



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ
ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ**

Γεώργιος Θ. Πάσχος

**ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ**

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

Επιβλέπων: Καθηγητής Ε. Μπαλτάς



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ – ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΥΨΗΣ
ΓΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Μεταπτυχιακή εργασία

Γεώργιος Πάσχος, Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός

Τριμελής Επιτροπή

Β. Τσιχριντζής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Χ. Μακρόπουλος, Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ε. Μπαλτάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π. (Επιβλέπων)

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

Ευχαριστίες

Ένας κύκλος μεταπτυχιακών σπουδών ολοκληρώνεται με την παρούσα εργασία. Αυτός ο κύκλος σηματοδοτεί μια γόνιμη περίοδο αναζητήσεων και διάθεσης να προσεγγισθούν καινούργιες περιοχές γνώσης και έρευνας.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ευάγγελο Μπαλτά για τη δυνατότητα που μου προσέφερε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, ώστε να καταπιαστώ μ' ένα τόσο ενδιαφέρον και απαιτητικό αντικείμενο. Τον ευχαριστώ για τη συνολική εποπτεία, για τις πολύτιμες υποδείξεις και κατευθυντήριες γραμμές που μου έδωσε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Πολιτικό Μηχανικό και υποψήφιο διδάκτορα Γιώργο Μπαριάμη για τη βοήθειά του σε θεωρητικά και πρακτικά ζητήματα που σχετίζονται με το θέμα που διαπραγματεύεται η παρούσα εργασία. Το ενδιαφέρον και η μεθοδικότητά του, οι κατευθύνσεις, οι υποδείξεις και οι παρατηρήσεις του, αποτέλεσαν πολύτιμο οδηγό για τη δομή και τον προσανατολισμό της έρευνας.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους με τους οποίους συναντηθήκαμε στη διαδρομή αυτού του όμορφου και ταυτόχρονα σημαντικού κύκλου σπουδών. Σ' εκείνους με τους οποίους μοιραστήκαμε κοινούς στόχους, προβληματισμούς και αγωνίες.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την ηθική και υλική υποστήριξή της από το ξεκίνημα αυτής της πορείας, καθώς και τη σύντροφό μου Τίνα για τη συμπαράσταση και την υπομονή της στις πολλές ώρες της απουσίας μου.

Γιώργος Πάσχος,

Οκτώβριος 2017

*Στη μνήμη της
Κατερίνας...*

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|-----------|
| Περίληψη | 9 |
| Extended Abstract | 10 |
| Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή..... | 19 |
| 1.1 Προβληματισμοί της εποχής σχετικά με τους φυσικούς και υδατικούς πόρους | 19 |
| 1.2 Δομή – Διάρθρωση της εργασίας..... | 20 |
| 1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση | 21 |
| Κεφάλαιο 2 : Μεθοδολογική προσέγγιση | 25 |
| 2.1 Τα πλαίσια SEEA-CF και NEXUS (water, food, energy)..... | 25 |
| 2.2 Η ανάλυση του φυσικού κεφαλαίου (κάλυψης) γης – Land accounting | 28 |
| 2.2.1 Η βάση δεδομένων CORINE | 29 |
| 2.2.2 Απόθεμα γης (stocks) και μεταβολές (transitions) – Βασικές διεργασίες | 35 |
| 2.2.3 Ροές γης (Land Flows) | 39 |
| 2.3 Προσομοίωση συνθηκών κατάστασης και μετάβασης στη δυναμική τοπίων | 41 |
| 2.3.1 Γενικά | 41 |
| 2.3.2 Το θεωρητικό πλαίσιο STSM | 43 |
| 2.4 Σύνδεση της κάλυψης γης με διαχειριστικά ζητήματα υδατικών πόρων | 46 |
| 2.4.1 Γενικά | 46 |
| 2.4.2 Αστικό περιβάλλον – υδρευτική καταναλωτική χρήση νερού | 48 |
| 2.4.3 Καλλιέργειες – αρδευτική καταναλωτική χρήση νερού | 49 |
| Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση του λογισμικού προσομοίωσης της δυναμικής συμπεριφοράς του τοπίου και η περιοχή μελέτης..... | 51 |
| 3.1 Το πρόγραμμα ST-Sim | 51 |
| 3.2 Η λεκάνη απορροής του Πηνειού | 56 |
| Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα..... | 61 |
| 4.1 Αποτελέσματα απογραφών στη λεκάνη του Πηνειού | 61 |
| 4.1.1 Ανάλυση των μεταβολών και της απογραφής (Πίνακες 4.1 – 4.2, Περίοδος 1990 – 2000)..... | 61 |
| 4.1.2 Ανάλυση των καθαρών διαμορφώσεων γης (Πίνακες 4.3 – 4.4, Περίοδος 1990 – 2000)..... | 63 |
| 4.1.3 Ανάλυση των μεταβολών και της απογραφής (Πίνακες 4.5 – 4.6, Περίοδος 2000 – 2006)..... | 66 |
| 4.1.4 Ανάλυση των καθαρών διαμορφώσεων γης (Πίνακες 4.7 – 4.8, Περίοδος 2000 – 2006)..... | 67 |
| 4.1.5 Ανάλυση των μεταβολών και της απογραφής (Πίνακες 4.9 – 4.10, Περίοδος 2006 – 2012)..... | 69 |
| 4.1.6 Ανάλυση των καθαρών διαμορφώσεων γης (Πίνακες 4.11 – 4.12, Περίοδος 2006 – 2012)..... | 71 |
| 4.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης του λογισμικού ST-Sim για τη λεκάνη του Πηνειού | 75 |
| 4.3 Αποτελέσματα στη σύνδεση της ανάλυσης κάλυψης γης με δεδομένα από το αντικείμενο των υδατικών πόρων..... | 82 |
| Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα | 86 |
| 5.1 Συμπεράσματα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων | 86 |
| 5.2 Συμπεράσματα σχετικά με τη μεθοδολογική προσέγγιση και τη διαδικασία προσομοίωσης – Ζητήματα προσαρμογής | 88 |
| 5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα | 90 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 92 |
| Α. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ | 92 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| Β. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 93 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι..... | 97 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ..... | 127 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ..... | 133 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV..... | 138 |

Περίληψη

Η ευρύτερη έννοια της κάλυψης γης αποτελεί μια περιγραφική συνισταμένη χαρακτηριστικών, η οποία περιλαμβάνει τη φυσική εδαφοκάλυψη – φυτοκάλυψη όπως αυτή έχει διαμορφωθεί πάνω στη γήινη επιφάνεια με το πέρασμα του χρόνου. Παρέχει επίσης σημαντικές πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος διαμορφώνει και εκμεταλλεύεται τη γη προκειμένου να παράγει προϊόντα και να δημιουργήσει οικονομικά οφέλη. Σε ένα συνεχώς εναλλασσόμενο περιβάλλον, η κάλυψη/χρήση γης είναι το κύριο υπόβαθρο πάνω στο οποίο γίνεται αντιληπτή η άμεση επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το γεγονός ότι είναι ένα μέγεθος το οποίο μπορεί να καταστεί μετρήσιμο, επιτρέπει την κατάστρωση σχεδίων και τη θέσπιση μέτρων αντιμετώπισης, στην κατεύθυνση της βιώσιμης διαχείρισης των φυσικών πόρων, για το μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων που δημιουργούν οι αλλαγές κάλυψης/χρήσης γης στα φυσικά οικοσυστήματα.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, αντλούνται πληροφορίες για το καθεστώς κάλυψης/ χρήσης γης διάφορων περιοχών της ελληνικής επικράτειας (δυτική περιοχή της λεκάνης απορροής Πηνειού, Υδατικά Διαμερίσματα Θεσσαλίας, Θράκης και Δ. Πελοποννήσου), σε τρία διαφορετικά χρονικά διαστήματα παρατήρησης (1990 – 2000, 2000 – 2006 και 2006 – 2012). Για να αναλυθούν οι επικρατέστερες μορφές των αλλαγών, εξετάζονται τα ιστορικά δεδομένα με την εφαρμογή μιας μεθόδου περιβαλλοντικής απογραφής σε τύπους κάλυψης/χρήσης που σχετίζονται (άμεσα ή έμμεσα) με το αντικείμενο των υδατικών πόρων. Συνδυάζοντας δεδομένα διαφορετικής προέλευσης (βάσεις δεδομένων της Eurostat για την αστική κατανάλωση νερού, εθνικές αποφάσεις για την ορθολογική χρήση αρδευτικού νερού), επιχειρείται μια σύνδεση και σύγκριση των μεγεθών που προκύπτουν, μελετώντας τη σχέση κάλυψης/χρήσης γης – διαχειριστικών πτυχών του νερού. Τέλος, γίνεται μια προσπάθεια να προβληθούν στο μέλλον οι διαφαινόμενες τάσεις εξέλιξης της κάλυψης/χρήσης γης για τη δυτική περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού, με τη χρήση ενός λογισμικού προσομοίωσης (ST-Sim).

Extended Abstract

Natural resources (e.g. land and water), as basic components of the biosphere, are connected to various activities (e.g. irrigation, urbanisation, industrial production, recreation), which are taking place on the terrestrial surface. These activities mainly derive from the way land is used for economic production and, alongside natural factors, cause inevitable deterioration of natural ecosystems. Considering the variation of the driving forces, it is necessary to examine possible patterns and trade-offs between land, water and social welfare. In 1992, Agenda 21 highlighted the need for the development of a systems approach in order to support sustainability and Green Economy policy. Among other initiatives, this systematic approach, known as “System of Environmental – Economic Accounting - SEEA” (United Nations, 2014), incorporates fundamental principles of economic accounting in an integrated statistical information pyramid. Its main purpose is the connection of basic (environmental, economic or socio-demographic) statistics with derived key aggregates and indicators that can be utilized in policy-planning and decision-making.

Land accounting, as an aspect of the conceptual framework, focuses on various natural and anthropogenic activities, which take place on the terrestrial surface and analyses their dimensions in terms of land cover and land use. Starting in 1985, the Coordination of Information on the Environment (CORINE) Land Cover program defines the partition of land by introducing a combination of these characteristics. The application of visual interpretation on satellite images led to the establishment of the Land Cover (CLC) and Land Cover Changes (CLC-C) inventories that consist of 44 total classes. Quantitative and descriptive attributes can be assigned to a land unit providing valuable information about the classification of land cover, the available stocks and flows among different types and the rate at which land is transformed over time. Monitoring and quantifying data of these elements can be used as input to integrated land and water analysis (Serbina and Miller, 2014). The main challenge is to examine the permanent links between basic land use functions and water-demanding activities under the constraints that the first asset often underlies poor management and the latter is scarcely allocated.

In 2006, European Environment Agency (Haines-Young & Weber, 2006) published the results of a study based on the CORINE data. According to CORINE nomenclature, the classes of land cover can be grouped and arranged into three levels of detail. In order to build the land accounts, EEA suggests a classification of eight broad types of land cover capable of giving a clear description on the main patterns of change upon the surface. This thesis complies with the context of the EEA methodology for land accounting and applies it to the West Sector of the Pinios river basin for the period 1990-2012, by examining three separate data sets of land cover changes (1990-2000, 2000-2006 and 2006-2012).

This broad classification method is particularly useful for the regulation of the CLC-C data. Thus, instead of managing a 44x44 pivot matrix, the analysis is widened to an 8x8 pivot matrix that facilitates focusing on specific cover types. The rows of the matrix refer to the initial characterization of land units, while the columns relate to the final land cover type assignment during a given time period. The basic functions used in this process are those of land consumption and land formation respectively. This interpretation represents a “from/to” procedure, shown in Table 1 for the first observation period (1990-2000), that constitutes the core of describing the observed conversions by means of both their quantitative and descriptive attributes.

Table 1. Broad land cover transitions (km²) - The 'from/to' procedure, Pinios Basin-West Sector (1990-2000)

| <i>FROM/TO</i> | Artificial surfaces | Arable land | Pastures and mosaics | Forested Land | Semi-natural vegetation | Open spaces/bare soils | Wetlands | Water bodies | Total consumption (km²) |
|---|----------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|---|
| CORINE categories total (highest detail classification) | 11 (111-142) | 7 (211-223, 241) | 4 (231, 242-244) | 4 (311-313, 324) | 3 (321-323) | 5 (331-335) | 5 (411-423) | 5 (511-523) | |
| Artificial surfaces | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Arable land | 1.18 | 0.29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.47 |
| Pastures and mosaics | 0.55 | 5.02 | 0.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.69 |
| Forested Land | 1.50 | 0 | 0.47 | 40.27 | 1.29 | 0 | 0 | 0 | 43.53 |
| Semi-natural vegetation | 1.62 | 2.60 | 0.10 | 0 | 4.43 | 5.31 | 0 | 0 | 14.07 |
| Open spaces/bare soils | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.46 | 0 | 0 | 0 | 6.46 |
| Wetlands | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Water bodies | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total formation (km²) | 4.85 | 7.91 | 0.69 | 40.27 | 12.18 | 5.31 | 0 | 0 | 71.21 |

Eventually, consumption corresponds with the total amount of area distributed from a land cover category (initial year reference) to other classes, while formation explains the amount of area that originates from different cover classes and is unified in a single category (final year reference).

The determinant approach used for the assessment of transitions during 1990-2012 indicates that the land cover status of the final observation year derives from a stepwise aggregation of the initial CLC₁₉₉₀ layer data with the three CLC-C layers. The general consideration depends on consumption and formation in order to produce additional functions such as net formation, total turnover and no change of land cover. In conjunction with the cover state of the initial observation year, these factors contribute to the formation of the stock and change account for the study area (Table 2). Given the fact that total land area (about 6325 km²) remains constant over time, the overview is restricted to gains and losses between different cover types. Indicators such as net formation and total turnover represent the amount of pressures that specific cover types are subjected to during the accounting season.

Table 2. Stock and change accounts, Pinios Basin-West Sector (1990-2000)

| | Artificial surfaces | Arable land | Pastures and mosaics | Forested Land | Semi-natural vegetation | Open spaces/bare soils | Wetlands | Water bodies | Total km ² |
|--|---------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|-----------------------|
| Land Cover 1990 | 126.34 | 2783.45 | 540.37 | 1416.81 | 1397.70 | 44.88 | 4.67 | 11.21 | 6325.42 |
| Consumption of initial land cover | 0.00 | 1.47 | 5.69 | 43.53 | 14.07 | 6.46 | 0.00 | 0.00 | 71.21 |
| Formation of new land cover | 4.85 | 7.91 | 0.69 | 40.27 | 12.18 | 5.31 | 0.00 | 0.00 | 71.21 |
| Net formation of land cover (Formation-Consumption) | 4.85 | 6.44 | -5.00 | -3.26 | -1.89 | -1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Net formation as % of initial year | 3.8% | 0.2% | -0.9% | -0.2% | -0.1% | -2.6% | 0.0% | 0.0% | |
| Total turnover of land cover (Formation + Consumption) | 4.85 | 9.37 | 6.38 | 83.80 | 26.24 | 11.77 | 0.00 | 0.00 | 142.42 |
| Total turnover as % of initial year | 3.8% | 0.3% | 1.2% | 5.9% | 1.9% | 26.2% | 0.0% | 0.0% | 2.3% |
| No land cover change (Land Cover 1990-Consumption) | 126.34 | 2781.98 | 534.68 | 1373.28 | 1383.63 | 38.42 | 4.67 | 11.21 | 6254.21 |
| No land cover change as % of initial year | 100.0% | 99.9% | 98.9% | 96.9% | 99.0% | 85.6% | 100.0% | 100.0% | 98.9% |
| Land Cover 2000 | 131.20 | 2789.88 | 535.37 | 1413.55 | 1395.81 | 43.73 | 4.67 | 11.21 | 6325.42 |

As mentioned above, land cover changes between different types are driven by human or natural activities. The classification of these observed changes by means of the

drivers that generate them, introduces the concept of land cover flows (LCF). Land units are either consumed or newly shaped with the transfers captured on net formation of each category. The “from/to” procedure can also be interpreted as flows of land that connect the initial with the final state. The EEA nomenclature proposes nine general types of land flows that are connected to the basic forms of land use (Table 3).

