Fire Event in Pelion Area, Greece. 17th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST 2021), Athens, Greece.
- Psilovikos A., Katsada A., Malamataris D., Papathanasiou T., Psilovikos T. & Spiridis

- A., (2021). Impacts of Land Use and Land Cover Change in a Mediterranean Mountainous Area on Surface Runoff During the Period 1945 – 2018. 17th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST 2021), Athens, Greece.
- Pyrgiotis L., Koukis G., Sabatakakis N.,(2007). Rainfall and landslides in Karditsa county (Greece): a statistical approach. 11th International Conference of the Geological Society of Greece. Doi: 10.12681/bgsg.17099.
- Ramankutty, N., & Foley, J.A. (1999). Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 13(4), 997–1027.
- Rawat, J.S. & Kumar, M. (2015). Monitoring Land Use/Cover Change Using Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of Hawalbagh Block, District Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18, 77-84 <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>
- Sala, E., Osvaldo, F., Stuart, C., Berlow, E., (2000). Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100 <https://www.researchgate.net/publication/12606072>
- Salvati, L., Zitti, M., Ferrara, C. , Perini ,L. , Carlucci, M., (2015). Long-Term Urban Growth and Land Use Efficiency in Southern Europe: Implications for Sustainable Land Management.
- Sang, L., Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., Yun, W., (2011). Simulation of land use pattern of towns and villages based on CA–Markov model. *Math. Comput. Model.* <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.11.019>
- Schoenholtz, S.H., Van Miegro, H., Burger, J.A., (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)
- Sexton, J.O., Song P.X., Feng, M., Noojipady P., Anand A., Huang C., (2013). Global, 30-m resolution continuous fields of tree cover: Landsat-based rescaling of MODIS continuous fields and lidar-based estimates of error. *International Journal of Digital Earth* 6(5): 427-448 <https://doi.org/10.1080/17538947.2013.786146>
- Siart, C., Bubenzer, O., & Eitel, B. (2009). Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean

- karst in Central Crete., 112(1), 106-121
- Tegos A., Ziogas A., Bellos V., (2022). Forensic Hydrology: A Complete Reconstruction of an Extreme Flood Event in Data-Scarce Area. https://www.researchgate.net/publication/360734158_Forensic_Hydrology_A_Complete_Reconstruction_of_an_Extreme_Flood_Event_in_Data-Scarce_Area
- Thapa, R., Murayama, Y., (2010). Drivers of urban growth in the Kathmandu Valley, Nepal: Examining the efficacy of the analytic hierarchy process <https://www.researchgate.net/publication/221995582>
- Thrall, I. (1987). Land Use and Urban Form <https://doi.org/10.4324/9781315165721>
- Tolba, M.K., El-Kholy, O.A. (Eds.), (1992). The World Environment 1972–1992: Two Decades of Challenge. Chapman & Hall, London.
- Trakhtenbrot, A. (2005). The importance of long-distance dispersal in biodiversity conservation <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00156.x>
- Tsilimigkas, G., Kizos, T., (2014). Space, pressures and the management of the Greek Landscape. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, Volume 96, Issue 2/2014, 159-175. <https://www.researchgate.net/publication/264007283>
- Turner, B.L., & Meyer, W.B., (1991). Land use and land cover in global environmental change: considerations for study. *International Social Science Journal*, 43(130), 669-679.
- Turner, B.L.II, Hyden, G., Kates, R.W. (Eds.), (1993). Population Growth and Agricultural Change in Africa. Univ. Press of Florida, Gainesville.
- Turner, B.L., II, Ali, A.M.S., (1996). Induced intensification: Agricultural change in Bangladesh with implications for Malthus and Boserup. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 93, pp. 14984–14991. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.25.14984>
- Turner, B.L.II, Lambin E.F., and Reenberg A., (2007). The emergence of land change Science for global environmental change and sustain ability. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704119104>
- U.S.G.S. (Αύγουστος 2021), U.S. Geological Survey. Ανάκτηση από <https://www.usgs.gov/>
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A. Lubchenco, J., and Melillo, J.M., (1997). Human Domination of Earth’s Ecosystems. *Science* 277: 494-499.

doi:10.1126/science.277.5325.494

Vogiatzis, M., (2008). Cadastral Mapping of Forestlands in Greece: Current and Future Challenges. DOI: [10.14358/PERS.74.1.39](https://doi.org/10.14358/PERS.74.1.39)

Vos, W., Meekes, H., (1999). Trends in European cultural landscape development: Perspectives for a sustainable future, <https://doi.org/10.1016/S0169>

Wilson, J., & Gallant J. (2000), Terrain Analysis: Principles and Applications., USA.

Xafoulis N., Farsirotou E., Kotsopoulos S., Psilovikos A & Alamanis N., (2021). Flood Inundation Mapping using 1D/2D Numerical Model. A Case Study of Flood Event in Greece. 8th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Crisis, Volos, Greece.

Yang, X., Zheng, X.Q., Chen, R. A., (2014). Land use change model: Integrating Landscape Pattern indexes and Markov –CA. Ecol. Model.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.03.011>

Ηλεκτρονικές Πηγές

(www.clarklabs.org)

<https://en.wikipedia.org/wiki/TerrSet>

https://i0.wp.com/nobelssystemsblog.com/wp-content/uploads/2018/03/8269791489_42518da1cb_b.jpg?ssl=1

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%9A%CE%B1%CF%81%CE%B4%CE%AF%CF%84%CF%83%CE%B1%CF%82

www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/corine-land-cover-2000-geographic-view-1

<https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part1/download>

<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>,

<https://www.ktimatologio.gr/el>

<https://geodata.gov.gr/>

<https://dimoskarditsas.gov.gr/wp-content/uploads/2016/04/MELETI-POLEODOMIA.pdf>