Table 3. Net formation of land flows (km²), Pinios Basin – West Sector (1990 – 2000)

| <i>1990 - 2000</i> | Artificial surfaces | Arable land | Pastures and mosaics | Forested land | Semi natural vegetation | Open spaces/bare soils | Wetlands | Water bodies |
|--|---------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|
| Urban internal conversions | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Urban residential sprawl | 0.52 | 0 | -0.42 | 0 | -0.11 | 0 | 0 | 0 |
| Sprawl of economic sites/infrastructure | 4.33 | -1.18 | -0.13 | -1.50 | -1.51 | 0 | 0 | 0 |
| Agriculture internal conversions | 0 | 5.02 | -5.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Extension of agriculture land use | 0 | 2.60 | 0.57 | -0.47 | -2.70 | 0 | 0 | 0 |
| Withdrawal of farming | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Forest creation/management | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Water bodies creation/management | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Changes in land cover due to multiple causes | 0 | 0 | 0 | -1.29 | 2.44 | -1.15 | 0 | 0 |

Although the classification method discerns the general direction regarding land transformations, at this point it is necessary to increase the temporal analysis in order to investigate further the consequences of these changes by focusing on thematic detail of each flow category separately. In addition, we try to capture the behavior of landscape dynamics via simulation based on recent historical rates of land use change.

In this case, the implementation of the accounting approach is enhanced with the estimated annual net formation rate. Primarily, it is assumed that annual temporal resolution fits sufficiently enough in sequential procedures like extension of built-up areas or changes in cultivation patterns. The annual timestep is selected for two main reasons:

- (1) It is the default discrete timestep used in the simulation model that is applied for future projections of land cover/ land use in the study area based on CORINE data.

(2) In order to make the appropriate adjustments and determine a common time scale in the connection and comparison of land cover/land use with diversified data sources that relate to water resources management (e.g. urbanization – water use).

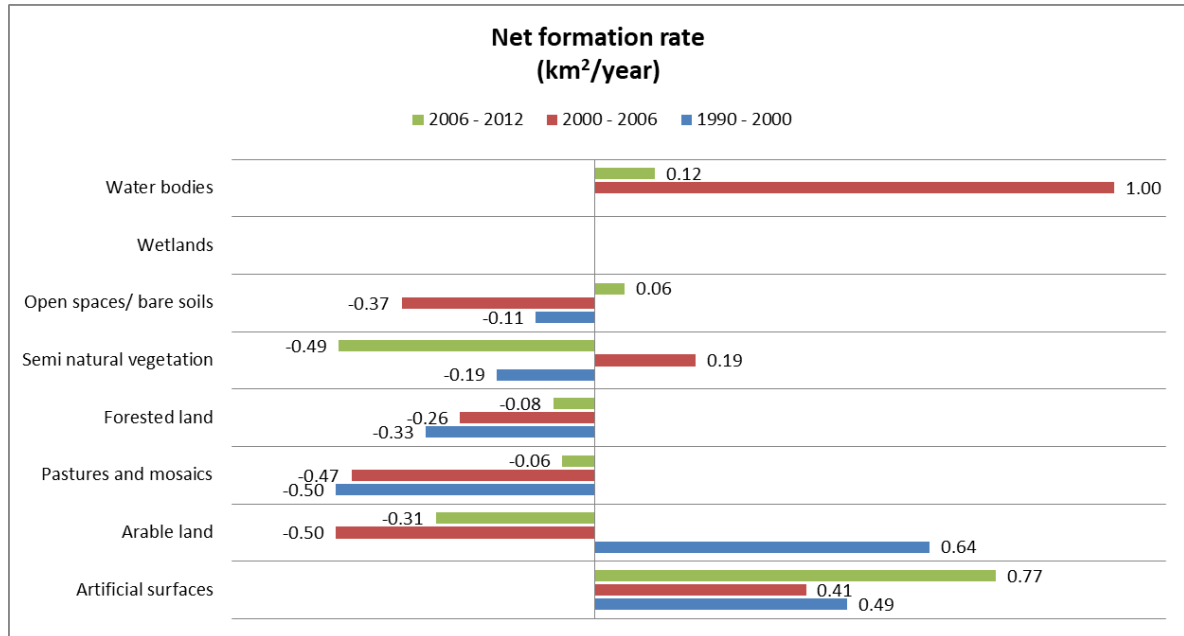


Figure 1. Net formation rate of land cover (Pinios river basin – West Sector) for the three transitional periods (1990-2000, 2000-2006 and 2006-2012)

The results of net formation rate, for five dominant broad land cover classes (Figure 1), were combined with the annual net formation rate of specific land flows (Table 3) in the parameterization of a “state and transition” simulation model that was built using ST-Sim software. According to the developers of the simulation method (Daniel et al., 2016), the landscape is divided into a set of discrete spatial units (cells) and the (land cover) state of each cell is simulated forward as a discrete – time stochastic process. The spatial interaction is specified through one – step transition rates as either probabilities or target areas with the ability to represent multiple types of transitions between pairs of land cover states. For the purposes of the thesis, a non – spatial or “whole landscape” model was built for the representation of the study area. The projection of land cover / land use change over a 40 year period across 200 Monte Carlo realizations is presented in Figure 2.

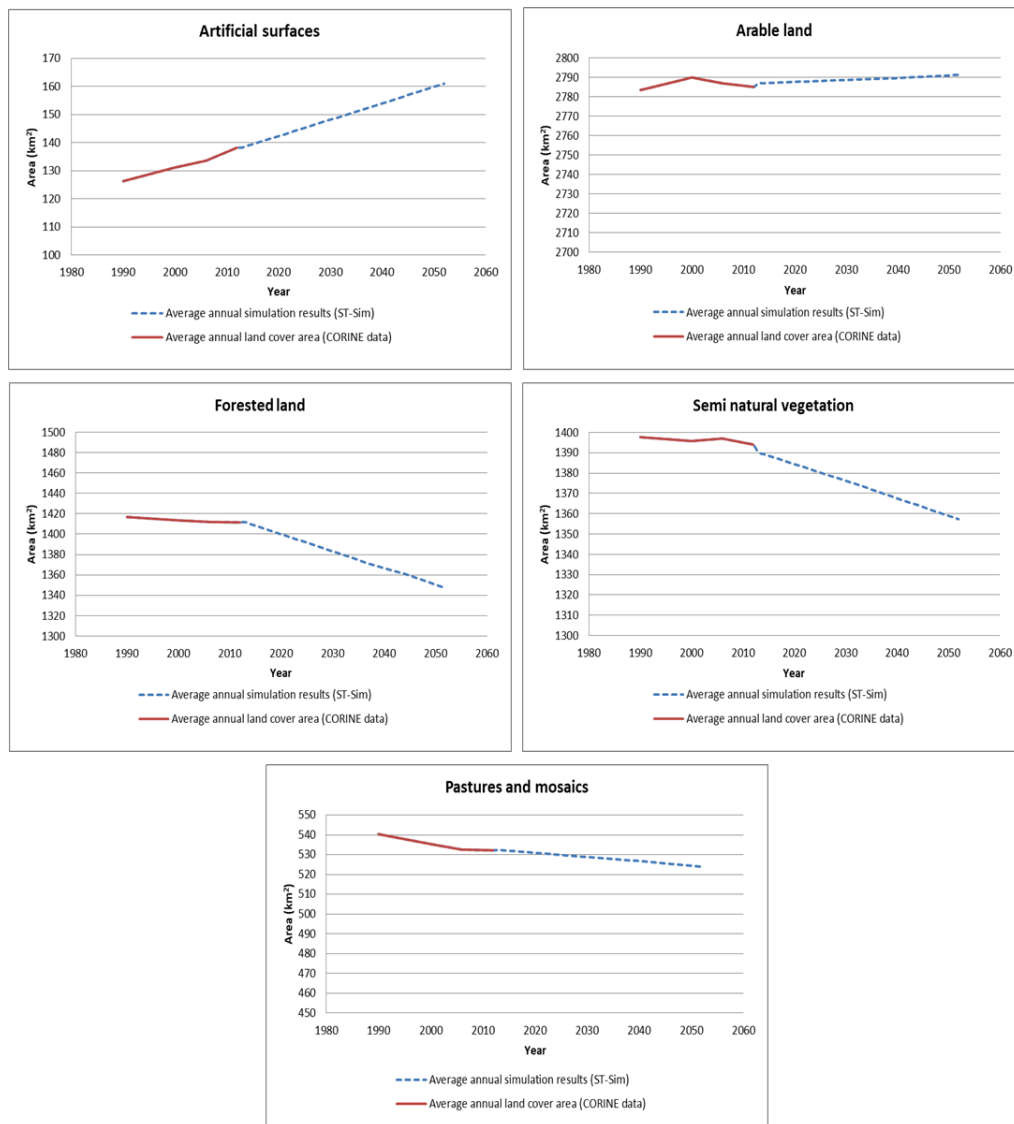


Figure 2. Results on the analysis of land cover change based on CORINE data (1990 - 2012) and simulated results using ST-Sim software (2012 – 2052), Pinios basin – West Sector

Water resources are subjected to constant pressure in this ever-changing reality. Via the operation of the information pyramid, it is possible to gain access to key details about the connection between land, socio-demographic and water statistics. In this study the evolution of land cover, in regard to aspects of water resources management, is examined separately from the various processes of the hydroclimatic cycle. To investigate the behavior of basic water uses in comparison with the transformations in land cover regime of specific locales (e.g. urban fabric, crop types), we applied the basic formation, consumption and net formation functions in the primary CORINE data (third level of detail).

As an example, Figure 3 illustrates an attempt to connect these characteristics in the urban regions of Greece. The database of Eurostat provided information regarding the average population of Greece for the period 2000-2007. The population density in urban regions was estimated in an annual basis from diversified data sources (CORINE and Eurostat). The primary axis refers to water use from public water supply for household activities for the same period (Eurostat).

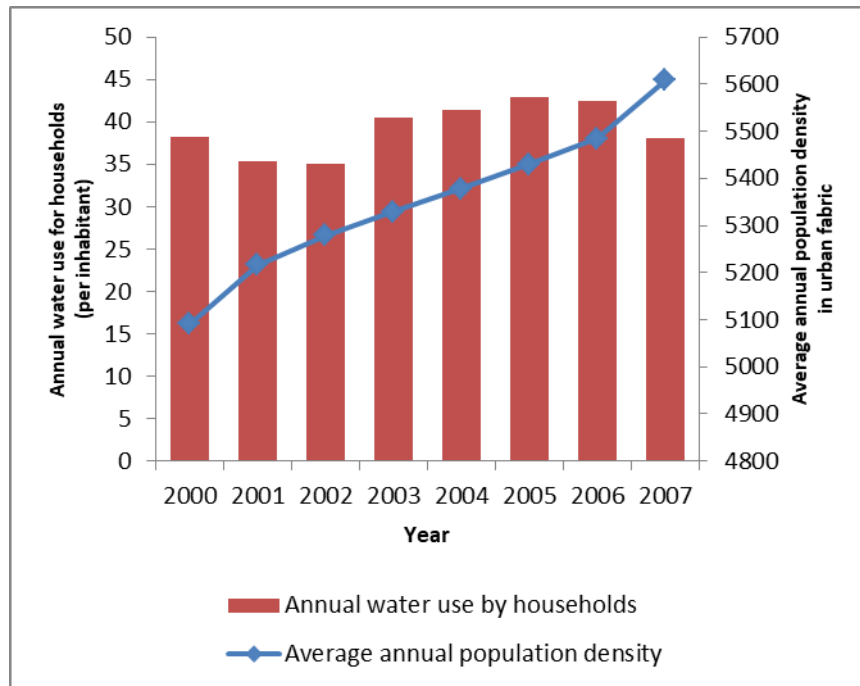


Figure 3. Water use (m^3 /inhabitant) for households and population density (inhabitants/ km^2 of urban fabric), Greece

In cases where water demand for irrigation purposes is of prime importance, the adjustment of the approach uses additional information based on legislative measures. In 1989, the Greek Government issued a Ministerial Decree about the limitations for rational water use in irrigation. Based on the Blaney-Criddle potential evapotranspiration method, the decree sets the estimated water demand requirements for the reference crops of the water districts of Greece.

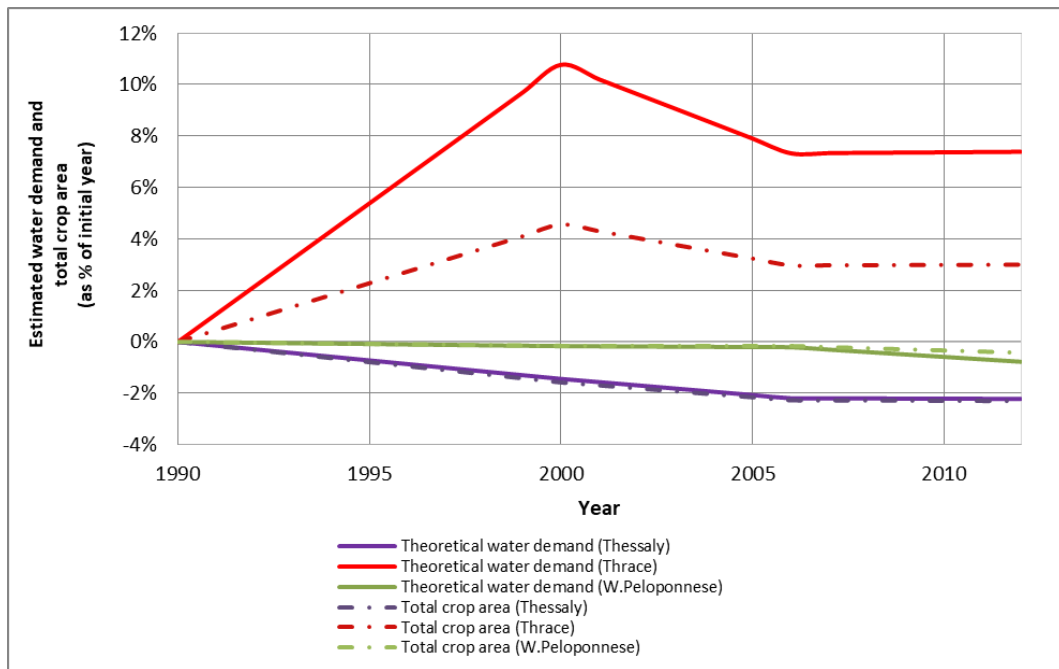


Figure 4. Estimated water demand changes for a total of four reference crops, Water districts of Thessaly (GR08), Thrace (GR12), West Peloponnese (GR01)

These limitations were applied to the water districts of Thessaly, Thrace and West Peloponnese. Four types of crops were selected from the broad category ‘arable land’ or in terms of CORINE nomenclature namely ‘rice fields’, ‘vineyards’, ‘fruit trees and vegetables’ and ‘olive groves’. The land accounting approach was applied for the period 1990-2012 by calculating the annual net formation of the crops and subsequently used in the estimation of an average water amount according to the cover types and water district specifications. In Figure 3, the percent changes are presented comparatively.

The main conclusions, in regard to the accounting approach and the simulation results for the study area (Pinios Basin), indicate urbanization as the key factor that leads to land transformations. Urbanization (i.e. parallel extension of urban fabric along with sites of economic interest and infrastructure) increases the area of artificial surfaces due to losses in stock from the majority of the remaining land cover types. Arable land is considered to be the dominant land cover/use category showing a notable development during 1990 – 2000 (which is reflected in the simulation results at lower rates). However, in the following years (2000 – 2012) there are signs of instability and

withdrawal that reveal lack of appropriate and sustainable agricultural policies, in one of the significant water-stressed regions of Greece.

In order to identify and quantify patterns, links and trade-offs, the combination of land cover analysis results with additional information from diverse data sources (as shown in the cases of urban regions of Greece and the study of the Water Districts) is a crucial step towards the connection between land and water resources.

To summarize, land accounts can be a reliable tool in applications of environmental accounting. Such applications have already been accomplished or are underway in other fields of environmental – economic assets, such as water resources (SEEA - Water) and energy (SEEA – Energy). Further development of this study should take into consideration the monetary aspect of the accounting methodology, as the present thesis focuses on the physical units. An improvement of the temporal analysis is also required. With the use of available satellite data in close “snapshots” (e.g. every 2 – 3 years), there is an opportunity to capture changes and transformations that might be non – detectable in the temporal analysis of the CORINE database. This could contribute to a more detailed parameterization of the simulation model and, as a result, to the production of more reliable results in the description of landscape dynamics.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Προβληματισμοί της εποχής σχετικά με τους φυσικούς και υδατικούς πόρους

Τα τελευταία χρόνια, στο πλαίσιο της διαχείρισης υδατικών πόρων, έχουν επικρατήσει γενικές τάσεις και κατευθύνσεις που αναπτύσσονται γύρω από τους κεντρικούς άξονες της βιώσιμης ανάπτυξης, της προστασίας και διατήρησης των οικοσυστημάτων και της μακροσκοπικής ανάλυσης των υδατικών συστημάτων με ταυτόχρονη διερεύνηση της ευελιξίας στο σχεδιασμό εν όψει πιθανών φυσικών και κοινωνικοοικονομικών αλλαγών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η επιστημονική κοινότητα έχει θέσει ως αντικείμενα μελέτης, μεταξύ άλλων, το εύρος της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην διαθεσιμότητα γλυκού νερού και την εξασφάλιση τροφής, τις απαιτήσεις σε νερό για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων (ποτάμιων, λιμναίων), τη διαχείριση της ζήτησης του νερού ανά χρήση κ.α. Το νερό αντιμετωπίζεται πλέον ως αγαθό με μέγιστη κοινωνική και οικονομική αξία, και ως εκ τούτου, αποτελεί ανεκτίμητο φυσικό πόρο που πρέπει να προστατευτεί με βάση ένα σαφές μακροπρόθεσμο και επεξεργασμένο σχέδιο, όπως επισημαίνουν διεθνείς θεσμικοί φορείς (Ηνωμένα Έθνη 1992, 2014).

Οι υδατικοί πόροι συναποτελούν μαζί με το έδαφος και την ατμόσφαιρα τα δομικά στοιχεία της βιόσφαιρας (του συνολικού οικολογικού συστήματος) που υπόκειται σε συνεχείς αλλαγές καθώς δέχεται ένα πλήθος πιέσεων τόσο φυσικής όσο και ανθρωπογενούς προέλευσης. Οι αλλαγές αυτές εξαρτώνται άμεσα από τη χρήση της γης. Η «χρήση γης» περιλαμβάνει όχι μόνο τη φυσική φυτοκάλυψη ή γενικότερα εδαφοκάλυψη, αλλά και τον τρόπο που ο άνθρωπος τη χρησιμοποιεί, ενώ ως «αλλαγή χρήσεων γης» νοείται η μεταβολή της φυτοκάλυψης ή του τρόπου που γίνεται η εκμετάλλευσή της.

Οι φυσικές αλλαγές χρήσεων γης, συνήθως συμβαίνουν σταδιακά και οφείλονται στην αλλαγή των φυσικών ισορροπιών, που ευνοούν ή όχι την ανάπτυξη ενός τύπου φυτοκάλυψης. Οι ανθρωπογενείς αλλαγές είναι πιο ραγδαίες. Αυτές ενδέχεται να

είναι προγραμματισμένες όπως, για παράδειγμα, η αστικοποίηση μίας λεκάνης απορροής, ή τυχαίες, όπως η αποδάσωση εξαιτίας πυρκαγιάς. Οι αλλαγές αυτές στη φυτοκάλυψη έχουν άμεσες επιπτώσεις στη μεταβολή του υδρολογικού κύκλου με σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες όπως φαινόμενα πλημμυρών που εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της ανθρωπογενούς παρέμβασης (αποδάσωση λόγω πυρκαγιάς, έντονη αστικοποίηση λεκανών απορροής, κλπ.). Όπως ενδεικτικά αναφέρουν οι Βαράνου, Δασακλής, Φωτόπουλος, και Μπαλτάς (2002), όταν μια περιοχή αστικοποιείται, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τις παρακάτω αλλαγές:

- αυξημένοι όγκοι αλλά και αιχμές απορροής
- ελάττωση βασικής απορροής
- ελάττωση εξατμισοδιαπνοής
- ελάττωση διήθησης και τροφοδοσίας υπογείου υδροφορέα
- ελάττωση κατακράτησης
- μείωση του χρόνου συγκέντρωσης του νερού στα υδατορέματα

Τα ερωτήματα που τίθενται σήμερα έχουν μετατοπίσει τη συζήτηση, σχετικά με την ανάγκη αντιμετώπισης και μετριασμού των φαινομένων τόσο στην υδρολογική διαίτα των περιοχών όσο και της επέκτασής τους σε ευρύτερα ζητήματα διαχείρισης υδατικών πόρων, στη δυνατότητα πρόβλεψης των επιπτώσεων ως αποτέλεσμα των αλλαγών χρήσεων γης. Είναι καθοριστικής σημασίας πλέον η πρόβλεψη, και ως εκ τούτου, η πρόληψη των αρνητικών συνεπειών και η προστασία στο πλαίσιο μιας προγραμματισμένης πολιτικής αντιμετώπισης από τους αρμόδιους φορείς.

1.2 Δομή – Διάρθρωση της εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από πέντε Κεφάλαια, τέσσερα Παραρτήματα και τη Βιβλιογραφία (ελληνική και ξενόγλωσση) που χρησιμοποιήθηκε.

Στο **Δεύτερο Κεφάλαιο** περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση και τα εργαλεία τα οποία επιλέξαμε ώστε να μελετηθούν οι αλλαγές κάλυψης γης, μέσω της μελέτης των χαρακτηριστικών τύπων που συναντώνται στη γήινη επιφάνεια. Η ανάλυση στηρίχτηκε στην κατασκευή κατάλληλων απογραφών, για την παρακολούθηση των αποθεμάτων έκτασης κάθε μεμονωμένης κατηγορίας κάλυψης, στα διάφορα χρονικά διαστήματα παρατήρησης. Επίσης παρουσιάζεται το γενικό θεωρητικό υπόβαθρο της

μοντελοποίησης συνθηκών κατάστασης και μετάβασης τα οποία χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της δυναμικής συμπεριφοράς του τοπίου, όπου δίνεται έμφαση στην παρουσίαση ενός σύγχρονου λογισμικού (ST-Sim). Το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των μελλοντικών συνθηκών στην κάλυψη/χρήση βασισμένο στα ιστορικά δεδομένα όπως προέκυψαν από την ανάλυση. Το Κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια σύνδεση των δεδομένων κάλυψης γης με στοιχεία διαχείρισης υδατικών πόρων, κυρίως στους τομείς της υδρευτικής και αρδευτικής καταναλωτικής χρήσης του νερού.

Στο **Τρίτο Κεφάλαιο** παρουσιάζεται το περιβάλλον του λογισμικού προσομοίωσης δυναμικής συμπεριφοράς του τοπίου και η περιοχή μελέτης (δυτική λεκάνη απορροής του Πηνειού) στην οποία εφαρμόστηκε.

Το **Τέταρτο Κεφάλαιο** περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απογραφών για κάθε κατηγορία και χρονικό διάστημα παρατήρησης. Επίσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης καθώς και αποτελέσματα που προκύπτουν από τον συνδυασμό δεδομένων με διαφορετική αφετηρία για τις βασικές χρήσεις του νερού, με δύο παραδείγματα. Το πρώτο αφορά στον αστικό ιστό της Ελλάδας και το δεύτερο σε αγροτικές περιοχές (ΥΔ Θεσσαλίας, Θράκης και Δ. Πελοποννήσου).

Τέλος, στο **Πέμπτο Κεφάλαιο**, γίνεται μια παράθεση των βασικών συμπερασμάτων από την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Παράλληλα, παρουσιάζονται οι δυσκολίες που συναντήσαμε και οι προσαρμογές που έγιναν σε σχέση με τη φύση των δεδομένων και τη διαδικασία της προσομοίωσης, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι ορισμοί για να περιγράψουν τη φυσική γήινη επιφάνεια και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Σύμφωνα με τους Bastian et al. (2006), το μοναδιαίο κομμάτι γης ισοδυναμεί με μια βιοφυσική μονάδα δηλαδή αντιπροσωπεύει μια πτυχή του τοπίου που καθορίζεται από ένα σύνολο φυσικών συνιστωσών (γεωλογική και γεωμορφολογική δομή, έδαφος, νερό, χλωρίδα και πανίδα). Σε αντιπαραβολή με τη βιοφυσική μονάδα, ο γενικός όρος τοπίο εμπεριέχει στοιχεία που δεν προσδιορίζονται μόνο από τις φυσικές συνιστώσες αλλά και από την

ανθρώπινη επίδραση. Ο Hartshorne (1939) επισημαίνει ότι ως τοπίο χαρακτηρίζεται ένα τμήμα της γήινης επιφάνειας, από κοινού με τα συστατικά που το αποτελούν, όπως αυτό γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο. Τα συστατικά αυτά μπορεί να είναι αμιγώς φυσικά, να τροποποιούνται υπό την επίδραση διάφορων αιτιών και συνθηκών ή να είναι τεχνητά και άρα κατασκευάσματα της ανθρώπινης επινοήσης. Τα φυσικά, τα τροποποιημένα και τα τεχνητά αντικείμενα που είναι ενσωματωμένα μέσα στο τοπίο παρουσιάζουν ιδιαίτερα φυσιολογικά χαρακτηριστικά που εντοπίζονται στην κάλυψη γης μιας περιοχής (Snacken & Antrop, 1983; Feranec & Otahel, 2001).

Η γνώση της κάλυψης αλλά και της χρήσης γης είναι σημαντική στο σχεδιασμό και στις δραστηριότητες διαχείρισης των φυσικών – περιβαλλοντικών πόρων. Συχνά οι έννοιες της κάλυψης και της χρήσης συγχέονται καθώς παρουσιάζουν μια σχέση αλληλεπίδρασης. Ο Αργιαλάς (1999) αναφέρει ότι η έννοια της κάλυψης γης ή εδαφοκάλυψης, σχετίζεται με το είδος του χαρακτηριστικού προτύπου που καλύπτει τη γήινη επιφάνεια. Το πρότυπο υποδηλώνει τη χωρική διάταξη των αντικειμένων μέσω της επανάληψης προκαθορισμένων γενικών μορφών ή σχέσεων, οι οποίες παρατηρούνται σε ομάδες αντικειμένων που εδράζονται στη γήινη επιφάνεια. Οι Lange et al. (2003) σημειώνουν ότι η χρήση γης αντανάκλα το σύνολο των ρυθμίσεων και δραστηριοτήτων που εισέρχονται στο περιβάλλον κάλυψης μιας περιοχής με σκοπό να το αναπαράγουν, να το τροποποιήσουν ή να το διατηρήσουν. Ουσιαστικά, η χρήση γης αναφέρεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα ή τις οικονομικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε ένα συγκεκριμένο γεωτεμάχιο (Αργιαλάς, 1999). Τις τελευταίες δεκαετίες, η μελέτη της κάλυψης/χρήσης γης μεγάλων εκτάσεων στηρίζεται στην τεχνολογία των δορυφόρων. Μέσω κατάλληλων δεκτών, γίνεται η συλλογή δεδομένων τα οποία βασίζονται στους διάφορους τρόπους με τους οποίους τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας εκπέμπουν και αντανάκλουν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων οδηγούν στην καταγραφή, χαρτογράφηση και απεικόνιση της αποκτηθείσας πληροφορίας με την παραγωγή θεματικών χαρτών (Robinson et al., 1995).

Το CORINE (Coordination of information on the environment) είναι από τα πιο γνωστά προγράμματα παρακολούθησης της εξέλιξης της κάλυψης γης που στηρίζονται στη χρήση δορυφορικών δεδομένων. Για να μελετηθεί σε βάθος η

κατάσταση της κάλυψης γης, η έρευνα άρχισε να επικεντρώνεται στις μεταβολές και στις ροές γης που εμφανίζονται στη γήινη επιφάνεια. Η συμπλήρωση και ανανέωση των δεδομένων CORINE μαζί με την επιλογή κατάλληλου τύπου ταξινόμησης για την περιγραφή διαφορετικών τύπων εδαφοκάλυψης σε χαρακτηριστικές στιγμές μέσα στη διάρκεια του χρόνου, συνέθεσαν το βασικό υπόβαθρο της προσέγγισης η οποία είναι γνωστή ως «κατασκευή περιβαλλοντικών απογραφών κάλυψης γης (land accounting)» (Feranec et al., 2010). Οι μεταβολές, οι οποίες καταγράφονται στα δεδομένα CORINE, δείχνουν μια αλλαγή στην κατηγοριοποίηση κάλυψης, όταν ένας τύπος κάλυψης αντικαθίσταται (εξ' ολοκλήρου ή εν μέρει) από κάποιον άλλο τύπο ή τύπους (Coppin et al., 2004). Κατά αυτό τον τρόπο, η εδαφοκάλυψη ως αδιαίρετο κομμάτι του τοπίου αντανakλά τη γενική κατάσταση της επιφάνειας σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης. Οι Haines-Young και Weber (2006) παρουσιάζουν μια λεπτομερή και εκτενή εργασία σχετικά με τις απογραφές κάλυψης γης, οι οποίες στηρίζονται στη βάση δεδομένων CORINE. Εφάρμοσαν τη συγκεκριμένη προσέγγιση σε 24 Ευρωπαϊκές χώρες κατά τη χρονική περίοδο 1990-2000. Η παρούσα εργασία στηρίζεται στις βασικές αρχές της εργασίας των Haynes-Young και Weber για την κατασκευή τέτοιων απογραφών στην ελληνική επικράτεια.

Ο Weber (2007) θεωρεί τις πρώτες βάσεις δεδομένων CORINE (CLC₁₉₉₀ και CLC₂₀₀₀, οι οποίες ήταν διαθέσιμες κατά την περίοδο που διεξήγαγε τη μελέτη του) ως τα βασικά στοιχεία για την ολοκλήρωση του πληροφοριακού συστήματος του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environment Agency) στην κατασκευή περιβαλλοντικών απογραφών. Υποστηρίζει πως οι περιβαλλοντικές απογραφές θα έχουν κύριο ρόλο στη σύνδεση των ευρύτερων αντικειμένων της χρήσης γης, της βιοποικιλότητας και των υδατικών πόρων. Ο κοινός παράγοντας που συμβάλλει στη δημιουργία των σύγχρονων αλλαγών στις διάφορες συνιστώσες της βιόσφαιρας, είναι η ανθρώπινη παραγωγική δραστηριότητα. Σε μια από τις προσπάθειες ερμηνείας των φαινομένων στις αρχές της δεκαετίας του 1990, ο Rogers (1994), κάνει μια εκτίμηση των επιπτώσεων της ανθρωπογενούς παρέμβασης στους υδατικούς πόρους. Υποστηρίζει ότι η ετήσια εκτροπή νερού σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζεται στο 25% της μέσης ετήσιας απορροής. Παράλληλα, η εκτρεπόμενη ποσότητα νερού αθροιστικά με την ποσότητα μολυσμένου νερού υπερβαίνουν το 1/3. Την ίδια περίοδο, οι Turner et al. (1994) υπογραμμίζουν τις συνέπειες της αλλαγής κάλυψης/χρήσης γης, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης παρέμβασης και της

οικονομικής ανάπτυξης, σε μια σειρά από συνιστώσες του περιβάλλοντος (τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο). Συγκεκριμένα, άμεσες ή έμμεσες είναι οι επιπτώσεις στο κλίμα, στη σύνθεση της κατώτερης ατμόσφαιρας, στη βιοποικιλότητα, στην εδαφική κατάσταση (σε σχέση με τις μηχανικές και χημικές του ιδιότητες πέραν της επιφανειακής κάλυψης) και στις επιφανειακές και υπόγειες απορροές των υδάτων. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 2000, αναγνωρίζεται η επίδραση των αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης σε βασικές μεταβλητές του υδρολογικού κύκλου όπως η εξατμισοδιαπνοή, η βροχόπτωση και η θερμοκρασία στην κατώτερη και επιφανειακή ατμόσφαιρα (Kabat et al., 2004; Feddema et al., 2005; Juang et al., 2007; Kueppers et al., 2007), καθώς και στην αλλοίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτων (Schlesinger et al., 2006; Schoups et al., 2005). Με την πάροδο των χρόνων, εδραιώνεται η αντίληψη ότι η παρακολούθηση, καταγραφή και ποσοτικοποίηση των δεδομένων κάλυψης γης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία εισόδου σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του συστήματος υδατικών – εδαφικών πόρων (Serbina & Miller, 2014).

Οι Schilling et al. (2008), υποστηρίζουν ότι είναι αναγκαία η αποτίμηση των ιστορικών επιδράσεων των μεταβολών κάλυψης/χρήσης γης, τόσο για την καλύτερη κατανόηση της υπάρχουσας κατάστασης, όσο και για την πρόβλεψη των επιπτώσεων στους υδατικούς πόρους από ενδεχόμενες μελλοντικές αλλαγές. Σε αυτό το πλαίσιο άρχισαν να αναπτύσσονται μοντέλα για την περιγραφή των παρελθοντικών, πρόσφατων και μελλοντικών συνθηκών ώστε να συγκριθούν οι διάφορες θεωρίες και να εκτιμηθούν οι πιθανές εκβάσεις που σχετίζονται με την εδαφοκάλυψη και τη χρήση της από τον άνθρωπο (Sleeter et al., 2015). Στο Κεφάλαιο 2 (Ενότητα 2.3.1 - 2.3.2) παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά τέτοιων μοντέλων και δίνεται έμφαση σε μια πρόσφατη μεθοδολογική προσέγγιση που έχουν αναπτύξει οι Daniel et al. (2016) για την περιγραφή της εξέλιξης του τοπίου και την προβολή της στο μέλλον.

Κεφάλαιο 2 : Μεθοδολογική προσέγγιση

2.1 Τα πλαίσια SEEA-CF και NEXUS (water, food, energy)

Στις αρχές της δεκαετίας του 90, εντάθηκε ο προβληματισμός και οι επιστημονικές αναζητήσεις και έρευνες για τη μετάβαση στην εποχή της βιωσιμότητας και της αειφορικής ανάπτυξης. Η αναγκαιότητα νέων και αποτελεσματικών πολιτικών ανάπτυξης άρχισαν να μπαίνουν στην ημερήσια διάταξη από τα αρμόδια κέντρα αποφάσεων (διεθνείς περιβαλλοντικές επιτροπές, Ευρωπαϊκή Ένωση). Το 1993 η Agenda 21, υπό την αιγίδα του ΟΗΕ, προτείνει τη δημιουργία ολοκληρωμένων συνδυαστικών περιβαλλοντικών απογραφών για να συνδράμουν σε ένα καινοτόμο ρυθμό ανάπτυξης της παγκόσμιας οικονομίας στη νέα εποχή. Η σημασία αυτών των απογραφών αναγνωρίζεται ευρέως τόσο από την επιστημονική κοινότητα όσο και από διεθνείς οργανισμούς, καθώς «...(είναι αναγκαία) η ορθότερη εκτίμηση του κρίσιμου ρόλου του περιβάλλοντος ως πηγή φυσικού κεφαλαίου και ως τροφοδότη πρώτων υλών και υπο-προϊόντων που είναι απαραίτητα στην παραγωγική δραστηριότητα» (Agenda 21,1993). Επίσης συζητήθηκε «...η συνεργασία της Στατιστικής Υπηρεσίας των Ηνωμένων Εθνών με αντίστοιχους διεθνείς οργανισμούς για την περαιτέρω ανάπτυξη, τελειοποίηση των δοκιμών και τυποποίηση των προτεινόμενων εννοιών και μεθοδολογιών». Μερικά χρόνια αργότερα οι διεθνείς στατιστικές κοινότητες προσπαθούν να αναπτύξουν ένα Σύστημα Περιβαλλοντικών-Οικονομικών Απογραφών (ΠΟΑ) και να το εντάξουν στο ευρύτερο πλαίσιο των διεθνών προτύπων.

Ο ρόλος του Συστήματος ΠΟΑ είναι η άντληση πληροφοριών από βασικά στατιστικά στοιχεία διαφορετικής προέλευσης με σκοπό να τα οργανώσει ώστε να μπορούν να αποδοθούν μέσα από τις δομές των απογραφών σε συνεπείς, συγκρίσιμους και συνεκτικούς στατιστικούς δείκτες (βλ. Εικόνα 2.1). Το 2014 καθορίζεται η μορφή του όλου εγχειρήματος στην έκδοση των Ηνωμένων Εθνών με τίτλο «System of Environmental-Economic Accounting – Central Framework (SEEA – CF)». Στον πυρήνα του κεντρικού πλαισίου βρίσκεται η προσπάθεια να σταχυολογηθούν τα κυριότερα μετρήσιμα μεγέθη που αφορούν στο περιβάλλον και τη σύνδεσή του με τις

εθνικές οικονομικές παραμέτρους των κρατών που συμμετέχουν. Η μελέτη επικεντρώνεται σε τρεις κύριους τομείς:

- Στις ροές υλικών και ενέργειας εντός της οικονομίας αλλά και του συστήματος οικονομίας – περιβάλλοντος.
- Στα φυσικά αποθέματα των περιβαλλοντικών περιουσιακών στοιχείων (ορυκτοί, εδαφικοί, υδατικοί πόροι) και στις αλλαγές που παρατηρούνται.
- Στις οικονομικές δραστηριότητες και συναλλαγές φυσικών πόρων που σχετίζονται με το περιβάλλον.



Εικόνα 2.1: Ο ρόλος του SEEA στην πυραμίδα της στατιστικής πληροφορίας

Στο παρόν αλλά και στα κεφάλαια που ακολουθούν, η κύρια επιδίωξη είναι η εμφάθυση στον τομέα των φυσικών συνιστωσών του περιβάλλοντος, στο χώρο που καταλαμβάνουν στη γήινη επιφάνεια αλλά και ποια είναι η σχέση τους με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, ως κύρια χαρακτηριστικά της ανάλυσης, καθώς οι οικονομικές παράμετροι εξαρτώνται άμεσα και απορρέουν από το είδος της διαχείρισης των φυσικών διαθέσιμων είτε στην πρωτόλεια μορφή τους ή έπειτα από την ανθρώπινη παρέμβαση.

Ένας παρόμοιος τρόπος προσέγγισης του δίπολου περιβάλλον – ανθρώπινη κοινωνία μέσα από το πρίσμα στις παραγωγικής δραστηριότητας συναντάται στο συνδυαστικό εννοιολογικό πλαίσιο αλληλεξάρτησης **νερό – τροφή – ενέργεια** (water – food – energy nexus). Πρόκειται για μια πολυδιάστατη ερευνητική πλατφόρμα που αποσκοπεί στην περιγραφή των σύνθετων και μη γραμμικών σχέσεων μεταξύ της βιομηχανικής και αγροτικής παραγωγής (ενέργεια – τρόφιμα), των υδατικών πόρων και του κλίματος σε συνάρτηση με τις επιπτώσεις τους στην κοινωνία. Οι κυριότερες προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει η ανθρώπινη κοινωνία (στο παρόν αλλά και στο άμεσο μέλλον) αντικατοπτρίζονται στην αυξανόμενη αστικοποίηση, την οικονομική αστάθεια και την ανισοκατανομή των εισοδημάτων, στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής κ.α. Τα ζητήματα αυτά συνδέονται άμεσα με το πλέγμα (nexus w-f-e) καθώς οι διαθέσιμοι φυσικοί πόροι εξαντλούνται με ταχύτερο ρυθμό από ότι ανανεώνονται. Λαμβάνοντας υπόψη και τη συχνότερη εμφάνιση ακραίων κλιματολογικών και υδρολογικών φαινομένων, οδηγούμαστε σε περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές κρίσεις αυξανόμενης δριμύτητας ανά τον κόσμο. Το πλέγμα υποστηρίζεται από μια βάση στοιχείων και αναφορών καθώς και από μια κοινότητα επαγγελματιών και υπεύθυνων λήψης αποφάσεων. Κύριο στόχο της προσπάθειας αποτελεί η δημιουργία μιας ισχυρής βάσης δεδομένων για την καλύτερη κατανόηση των δομών μεταξύ των διαφορετικών τομέων και αρχών που διέπουν το πλέγμα (Howarth και Monasterolo, 2016).

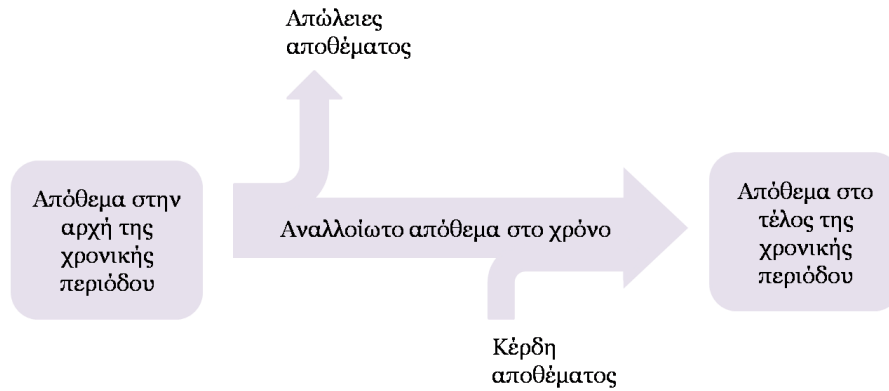
Τέτοιες διασυνδέσεις και εξαρτήσεις είναι ορατές στο παράδειγμα του ευρύτερου γεωργικού τομέα. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Επισιτισμού και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO, 2014), το 70% των απολήψεων γλυκού νερού σε παγκόσμιο επίπεδο χρησιμοποιείται στην αγροτική παραγωγή, στη δασοκομία, στην αλιεία και στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο μια σημαντική ποσότητα αυτού του νερού χάνεται λόγω अपαρχαιωμένων αρδευτικών συστημάτων, έλλειψης γνώσεων και τεχνολογιών εξοικονόμησης νερού από πλευράς αγροτών ή επιλογής εγκατάστασης υδροβόρων καλλιεργειών σε περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας. Ταυτόχρονα, η αλυσίδα παραγωγής τροφίμων καταναλώνει περίπου το 30% της παγκόσμιας παραγόμενης ενέργειας ενώ παράλληλα η ενέργεια αφορά το 35% του κόστους παραγωγής για τις αγροτικές μονάδες μέσω των μηχανημάτων, των συστημάτων διανομής των προϊόντων, της άντλησης νερού από τους υδροφορείς, κ.ο.κ (Howarth και Monasterolo, 2016). Είναι ανάγκη λοιπόν για μια ολιστική θεώρηση τόσο των

προβλημάτων όσο και των ωφελειών με απώτερο σκοπό τη σωστή χρήση και ορθολογική διαχείριση του τρίπτυχου νερό - τροφή - ενέργεια, το οποίο βρίσκεται στον πυρήνα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και της οικονομικής ανάπτυξης.

Το πλέγμα καλείται να ενσωματώσει αυτά τα ζητήματα και να συμβάλλει στη μελέτη και συζήτηση για την ανεύρεση αποτελεσματικότερων μέτρων και στρατηγικών που θα επεκτείνονται πέρα από τους δείκτες Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ). Μέτρα και στρατηγικές που θα υπερβαίνουν την κλασική οικονομία λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τις αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

2.2 Η ανάλυση του φυσικού κεφαλαίου (κάλυψης) γης – Land accounting

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εστιάζει στις περιβαλλοντικές απογραφές που σχετίζονται με τα φυσικά - περιβαλλοντικά κεφάλαια της γης και αποτιμώνται με όρους κάλυψης (land cover) και χρήσης (land use). Ο κύριος στόχος αυτής της προσέγγισης είναι η περιγραφή του συστηματικού τρόπου με τον οποίο μεταβάλλονται τα αποθέματα του φυσικού πόρου «γη» στη διάρκεια του χρόνου. Η απόδοση συγκεκριμένων μετρήσιμων (ποσοτικών ή ποιοτικών) χαρακτηριστικών στην κάλυψη γης είναι καθαρά υποκειμενική καθώς η κατάστασή της καθορίζεται από ένα σύνολο φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων. Ωστόσο μια εδαφική έκταση μπορεί να τροποποιηθεί αλλάζοντας τις αρχικές της ιδιότητες και διαμορφώνοντας καινούριες σε ένα νέο καθεστώς κάλυψης ή χρήσης. Η θεώρηση των εδαφικών πόρων ως ένα είδος φυσικού κεφαλαίου παρουσιάζει ομοιότητες με τον τρόπο που κινούνται και μετασχηματίζονται οι ροές και τα αποθέματα των κεφαλαιακών αγαθών στην οικονομία. Το εννοιολογικό πλαίσιο που συνδέει το απόθεμα στην πορεία του χρόνου με τις αλλαγές γης που πραγματοποιούνται υπό τη μορφή απωλειών και κερδών, αποδίδεται σχηματικά στην Εικόνα 2.2.



*Εικόνα 2.2: Το εννοιολογικό πλαίσιο της απογραφής στις αλλαγές κάλυψης/χρήσης γης
(Πηγή: Weber, 2006- απόδοση)*

2.2.1 Η βάση δεδομένων CORINE

Η δημιουργία των περιβαλλοντικών απογραφών στηρίζεται στην αξιοπιστία και την επάρκεια των δεδομένων κάλυψης/χρήσης γης που επιλέγονται. Ανάλογα με τις ανάγκες και τους στόχους της εκάστοτε εργασίας, έχουν αναπτυχθεί ποικίλες μεθοδολογίες μελέτης της γήινης επιφάνειας για τη δημιουργία των σχετικών δεδομένων. Οι κύριες διαφοροποιήσεις εντοπίζονται στον τρόπο παρατήρησης και επομένως στις απαιτήσεις ακρίβειας στην αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης καθώς και στη χωρική και χρονική ανάλυση.

Το 1985, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, στηριζόμενο σε σχετική εισήγηση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, υιοθέτησε τους βασικούς άξονες του προγράμματος CORINE. Η απόφαση αφορά σε «ένα πειραματικό έργο για τη συγκέντρωση, το συντονισμό και τη διασφάλιση της συνοχής των πληροφοριών αναφορικά με την κατάσταση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων εντός της Κοινότητας» (Εκθεση ΕΕ, 1985). Συμπληρωματικά, για την υποστήριξη του ανωτέρω πλαισίου, λήφθηκαν μέτρα με στόχο το σχεδιασμό των διαδικασιών σύγκρισης, τυποποίησης και ανταλλαγής των περιβαλλοντικών δεδομένων των κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιπλέον, δόθηκε έμφαση στη δημιουργία ενός συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών για τη διαχείριση της περιβαλλοντικής πληροφορίας η οποία είναι απαραίτητη για την προετοιμασία και εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών.

Η βάση δεδομένων CORINE Land Cover αποτελεί δομικό στοιχείο του προγράμματος CORINE. Περιλαμβάνει την καταγραφή της θεματικής χαρτογραφικής πληροφορίας σχετικά με τη βιοφυσική κάλυψη της Ευρώπης μέσα από δύο διαφορετικές οπτικές: αυτή της κάλυψης γης που εστιάζει στα φυσικά χαρακτηριστικά (δάση, υδάτινα σώματα, βραχώδεις εκτάσεις, τεχνητές επιφάνειες κ.α.) και εκείνη της χρήσης γης που ενσωματώνει στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες (γεωργία, κατοικία, υποδομές, κ.α.) Τα δεδομένα CORINE Land Cover (CLC) είναι προϊόντα φωτοερμηνείας και τηλεπισκοπικής ανάλυσης από δορυφορικές εικόνες. Στην πρώτη πιλοτική έκδοση του 1986, οι υπεύθυνοι ανάπτυξης (Copernicus Land Monitoring Service, 2012) εισήγαγαν τέσσερα κύρια στοιχεία για την παραγωγή της χαρτογραφικής πληροφορίας:

- 1) Η κλίμακα της αναπαράστασης είναι της τάξης 1:100,000 καθώς είναι μια κοινή κλίμακα αναφοράς για γεωγραφικές εργασίες πολλών κρατών μελών της ΕΕ.
- 2) Τα δεδομένα αποκτώνται από τον αισθητήρα MSS της πρώτης γενιάς δορυφόρων Landsat ως κύριο υπόβαθρο μελέτης.
- 3) Η διαδικασία ανάλυσης των δορυφορικών δεδομένων θα είναι η ψηφιακή φωτοερμηνεία ψευδοχρωματικής εικόνας.
- 4) Οι δορυφορικές εικόνες θα ενισχύονται, όποτε κρίνεται απαραίτητο και στο βαθμό που είναι εφικτό, με επίγεια δεδομένα ή άλλα υποστηρικτικά μέσα (αεροφωτογραφίες, τοπογραφικούς χάρτες).

Από τότε έχουν δημιουργηθεί τέσσερις μεγάλες βάσεις δεδομένων σταθερής κατάστασης (CLC₁₉₉₀, CLC₂₀₀₀, CLC₂₀₀₆ και CLC₂₀₁₂), καθώς και τρεις επικουρικές με τις αλλαγές που έχουν προκύψει για τη συμπλήρωση των χρονοσειρών στα μεσοδιαστήματα, γνωστές ως CLC-Changes (CLC-C₁₉₉₀₋₂₀₀₀, CLC-C₂₀₀₀₋₂₀₀₆ και CLC-C₂₀₀₆₋₂₀₁₂). Οι δείκτες σε κάθε αρχείο αντιπροσωπεύουν τα προσεγγιστικά έτη αναφοράς του εκάστοτε μωσαϊκού δορυφορικών εικόνων. Η εξέλιξη του CORINE Land Cover καθώς και τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά των δεδομένων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Η εξέλιξη της βάσης δεδομένων CORINE και τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά

| | CLC1990 | CLC2000 | CLC2006 | CLC2012 |
|--|--|---|---|---|
| Δορυφορικά Δεδομένα | Landsat-5 MSS/TM | Landsat-7 ETM | SPOT-4/5 και IRS P6 LISS III | IRS P6 LISS III και RapidEye |
| Χρονική Συνέπεια | 1986-1998 | 2000 +/- 1 χρόνος | 2006+/- 1 χρόνος | 2011-2012 |
| Γεωμετρική Ακρίβεια Δορυφορικών Δεδομένων | ≤ 50 m | ≤ 25 m | ≤ 25 m | ≤ 25 m |
| Ελαχ. Χαρτογραφική μονάδα/ Πλάτος | 25 ha/ 100m | 25 ha/ 100m | 25 ha/ 100m | 25 ha/ 100m |
| Γεωμετρική Ακρίβεια CLC | 100 m | Καλύτερη των 100 m | Καλύτερη των 100 m | Καλύτερη των 100 m |
| Θεματική Ακρίβεια CLC | ≥ 85% (πιθανόν δεν έχει επιτευχθεί) | ≥ 85% (έχει ελεγχθεί) | ≥ 85% (δεν έχει ελεγχθεί) | ≥ 85% |
| Χαρτογράφηση Αλλαγών (CLCC) | Δεν έχει υλοποιηθεί | Ελάχιστη οριακή μετατόπιση 100 m; Χαρτογράφηση αλλαγών για καταγεγραμμένα πολύγωνα ≥ 5 ha; Για μεμονωμένες αλλαγές ≥ 25 ha | Ελάχιστη οριακή μετατόπιση 100 m; Χαρτογράφηση όλων των αλλαγών ≥ 5 ha | Ελάχιστη οριακή μετατόπιση 100 m; Χαρτογράφηση όλων των αλλαγών ≥ 5 ha |
| Θεματική Ακρίβεια CLCC | - | Δεν έχει ελεγχθεί | ≥ 85% (επετεύχθη) | ≥ 85% |
| Χρόνος Παραγωγής | 10 χρόνια | 4 χρόνια | 3 χρόνια | 2 χρόνια |
| Χώρες που συμμετέχουν | 26 (27 μεταγενέστερα) | 30 (35 μεταγενέστερα) | 38 | 39 |

Τα δεδομένα CORINE αναπαριστούν τη φυσιογνωμία επιφανειακών προτύπων γεωγραφικής αναφοράς και ταξινομούνται σε διάφορα επίπεδα και κατηγορίες κάλυψης/χρήσης γης για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Επικράτειας. Διαρθρώνονται σε τρία ιεραρχικά επίπεδα ξεκινώντας με πέντε κύριες κατηγορίες για να καταλήξουν στις 44 λεπτομερείς κλάσεις του τρίτου επιπέδου (Εικόνα 2.3).

| Πρώτο επίπεδο | Δεύτερο επίπεδο | Τρίτο επίπεδο |
|----------------------------------|--|---|
| 1. Τεχνητές επιφάνειες | 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 πράσινου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής |
| 2. Γεωργικές περιοχές | 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 Αυτελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαϊώνες |
| | 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. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές | 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 βασκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές θασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις |
| | 3.3 Ανοικτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση | 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμιοδιάς 3.3.2 Αποξημιωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και άσναο χιόνι |
| 4. Υγρότοποι | 4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας | 4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τουρβίνες |
| | 4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι | 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Άλυκες 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα |
| 5. Υδάτινες επιφάνειες | 5.1 Χερσαία ύδατα | 5.1.1 Υδατορρέματα 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 |

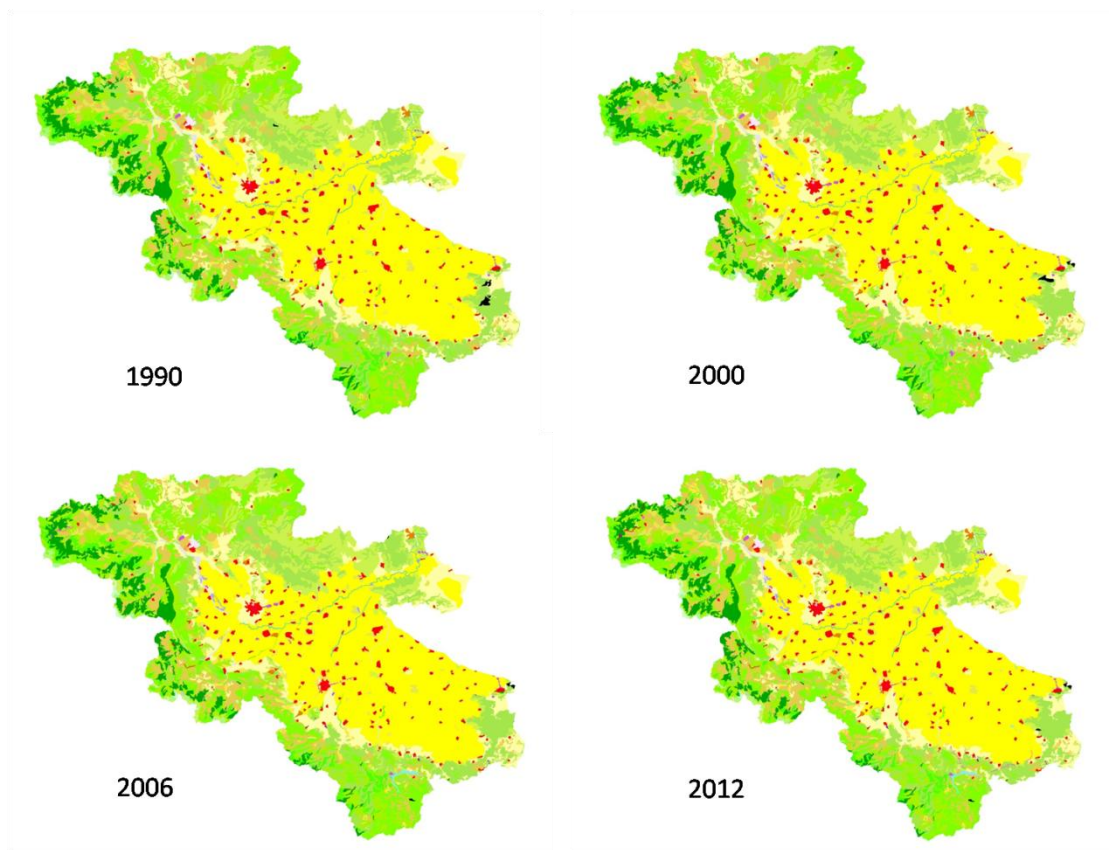
Εικόνα 2.3: Η ονοματολογία CORINE στα τρία επίπεδα λεπτομέρειας

(Πηγή: portal.survey.ntua.gr/main/labs/rsens/rs/corine_nomenclature_el.pdf)

Η γεωγραφική πληροφορία (πέρα από τα περιγραφικά χαρακτηριστικά) αποδίδεται ενιαία μέσα από το Ευρωπαϊκό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ETRS 89), η χρήση του οποίου αποφασίστηκε το 1990 στη Φλωρεντία (EUREF, 1990). Η απεικόνιση των δεδομένων CLC από την επιφάνεια αναφοράς (σφαιροειδές GRS80) στην κατάλληλη αναπτυκτική επιφάνεια και στη συνέχεια στο επίπεδο του χάρτη γίνεται στη συγκεκριμένη περίπτωση με την αζιμουθιακή ισοδύναμη προβολή Lambert (Lambert Azimuthal Equal Area) (Νάκος, 2006). Οι επίπεδες ή αζιμουθιακές προβολές προκύπτουν από ένα εφαπτόμενο επίπεδο σε κάποιο σημείο της επιφάνειας αναφοράς γνωστού γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Βασική ιδιότητα της προβολής είναι η διατήρηση τόσο του εμβαδού μεμονωμένων χωρικών οντοτήτων (πολυγώνων) όσο και η σωστή αίσθηση της κατεύθυνσης από το κέντρο. Δεδομένου ότι είναι αδύνατο να παραμένουν αναλλοίωτες όλες οι γεωμετρικές ιδιότητες των χωρικών οντοτήτων σε μια χαρτογραφική απεικόνιση, εισάγονται παραμορφώσεις σε μεγέθη όπως τα μήκη και οι γωνίες. Τα σχήματα παραμορφώνονται λιγότερο από 2% σε ένα τόξο 15° από το κέντρο της προβολής, ενώ πέρα από αυτή την περιοχή η γωνιακή

παραμόρφωση παρουσιάζει σημαντική αύξηση. Παρομοίως καθώς απομακρυνόμαστε από το κέντρο σε μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος, η κλίμακα μειώνεται κατά μήκος των μεσημβρινών και αυξάνεται κατά μήκος των παραλλήλων. Η απεικόνιση των δεδομένων περιορίζεται σε μέγιστη έκταση ενός ημισφαιρίου και με την ανάλογη επιλογή προσανατολισμού (συνήθως πλάγιες απεικονίσεις) εφαρμόζεται σε μεγάλες περιοχές (ωκεανούς, ηπείρους και κράτη) για την παραγωγή θεματικών χαρτών.

Στην Εικόνα 2.4 παρουσιάζονται τέσσερα στιγμιότυπα κάλυψης χρήσης/γης κατά CORINE Land Cover στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Πηνειού. Η πληροφορία που αντλείται από τα αρχεία CORINE θα μπορούσε να διαχωριστεί σε ποσοτική και περιγραφική. Η ποσότητα αναφέρεται στο εμβαδό των πολυγώνων μιας περιοχής (km^2) και η περιγραφή στον τύπο/κλάση κάλυψης που ανήκει κάθε πολύγωνο σύμφωνα με την ονοματολογία των 44 κατηγοριών (Εικόνα 2.3). Η κάλυψη για το 1990 προκύπτει απ' ευθείας από τα δεδομένα CLC_{1990} όπως διατίθενται στην τυποποιημένη μορφή τους. Η χρήση μιας διαφορετικής ελάχιστης χαρτογραφικής μονάδας μεταξύ των βάσεων δεδομένων CLC και CLC-C (Πίνακας 2.1) δημιουργεί ζητήματα γεωμετρικής και θεματικής ακρίβειας καθώς τα αρχεία των αλλαγών (CLC-Change) έχουν μεγαλύτερη ανάλυση από τα αντίστοιχα σταθερά αρχεία κατάστασης (CLC) των ετών 1990, 2000, 2006 και 2012. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος και σύμφωνα με τις προτροπές των διαχειριστών του CORINE Land Cover, είναι προτιμότερη η χρήση των αρχείων αλλαγών για τη μελέτη μιας περιοχής σε γειτονικές χρονικές τιμές. Σε αυτή την περίπτωση η πληροφορία της κατάστασης κάλυψης π.χ. τη χρονική στιγμή 2 προκύπτει ως $\text{LC}_2 = \text{CLC}_1 + \text{CLC-C}_{1-2}$. Προφανώς αυτή η προσέγγιση θα παρουσιάζει διαφορές στα παρατηρούμενα μεγέθη αν συγκριθούν τα δεδομένα CLC με τα αποτελέσματα της προτεινόμενης μεθόδου καθώς $\text{CLC}_2 \neq \text{LC}_2$. Στην Εικόνα 2.4, η κατάσταση κάλυψης για το έτος 2012 προέκυψε με διαδοχικά αθροίσματα της πληροφορίας που περιέχεται στα αρχεία αλλαγών των περιόδων 1990-2000, 2000-2006 και 2006-2012 στο σταθερό υπόβαθρο του έτους 1990, ως αρχικού έτους παρατήρησης.



Εικόνα 2.4: Η κάλυψη γης σύμφωνα με τη βάση δεδομένων CORINE Land Cover στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Πηνειού. Το αρχικό υπόβαθρο (1990) απεικονίζεται πάνω αριστερά και με διαδοχική ενσωμάτωση της πληροφορίας CLC-C προκύπτει η κάλυψη γης για το 2000 (πάνω δεξιά), το 2006 (κάτω αριστερά) και το 2012 (κάτω δεξιά)

Παρά το γεγονός ότι η φυσική επιφάνεια της γης συνήθως αποτελείται από σύνθετες οντότητες και πολλαπλούς συνδυασμούς των 44 κλάσεων, είναι αναγκαία η δυνατότητα μιας πιο αδρής αναπαράστασης, με βάση τα κυρίαρχα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής, για να δοθεί μια πιο ξεκάθαρη εικόνα των μοτίβων εξέλιξης των αλλαγών κατά τη διάρκεια μιας περιόδου παρατήρησης. Το πρώτο επίπεδο λεπτομέρειας της ονοματολογίας CORINE περιλαμβάνει 5 κατηγορίες ενώ το δεύτερο επίπεδο 15 κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές συνδυάζονται με ένα υβριδικό σύστημα 8 ευρύτερων κατηγοριών όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.2 (Haines – Young & Weber, 2006). Αυτό το είδος ταξινόμησης προκρίνεται για δύο λόγους. Αφ' ενός, εισάγει μια ισορροπία στις συχνά επικαλυπτόμενες έννοιες της κάλυψης και της χρήσης, που χρησιμοποιεί το CORINE, απόρροια της μεθόδου φωτοερμηνείας των δορυφορικών εικόνων αλλά και της κλίμακας αναπαράστασης. Αφ' ετέρου, καθιστά πιο εύκολη τη διαχείριση του όγκου της πληροφορίας που συναντάται στα αρχεία των αλλαγών (CLC-C), καθώς συνδέουν δύο διαφορετικά στιγμιότυπα με την

καταγεγραμμένη περιγραφική πληροφορία τόσο του αρχικού όσο και του τελικού έτους παρατήρησης για κάθε πολύγωνο.

Πίνακας 2.2: Η ταξινόμηση των 8 ευρέων κατηγοριών σε συνδυασμό με τα ιεραρχικά επίπεδα της ταξινόμησης κατά CORINE Land Cover

| Ευρεία κατηγορία κάλυψης γης | Κωδικός CORINE Land Cover |
|---|---------------------------------|
| Τεχνητές επιφάνειες | CLC 1 |
| Αρόσιμη γη και μόνιμες καλλιέργειες | CLC 2.1 + 2.2 + 2.4.1 |
| Λιβάδια και ετερογενής γεωργική γη | CLC 2.3 + 2.4.2 + 2.4.3 + 2.4.4 |
| Δάση και μεταβατικές δασώδεις ή/και θαμνώδεις εκτάσεις | CLC 3.1 + 3.2.4 |
| Φυσικοί βοσκότοποι, χερσότοποι και σκληροφυλλική βλάστηση | CLC 3.2.1 + 3.2.2 + 3.2.3 |
| Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση | CLC 3.3 |
| Υγρότοποι | CLC 4 |
| Υδάτινες επιφάνειες | CLC 5 |

Με αυτό τον τρόπο γίνεται φανερό ότι αντί για ένα πίνακα διαστάσεων 44x44 που περιέχει τη συνολική πληροφορία αλλαγής στην κάλυψη μιας περιοχής, η παραπάνω ομαδοποίηση επιτρέπει την παραγωγή πινάκων 8x8 άμεσα αξιοποιήσιμων για την εξαγωγή συμπερασμάτων μεταβαίνοντας σε μεγαλύτερη κλίμακα ανάλυσης.

2.2.2 Απόθεμα γης (stocks) και μεταβολές (transitions) – Βασικές διεργασίες



Είναι εμφανές ότι η ομαδοποίηση των 44 κατηγοριών μας βοηθάει να εστιάσουμε σε συγκεκριμένους τύπους κάλυψης/χρήσης γης. Πέραν του γεγονότος ότι διευκολύνουν στην κατανόηση της σύστασης των αποθεμάτων μιας περιοχής, με αυτό τον τρόπο μπορούν να ανιχνευτούν τάσεις ή επαναλαμβανόμενα μοτίβα στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Για παράδειγμα, αν μια περιοχή καταλαμβάνεται από 0,03 km² δάσους

πλατύφυλλων (CLC 3.1.1), 0,5 km² δάσους κωνοφόρων (CLC 3.1.2) και 0,47 km² μικτού δάσους (CLC 3.1.3), στην ανάλυση θεωρείται αθροιστικά το σύνολο της περιοχής γενικά ως «δάσος» έκτασης 1km². Αυτή η γενίκευση είναι σημαντική τόσο για τον εντοπισμό των κυρίαρχων χαρακτηριστικών σε ένα τοπίο, καθώς φαινομενικά μικρές επιφάνειες συγκεντρώνονται σε ενιαίες οντότητες, όσο και για την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων και τη σύνδεσή τους με άλλους τομείς του περιβαλλοντικού πλαισίου (βλ. Ενότητα 2.1).

Τα αποθέματα κάλυψης γης μιας περιοχής είναι στην ουσία μια αποτύπωση της κατάστασης των τοπίων σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές στη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου παρατήρησης. Η δυναμική συμπεριφορά του τοπίου, η οποία εκφράζεται μέσα από τις μεταβολές που πραγματοποιούνται, εντοπίζεται στις βάσεις δεδομένων CLC-C. Η επεξεργασία του ομαδοποιημένου πίνακα διαστάσεων 8x8 εισάγει τις δυο βασικές διεργασίες πάνω στις οποίες θα βασιστούν οι απογραφές του φυσικού κεφαλαίου κάλυψης γης. Οι εγγραφές στα κελιά του πίνακα είναι της μορφής X_{ij} , όπου X_{ij} είναι το εμβαδόν σε km² ενός ή περισσότερων πολυγώνων που άλλαξαν από χαρακτηρισμό κάλυψης i σε χαρακτηρισμό κάλυψης j στη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Οι διεργασίες είναι τα αθροίσματα αυτών των μεταβολών.

Η πρώτη διεργασία είναι η **κατανάλωση γης** (consumption) C_i και αντιπροσωπεύει τις απώλειες ενός συγκεκριμένου τύπου κάλυψης i προς τις υπόλοιπες επτά πιθανές κατηγορίες. Γίνεται λόγος για απώλειες καθώς η κατανάλωση είναι εξ ορισμού συνδεδεμένη με το αρχικό έτος παρατήρησης. Τα πολύγωνα που υπόκεινται σε αλλαγή χάνουν την αρχική τους περιγραφική ιδιότητα μοιράζοντας το εμβαδό (αντιστοιχία «ένα – προς – πολλά»). Η δεύτερη διεργασία είναι η **διαμόρφωση γης** (formation) F_j και αντιπροσωπεύει τα κέρδη του συγκεκριμένου τύπου κάλυψης j από στις υπόλοιπες επτά πιθανές κατηγορίες. Τα κέρδη συνυπολογίζονται στο τελικό έτος παρατήρησης, όπου τα πολύγωνα αποκτούν καινούρια περιγραφική ιδιότητα κερδίζοντας εμβαδό σε μια αντιστοιχία «πολλά – προς – ένα». Από τη στιγμή που η γη δεν καταστρέφεται ή δημιουργείται με γοργούς ρυθμούς, το σύνολο των «απωλειών» θα ισούται με το σύνολο των «κερδών», ή διαφορετικά, η συνολική κατανάλωση (consumption) θα είναι ίση με τη συνολική διαμόρφωση (formation) για όλες τις κατηγορίες ικανοποιώντας μια μορφή επιφανειακού ισοζυγίου. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη φύση των διεργασιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Ο ορθογώνιος πίνακας των αλλαγών. Η κατανάλωση C_i υπολογίζεται αθροίζοντας κατά μήκος των γραμμών ενώ η διαμόρφωση F_j υπολογίζεται αθροίζοντας κατά μήκος των στηλών.

| t_2 | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβάδια | Δάση | Σκληρ. Βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. Σώματα | <u>Συν. Κατανάλωση</u> | |
|------------------------------|-----------------------------|------------|----------|----------|--|-------------|-----------|------------|---|-----------------------------|
| t_1 Τεχνητές επιφάνειες | X_{11} | X_{12} | X_{13} | X_{14} | X_{15} | X_{16} | X_{17} | X_{18} | $C_1 = \sum_{j=1}^8 X_{1j}$ | |
| Αρόσιμη γη | X_{21} | X_{22} | X_{23} | X_{24} | X_{25} | X_{26} | X_{27} | X_{28} |  | |
| Λιβάδια | X_{31} | X_{32} | X_{33} | X_{34} | X_{35} | X_{36} | X_{37} | X_{38} | | |
| Δάση | X_{41} | X_{42} | X_{43} | X_{44} | X_{45} | X_{46} | X_{47} | X_{48} | | |
| Σκληρ. Βλάστηση | X_{51} | X_{52} | X_{53} | X_{54} | X_{55} | X_{56} | X_{57} | X_{58} | | |
| Γυμνά εδάφη | X_{61} | X_{62} | X_{63} | X_{64} | X_{65} | X_{66} | X_{67} | X_{68} | | |
| Υγρότοποι | X_{71} | X_{72} | X_{73} | X_{74} | X_{75} | X_{76} | X_{77} | X_{78} | | |
| Υδ. Σώματα | X_{81} | X_{82} | X_{83} | X_{84} | X_{85} | X_{86} | X_{87} | X_{88} | | $C_8 = \sum_{j=1}^8 X_{8j}$ |
| <u>Συνολ. Διαμόρφωση</u> | $F_1 = \sum_{i=1}^8 X_{i1}$ | | | |  | | | | | $F_8 = \sum_{i=1}^8 X_{i8}$ |

Σύμφωνα με το επιφανειακό ισοζύγιο θα ισχύει

$$\sum F = \sum C = \sum X_{ij} \quad (1)$$

καθώς τόσο στη χρονική στιγμή t_1 όσο και στη χρονική στιγμή t_2 η συνολική επιφάνεια της περιοχής μελέτης παραμένει αμετάβλητη ανεξάρτητα από τον τρόπο που έχουν καταναλωθεί τα κέρδη ή οι απώλειες. Κατά μήκος της διαγωνίου του Πίνακα 2.3 όπου $i=j$, γίνεται αναφορά σε μετακινήσεις εντός της ίδιας ευρύτερης κατηγορίας κάλυψης ως αποτέλεσμα εσωτερικών μεταβολών. Σε μια αστική περιοχή, για παράδειγμα, με την εφαρμογή ενός πολεοδομικού σχεδίου, ο ασυνεχής αστικός ιστός (τη χρονική στιγμή t_1) χαρακτηρίζεται ως συνεχής αστικός ιστός (τη χρονική στιγμή t_2) καταγράφοντας μια μεταβολή που λαμβάνει χώρα εντός της ευρύτερης κατηγορίας «τεχνητές επιφάνειες». Αυτή η ποσότητα καταχωρείται στη θέση X_{11} .

Οι απογραφές κάλυψης γης, στηριζόμενες στις έννοιες της κατανάλωσης και διαμόρφωσης που συζητήθηκαν παραπάνω, επιχειρούν να αποσαφηνίσουν τον τρόπο

και την ένταση που κατανέμονται οι συνολικές παρατηρούμενες μεταβολές. Τα στοιχεία εκκίνησης για την κατασκευή των απογραφών είναι:

- Η κάλυψη γης LC_{t_1} , όπως έχει προκύψει από την ανάλυση του αρχείου CLC τη χρονική στιγμή t_1 και σύμφωνα με την ευρεία ταξινόμηση που έχει εφαρμοστεί.
- Η συνολική κατανάλωση ΣC_i για το διάστημα παρατήρησης t_1-t_2 , στο σύνολό της αλλά και για κάθε ευρεία κατηγορία ξεχωριστά.
- Η συνολική διαμόρφωση ΣF_j για το διάστημα παρατήρησης t_1-t_2 , στο σύνολό της αλλά και για κάθε ευρεία κατηγορία ξεχωριστά.

Από τα παραπάνω μεγέθη, ορίζονται τρεις σχέσεις ικανές να περιγράψουν την εξέλιξη κάθε *μεμονωμένης κατηγορίας* στη διάρκεια του χρόνου. Η πρώτη σχέση αντιπροσωπεύει την καθαρή διαμόρφωση **NF (net formation)**, όπου

$$NF = F - C \quad (2)$$

με F τη διαμόρφωση και C την κατανάλωση.

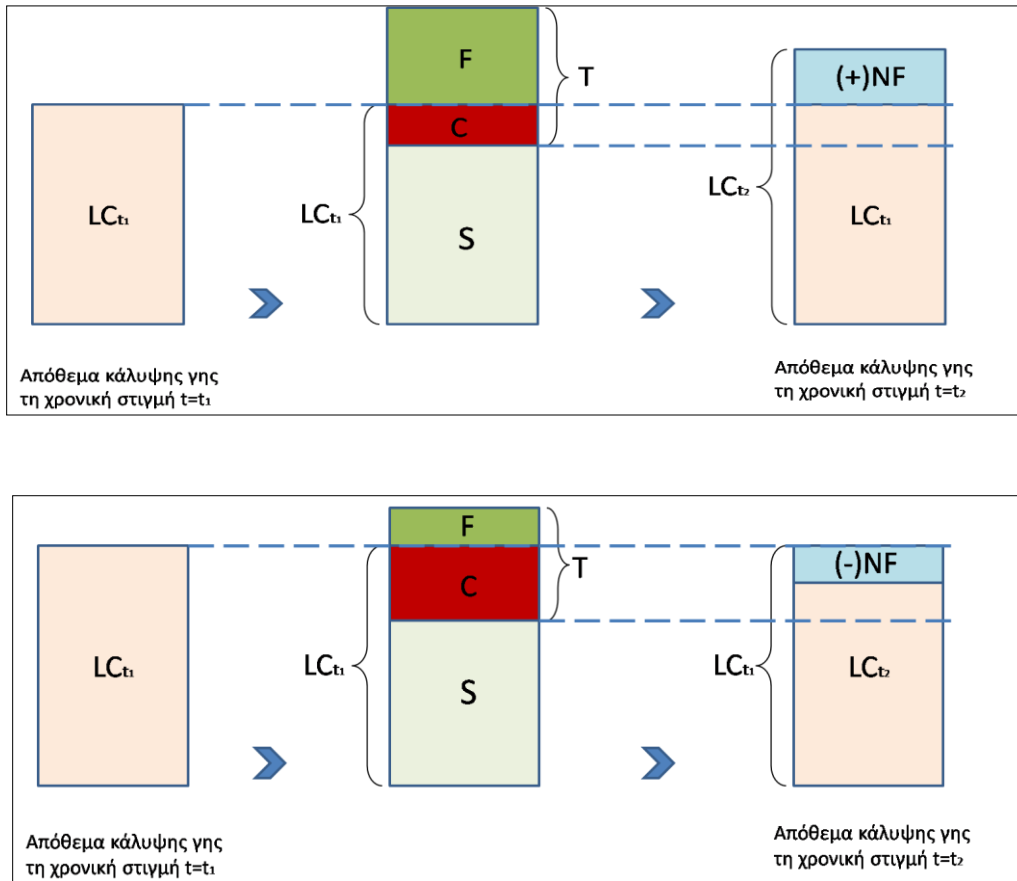
Η ποσότητα NF μπορεί να είναι θετική ή αρνητική ανάλογα με το εμβαδό που καταναλώθηκε ή διαμορφώθηκε στη συγκεκριμένη κατηγορία, αυξάνοντας ή μειώνοντας κατά αυτό τον τρόπο την έκταση που καταλαμβάνει στην περιοχή μελέτης. Η δεύτερη σχέση αναφέρεται στον κύκλο εργασιών **T (turnover)** οι οποίες εκδηλώνονται στο πλαίσιο μιας κατηγορίας και είναι

$$T = F + |C| \quad (3)$$

δηλαδή το άθροισμα των διεργασιών που την επηρεάζουν. Η τρίτη σχέση ποσοτικοποιεί το τμήμα της κατηγορίας κάλυψης **S (non - transitional stock)** που παραμένει αμετάβλητο σε σχέση με την αρχική του κατάσταση (δηλ. αφαιρείται η ποσότητα που καταναλώθηκε) και είναι

$$S = LC_{t_1} - C \quad (4)$$

Στην Εικόνα 2.5 παρουσιάζεται μια αναπαράσταση της διαδικασίας απογραφής που ακολουθείται για καθεμία από τις κατηγορίες κάλυψης γης για τις περιπτώσεις αύξησης και μείωσης του αποθέματος αντίστοιχα.

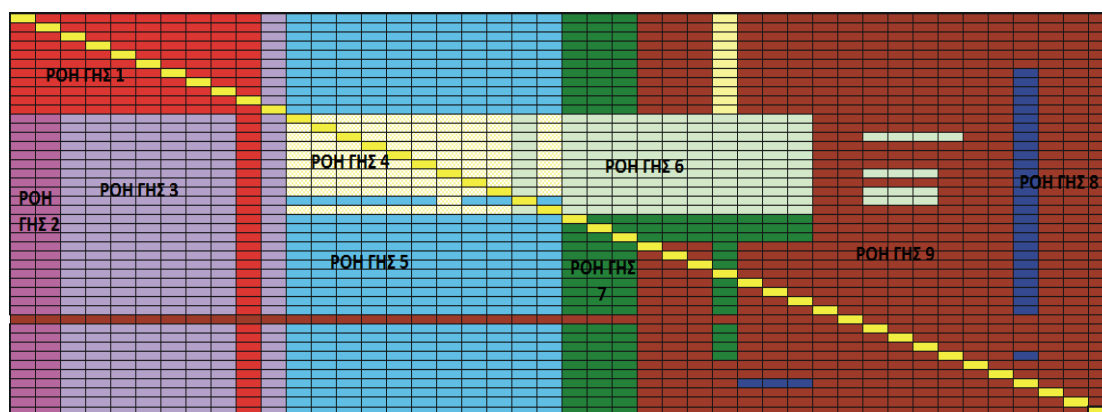


Εικόνα 2.5: Η δομή των απογραφών κάλυψης γης μέσα από τις βασικές διεργασίες, η περίπτωση αύξησης (άνω) και μείωσης (κάτω) κάλυψης γης για συγκεκριμένη κατηγορία

2.2.3 Ροές γης (Land Flows)

Μια μεταβολή στην κάλυψη γης είναι, όπως αναφέρθηκε, μια αλλαγή στην κατηγοριοποίηση κομματιών της γήινης επιφάνειας. Οι αιτίες που προκαλούν αυτές τις μεταβολές είναι γνωστές στις περιβαλλοντικές αναλύσεις ως *παράγοντες αλλαγής* (drivers of change). Οι παράγοντες αλλαγής επιδρούν άμεσα ή έμμεσα στην διαμόρφωση της γήινης επιφάνειας με διαφορετικούς ρυθμούς και σε διαφορετικές εντάσεις. Οι Haines & Weber (2006) προσπαθούν να εντάξουν τη φυσιογνωμία των παραγόντων αλλαγής στις απογραφές κάλυψης γης εισάγοντας τις *ροές κάλυψης γης* (Land Cover Flows –LCF). Οι ροές κάλυψης γης αποτελούν ομαδοποιήσεις αλλαγών μεταξύ συγκεκριμένων τύπων κάλυψης, αλλά κυρίως μεταφέρουν την πληροφορία της χρήσης γης η οποία αποτελεί και το συνδετικό κρίκο με την κοινωνικο-οικονομική διάσταση των παραγόντων αλλαγής.

Η αντιστοίχιση των κατάλληλων τύπων ροών στα δεδομένα των αλλαγών CLC-C (Εικόνα 2.6), δυσχεραίνει ακόμα περισσότερο τη διαχείριση του πίνακα αλλαγών. Ορίζονται 9 κύριοι τύποι ροών (Haines & Weber, 2006) για κάθε καταγεγραμμένη μεταβολή στις βάσεις CLC-C (Πίνακας 2.4). Η ταξινόμηση, που περιγράφεται σε προηγούμενη ενότητα, είναι πλέον μια συνάρτηση της μορφής $f(i, j, LCF)$ όπου i ο αρχικός τύπος κάλυψης, j ο τελικός τύπος κάλυψης και LCF η κατηγορία ροής που ανήκει η μετάβαση από τύπο i σε τύπο j .



Εικόνα 2.6: Η αντιστοίχιση των ροών γης στον ορθογώνιο πίνακα αλλαγών (διαστάσεων 44 x 44) στις βάσεις δεδομένων CLC-C

Κατά αναλογία του πίνακα αλλαγών (Πίνακας 2.3) κατασκευάστηκαν αντίστοιχοι πίνακες *ροών γης – κατανάλωσης γης* και *ροών γης – διαμόρφωσης γης*, διαστάσεων 9x8, για την περιοχή μελέτης που απεικονίζονται συγκεντρωτικά μέσα από έναν πίνακα ροών γης – καθαρής διαμόρφωσης βάσει της σχέσης (2) (Ενότητα 2.2.2, σελ. 37). Τα αποτελέσματα των επεξεργασιών παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4. Οι συναθροίσεις μεταβολών από και προς συγκεκριμένους τύπους κάλυψης και ο καθορισμός των κατάλληλων ροών για καθεμία από αυτές, έγινε με την κατασκευή ενός κώδικα (script) σε περιβάλλον Matlab (Παράρτημα I). Σημειώνεται ότι η αντιστοιχία των ροών με τις κατηγορίες κάλυψης δεν είναι αμφιμονοσήμαντη. Οι ροές τύπου 1, 2 και 3 έχουν κοινή αναφορά στην κατηγορία «τεχνητές επιφάνειες» ενώ οι ροές τύπου 4, 5 και 6 στη γεωργική γη που περιλαμβάνει τις κατηγορίες «Αρόσιμη γη και μόνιμες καλλιέργειες» και «Λιβάδια και ετερογενής γεωργική γη». Οι ροές τύπου 7 και 8 ορίζονται με κεντρικούς άξονες τις κατηγορίες «Δάση και μεταβατικές δασώδεις ή/και θαμνώδεις εκτάσεις» και «Υδάτινες επιφάνειες» αντίστοιχα.

Πίνακας 2.4: Οι ροές (κάλυψης) γης

| Τύπος ροής | Ονομασία | Περιγραφή |
|------------|--|--|
| 1 | Διαχείριση αστικής γης | Εσωτερικοί μετασχηματισμοί αστικών περιοχών |
| 2 | Εξάπλωση αστικού ιστού | Γη που καταλαμβάνεται για σκοπούς στέγασης (συμπεριλαμβανόμενων των υπηρεσιών και αστικών υποδομών) εις βάρος άλλων κατηγοριών |
| 3 | Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | Γη που καταλαμβάνεται για την ανάπτυξη οικονομικής δραστηριότητας (οικοδομών, βιομηχανικής δραστηριότητας, εμπορίου κ.α.) και δικτύων μεταφοράς εις βάρος άλλων κατηγοριών |
| 4 | Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | Μετατροπές μεταξύ τύπων καλλιεργειών και αγροτικών εκτάσεων |
| 5 | Εξάπλωση γεωργικής δραστηριότητας | Εξάπλωση γεωργικής χρήσης εις βάρος άλλων κατηγοριών (κυρίως δασών και φυσικής βλάστησης) |
| 6 | Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | Εγκατάλειψη γεωργικής χρήσης προς όφελος των δασών και φυσικών επιφανειών |
| 7 | Δημιουργία και διαχείριση δασών | Διαχείριση μέσω υλοτομίας και αναφύτευσης και δημιουργία δασών |
| 8 | Δημιουργία και διαχείριση υδ. σωμάτων | Διαχείριση υδατικών πόρων και εξάπλωση υδάτινων επιφανειών από τη δημιουργία φραγμάτων και ταμιευτήρων |
| 9 | Άλλες μεταβολές | Μεταβολές στην κάλυψη γης από φυσικά φαινόμενα με ή χωρίς ανθρώπινη επίδραση |

2.3 Προσομοίωση συνθηκών κατάστασης και μετάβασης στη δυναμική τοπίων

2.3.1 Γενικά

Η μοντελοποίηση των αλλαγών που σχετίζονται με την κατάσταση μιας περιοχής υποστηρίζει ένα εύρος εφαρμογών, από τη διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων και των φυσικών διεργασιών ως την αξιολόγηση προτεινόμενων διαχειριστικών μέτρων και πολιτικών. Η κατάσταση της γης ή του τοπίου, ως μεταβλητή, δεν αναφέρεται αποκλειστικά στο καθεστώς κάλυψης ή χρήσης, αλλά μπορεί να περιλαμβάνει συνθήκες εδαφικής υγρασίας, θερμοκρασίας κ.ο.κ., τα οποία χαρακτηρίζουν μια

περιοχή μελέτης. Η κύρια διάκριση τέτοιων εννοιολογικών μοντέλων μπορεί να περιοριστεί στη χρήση δύο βασικών κριτηρίων (Baker, 1989):

- 1) Το πρώτο βασικό κριτήριο αφορά στο επίπεδο συγκεντρωτικής θεώρησης του τοπίου και επομένως της λεπτομέρειας με την οποία αποδίδεται η διαδικασία των αλλαγών σε μια περιοχή μελέτης. Πρόκειται για μια αναπαράσταση η οποία διακριτοποιεί το χώρο σε κάρναβο. Η απεικόνιση – αναπαράσταση αυτή αποτελείται από μοναδιαία στοιχεία (κελιά) κατά αντιστοιχία είτε των pixels σε μια ψηφιακή δορυφορική εικόνα ή μιας κανονικοποιημένης (raster) δομής απεικόνισης στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Ανάλογα με τη χωρική κλίμακα και την κατανομή των κελιών στην περιοχή μελέτης, διακρίνονται **τρεις κατηγορίες μοντέλων** που λαμβάνουν υπ' όψη το κριτήριο που αναφέρθηκε προηγουμένως. Στην **πρώτη** κατηγορία, η βασική μεταβλητή η οποία αφορά στις τιμές κατάστασης των τύπων κάλυψης γης, αντιμετωπίζεται προσδιοριστικά και αθροιστικά για το σύνολο της περιοχής η οποία θεωρείται ενιαία χωρική ενότητα. Η **δεύτερη** κατηγορία επικεντρώνεται στην κατανομή και ταξινόμηση της βασικής μεταβλητής διαιρώντας την αρχική έκταση σε υπο-περιοχές που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς τύπους κάλυψης γης. Τα μοντέλα της **τρίτης** κατηγορίας εστιάζουν στη χωρική ανάλυση και επομένως στη θέση και χωρική διάταξη και συσχέτιση των φαινομένων που εκτυλίσσονται σε μια περιοχή. Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη των μοντέλων στηρίζεται στο συνδυασμό μεταξύ των τριών κατηγοριών για τη λεπτομερή περιγραφή της δυναμικής συμπεριφοράς του τοπίου.
- 2) Το δεύτερο βασικό κριτήριο που καθορίζει τη λειτουργία ενός μοντέλου κατάστασης (state) - μετάβασης (transition) είναι η επιλογή του τύπου της αναπαράστασης. Τόσο στη χρονική διάσταση όσο και στην απεικόνιση του χώρου, η αναπαράσταση μπορεί να είναι συνεχής ή διακριτή.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, οπότε και αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά, κάποια θεμελιώδη χαρακτηριστικά και σημεία ενδιαφέροντος που συναντά κανείς στα μοντέλα προσομοίωσης στις δυναμικές του τοπίου είναι σύμφωνα με τους Daniel & Frid (2011):

- Ο βαθμός στον οποίο προσομοιώνονται μηχανιστικά κάποιες βασικές διαδικασίες που οδηγούν σε μεταβολές των οικοσυστημάτων όπως η διαδοχή (από φυσικά αίτια) ή η όχληση (από εξωγενείς παράγοντες).
- Η θεώρηση ως προς τις μελλοντικές προβλέψεις. Αν και σε ποιό βαθμό ακολουθείται ντετερμινιστική ή στοχαστική οπτική για ένα σχεδιασμό σε βάθος χρόνου.
- Η κλίμακα της αναπαράστασης σε σχέση με τα επιφανειακά πρότυπα.
- Η ακριβής, κατηγορηματική και λεπτομερής αναπαράσταση των χωρικών συσχετίσεων στην πάροδο του χρόνου.
- Το εύρος των τύπων κάλυψης γης ή φυτοκάλυψης στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν (τα περισσότερα μοντέλα αρχικά αναπτύχθηκαν για δασικούς τύπους οικοσυστημάτων).

2.3.2 Το θεωρητικό πλαίσιο STSM

Μια σημαντική τομή, που τοποθετείται στη δεκαετία του 1990, ήταν η δημιουργία και ανάπτυξη μιας νέας κατηγορίας μοντέλων γνωστών ως μοντέλα κατάστασης και μετάβασης «State-and-Transition Simulation Models (STSM)» που εισήγαγαν ένα καινούριο μεθοδολογικό πλαίσιο (Daniel & Frid, 2011). Η μεθοδολογία STSM στηρίζεται στη χρήση πιθανοτήτων για κάθε υποθετική διαδρομή μετάβασης από και προς διαφορετικούς τύπους κάλυψης γης που είναι δυνατό να καταγραφούν σε μια περιοχή κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Είναι κυρίως εμπειρικά μοντέλα με στοχαστικό προσανατολισμό καθώς οι προβλέψεις τους δεν αποδίδονται με μεμονωμένες τιμές αλλά μέσω κατανομών πιθανοτήτων. Όσον αφορά στη χωρική διάσταση, μπορούν να εφαρμοστούν σε περιοχές διαφορετικού μεγέθους και για κάθε τύπο οικοσυστήματος. Στις προσομοιώσεις των μοντέλων τόσο ο χώρος όσο και ο χρόνος αναπαριστώνται με διακριτές τιμές.

Οι Daniel et al. (2016) παρουσιάζουν τις βασικές αρχές με τις οποίες η μεθοδολογία STSM εξετάζει τη δυναμική εξέλιξη των τοπίων. Η θεωρητική προσέγγιση που ακολουθείται αποτυπώνεται στις παρακάτω παραδοχές – υποθέσεις. Αρχική προϋπόθεση είναι η διαίρεση της χωρικής έκτασης σε ένα σύνολο C από n κελιά προσομοίωσης. Το σχήμα και το μέγεθος των κελιών μπορεί να ποικίλλει, ωστόσο

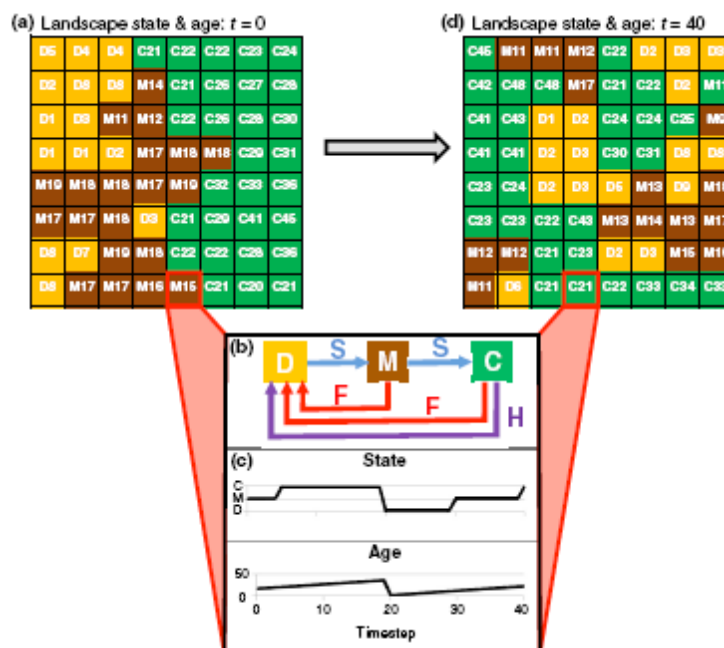
συνήθως ο χώρος αναπαρίσταται με τη μορφή κανονικοποιημένου καννάβου. Η αλλαγή της κατάστασης – τύπου κάλυψης σε κάθε κελί παρουσιάζεται ως μια στοχαστική διαδικασία σε διακριτό χρόνο $\{X_t : t \geq 0\}$ όπου το πεδίο ορισμού της μεταβλητής αποτελεί ένα σύνολο S από r διακριτές τιμές κατάστασης ($X_t \in S$) και t είναι το χρονικό βήμα. Η περιγραφή της μετάβασης μεταξύ των τύπων κάλυψης (ως τιμές της μεταβλητής) για κάθε κελί γίνεται με τη χρήση πιθανοτήτων βήμα προς βήμα όπως συμβαίνει στις ανελίξεις Markov. Οι μεταβάσεις καθορίζονται μέσω μιας πιθανότητας P_{ij} , όπου ο τύπος κάλυψης για κάθε κελί προσομοίωσης X_t , θα μεταβληθεί από τον τύπο i στον τύπο j , με $i, j \in S$. Για κάθε κελί οι πιθανότητες αναπαρίστανται με ένα πίνακα, διαστάσεων $r \times r$, $P = (P_{ij})$.

Σε κάποιες περιπτώσεις είναι σημαντικό να διαχωρίσουμε τους διαφορετικούς τύπους μεταβάσεων μεταξύ των τύπων κάλυψης, όταν δεν είναι εφικτό με τη χρήση των ανελίξεων Markov. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των δασών εμφανίζονται πολλαπλές διαδικασίες οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγή του καθεστώτος κάλυψης όπως είναι η διαδοχή, η εμφάνιση πυρκαγιάς και η υλοτομία. Σε μια αναπαράσταση Markov, η πιθανότητα μετάβασης θα προέκυπτε ως συνδυασμός των τριών παραπάνω διαδικασιών. Ωστόσο, στην προσέγγιση STSM ορίζεται ένα σύνολο U από m διακριτούς τύπους μεταβάσεων για το πλήθος των κελιών με ένα αντίστοιχο πίνακα P για κάθε τύπο μετάβασης k , $k \in U$. Οι μη μηδενικές καταχωρήσεις στον πίνακα P αναφέρονται ως διαδρομές μετάβασης. Με αυτό τον τρόπο, στο παράδειγμα των δασών, αποδίδονται ξεχωριστές πιθανότητες μετάβασης για κάθε μια από τις διαφορετικές διαδικασίες.

Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει αναλυτική έκφραση του προβλήματος, όπως είναι οι περιπτώσεις των προσομοιώσεων, χρησιμοποιείται η μέθοδος Monte Carlo. Η μέθοδος στοχαστικής προσομοίωσης (ή μέθοδος Monte Carlo) είναι μια αριθμητική μέθοδος που στηρίζεται σε επαναλαμβανόμενες τυχαίες δειγματοληψίες για τη μελέτη της συμπεριφοράς ενός συστήματος (Κοτσιέρης, Ευστρατιάδης & Μακρόπουλος, 2016). Μια μεμονωμένη δοκιμή Monte Carlo ξεκινά με την απόδοση αρχικών τιμών για τον τύπο κάλυψης κάθε κελιού (ορίζοντας δηλαδή την τιμή X_0) και χρησιμοποιεί την πιθανότητα μετάβασης P_{ij} ώστε να προσομοιωθεί η κατάσταση X_t κάθε κελιού για διαδοχικά χρονικά βήματα. Προκειμένου να ικανοποιηθεί η

απαίτηση για πολλαπλούς τύπους μεταβάσεων σε κάθε χρονικό βήμα, οι πίνακες P εφαρμόζονται διαδοχικά για κάθε τύπο μετάβασης $k \in U$ για την επικαιροποίηση της κατάστασης των κελιών. Το πλαίσιο STSM χρησιμοποιεί μια επιπλέον κατηγορία μεταβλητών κατάστασης: την ηλικία A κάθε κελιού προσομοίωσης και το χρόνο που μεσολάβησε από την τελευταία αλλαγή που υπέστη (TST – Time since transition) μέσω της ενεργοποίησης αντίστοιχων μετρητών. Σε κάθε κελί αποδίδεται μια αρχική ηλικία (A_0) η οποία στη συνέχεια ενημερώνεται στα χρονικά διαδοχικά βήματα ακολουθώντας τους παρακάτω κανόνες (Daniel et al., 2016):

1. Αν το κελί υπόκειται σε αλλαγή – μετάβαση, τότε μια αντίστοιχη κατανομή πιθανότητας προσδιορίζει την έκβαση της ηλικίας. Οι κατανομές πιθανότητας διαφοροποιούνται από κελί σε κελί καθώς είναι συναρτήσεις των μεταβλητών κατάστασης δηλ. του τύπου κάλυψης, της ηλικίας και του χρόνου TST αλλά και του τύπου της μετάβασης.
2. Αν δεν παρουσιάζεται κάποια αλλαγή – μετάβαση, η ηλικία αυξάνεται κατά μια μονάδα.



Εικόνα 2.7: Η διακριτοποίηση του χώρου, οι μεταβλητές κατάστασης (τύπος κάλυψης, ηλικία) και οι διαδρομές μετάβασης στο εννοιολογικό μοντέλο STSM (Πηγή: Daniel et al., 2016)

Στην Εικόνα 2.7 αποδίδεται σχηματικά η δομή και λειτουργία του θεωρητικού πλαισίου STSM σε ένα δασικό οικοσύστημα σε κανονικοποιημένη διάταξη που

αποτελείται από τρεις τύπους κάλυψης (κωνοφόρα, φυλλοβόλα και μεικτός τύπος) με τις κύριες πιθανές μεταβολές να ορίζονται μέσα από τη διαδοχή (**S**: succession) ως κομμάτι της εξέλιξης του δασικού κύκλου αλλά και της επίδρασης της πυρκαγιάς (**F**: fire). Μία τρίτη μεταβολή (ανθρωπογενούς προέλευσης) που περιγράφεται στο συγκεκριμένο μοντέλο είναι η συγκομιδή (**H**: harvest). Με την απόδοση των κατάλληλων πιθανοτήτων για την πραγματοποίηση των αλλαγών, κάθε κελί λαμβάνει τιμές που ενημερώνονται για κάθε χρονικό βήμα συναρτήσει του τύπου κάλυψης και της ηλικίας.

Κάποιοι τύποι μεταβάσεων (συνήθως όσοι προέρχονται από συστηματική ανθρωπογενή παρέμβαση ή είναι αποτελέσματα διαχειριστικών πλάνων), εκφράζονται καλύτερα ως μεταβολές-στόχοι παρά ως φαινόμενα με δεδομένη πιθανότητα εμφάνισης. Μέσω μιας δυναμικής έκφρασης, οι στόχοι μετατρέπονται σε πιθανότητες μετάβασης κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης αρκεί να είναι γνωστή η έκταση της μεταβολής και η κατάσταση της περιοχής που θα την υποστεί. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται ένα τέτοιο μοντέλο με τη χρήση του υποστηρικτικού λογισμικού ST-Sim για την προσομοίωση της δυναμικής κατάστασης της κάλυψης γης.

2.4 Σύνδεση της κάλυψης γης με διαχειριστικά ζητήματα υδατικών πόρων

2.4.1 Γενικά

Η παρούσα εργασία στηρίζεται στην ταξινόμηση όπως περιγράφηκε στις προηγούμενες ενότητες. Ο βασικός λόγος αυτής της προσέγγισης είναι η δυνατότητα προσαρμογής της σε ζητήματα που σχετίζονται με το αντικείμενο των υδατικών πόρων. Σε ζητήματα διαχειριστικής φύσης παρουσιάζει ερευνητικό ενδιαφέρον η ανταπόκριση του συστήματος κάλυψη γης – καταναλωτικές χρήσεις νερού συνδυάζοντας στοιχεία και δεδομένα από πηγές διαφορετικής προέλευσης. Ωστόσο, για να καταστούν συγκρίσιμα τα μεγέθη θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη χρονική αναγωγή. Τα δεδομένα CORINE καλύπτουν μεγάλες χρονικές περιόδους συνολικού

εύρους 23 ετών. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη περίοδος αλλαγών (1990 - 2000) εκτείνεται στην πρώτη περίοδο 11 ετών και ακολουθούν τα δεδομένα των περιόδων 2000 - 2006 και 2006 - 2012 σε ένα χρονικό βηματισμό 6 ετών για καθεμία. Στους υδατικούς πόρους η διαχείριση εστιάζει σε μικρότερες χρονικές κλίμακες, που εκτείνονται από μερικά λεπτά της ώρας, για ακαριαία πλημμυρικά φαινόμενα που περιορίζονται στο χώρο, μέχρι ετήσια ή υπερετήσια για την κατάστροση σχεδίων και θέσπιση μέτρων σε περιοχές μεγαλύτερης έκτασης (επίπεδο λεκάνης απορροής, Υδατικού Διαμερίσματος, Περιφέρειας κ.α.).

Η ταξινόμηση των τύπων κάλυψης και η διαδικασία κατασκευής των απογραφών αποκαλύπτουν τις γενικές τάσεις και κατευθύνσεις για τους μετασχηματισμούς που πραγματοποιούνται στη γήινη επιφάνεια. Ωστόσο, για την περαιτέρω διερεύνηση των αιτιών και των συνεπειών αυτών των μετασχηματισμών αλλά και για τη σύνδεσή τους με συγκεκριμένες πτυχές της διαχείρισης του νερού, είναι σημαντικό να αυξηθεί η χρονική ανάλυση. Αρχικά γίνεται η παραδοχή ότι ορισμένες μεταβολές ή ροές που αφορούν στην κάλυψη γης, ακολουθούν μια γραμμική συμπεριφορά για κάποιο συγκεκριμένο διάστημα παρατήρησης. Κατά αυτή την έννοια παρουσιάζουν σχετικά σταθερό ρυθμό στον τρόπο με τον οποίο εκτυλίσσονται. Τέτοιου είδους ροή μπορεί να θεωρηθεί η αστικοποίηση (στην περίπτωση των ροών που έχουν οριστεί στην Ενότητα 2.2.3, η αστικοποίηση είναι το άθροισμα των ροών 2 και 3, που σχετίζονται με την επέκταση ή εξάπλωση των τεχνητών επιφανειών). Σε αυτή την κατηγορία μεταβολών μπορεί να ενταχθεί και η επέκταση ή η εγκατάλειψη γης για σκοπούς που σχετίζονται με τη γεωργική δραστηριότητα. Κοινή συνισταμένη είναι η ανθρωπογενής προέλευση τέτοιων διαδικασιών στο βαθμό που μπορεί κανείς να αποδώσει γραμμικά χαρακτηριστικά στην ανθρώπινη συμπεριφορά.

Για τις παραπάνω ροές και για τις σχετικές κατηγορίες κάλυψης, θεωρείται ένας μέσος ετήσιος ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης γης **NFR** (Net Formation Rate),

$$NFR = \frac{NF}{\Delta t} \quad (5)$$

όπου NF (Net Formation) η καθαρή διαμόρφωση γης στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα παρατήρησης Δt . Το διάστημα παρατήρησης αναφέρεται στις τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους (1990 - 2000, 2000 - 2006 και 2006 - 2012). Για

τους συμμετέχοντες τύπους κάλυψης γης, το ετήσιο απόθεμα έκτασης κάλυψης γης **LCt** (Land Cover) γίνεται η υπόθεση ότι ορίζεται από τη σχέση

$$LC_t = LC_{t-1} + NFR \quad (6)$$

με σημεία εκκίνησης, για το αρχικό απόθεμα, τα στιγμιότυπα 1990, 2000 και 2006.

Σε ζητήματα θεματικής λεπτομέρειας αλλά και θεματικής σύνδεσης μεταξύ κάλυψης γης και υδατικών πόρων είναι εμφανές ότι απαιτούνται οι κατάλληλες προσαρμογές. Η μορφή των προσαρμογών επικεντρώνεται στη διαχείριση της ταξινόμησης των 8 ευρέων κατηγοριών και εξαρτάται άμεσα από το θέμα και το σκοπό του εκάστοτε αντικειμένου μελέτης. Η ταξινόμηση πρέπει να ερμηνευθεί κατάλληλα και να λειτουργήσει αμφίδρομα ανάμεσα στα ιεραρχικά επίπεδα λεπτομέρειας. Για παράδειγμα στο πλαίσιο τεχνητές επιφάνειες (υβριδική ταξινόμηση των 8 κατηγοριών) – αστική καταναλωτική χρήση νερού, είναι προτιμότερο να εστιάσει κανείς στη σχέση αστικού ιστού (δεύτερο επίπεδο CORINE) – αστική χρήση νερού για την εξαγωγή ορθότερων συμπερασμάτων. Όπως αναφέρθηκε και στην Ενότητα 2.2.1, κύριος στόχος του υβριδικού συστήματος ταξινόμησης είναι ο εντοπισμός της θεματικής κατηγορίας γης που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από άποψη διεργασιών.

2.4.2 Αστικό περιβάλλον – υδρευτική καταναλωτική χρήση νερού

Οι καταναλωτικές χρήσεις του νερού είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις χρήσεις γης. Μια αστικοποιημένη περιοχή στην οποία συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (στέγαση, εμπόριο, βιομηχανική δραστηριότητα, τουρισμός, υπηρεσίες και κρατικές δομές) παρουσιάζει τις αντίστοιχες απαιτήσεις για νερό κατάλληλης ποσότητας και ποιότητας. Αυτές οι δραστηριότητες αποτελούν τις βασικές συνιστώσες της αστικής υδατικής κατανάλωσης. Στην Ελλάδα, η υδρευτική χρήση είναι θεσμικά κατοχυρωμένη (Νόμος 1739/1987, Νόμος 3199/2003) ως η χρήση νερού με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα. Ενδεικτικά, η ποσοτική της διάσταση εκτιμάται σε μια μέση ετήσια κατανάλωση 920 hm³ (12% της συνολικής κατανάλωσης) ενώ η μέση ημερήσια οικιακή χρήση των μόνιμων κατοίκων ανέρχεται στα 150 - 200 L / ημέρα / κάτοικο (Ευστρατιάδης & Κουτσογιάννης, 2007) ή περίπου

σε 50 - 70 m³ κάτοικο/ έτος. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, παρουσιάζεται μια σύγκριση της ετήσιας κατανάλωσης για αστική χρήση από δεδομένα που διατηρεί και αναπτύσσει η Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat), με στοιχεία κάλυψης γης που αφορούν στην αστικοποίηση υπό το πρίσμα των περιβαλλοντικών απογραφών.

Σύμφωνα με τα δεδομένα κάλυψης γης, ο ελληνικός χώρος παρουσιάζει σημαντική αύξηση της έκτασης των τεχνητών επιφανειών στη διάρκεια των ετών 1990 – 2012 (αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα II). Η εξάπλωση του αστικού ιστού (συνεχούς και ασυνεχούς) αναλύθηκε σε ετήσιο βήμα για να δώσει μια εκτίμηση της επιφάνειας που καταλαμβάνουν αυτές οι κατηγορίες κάλυψης/χρήσης (CLC 1.1.1 και 1.1.2 κατά CORINE). Για το ίδιο χρονικό διάστημα αναζητήθηκαν τα στοιχεία της βάσης δεδομένων της Eurostat σχετικά με την κατανομή του ετήσιου πληθυσμού (κωδικός demo_rjan), του πληθυσμού που έχει πρόσβαση σε νερό από το δημόσιο δίκτυο (κωδικός enw_wat_pop) και την καταναλωτική χρήση νερού από το δημόσιο δίκτυο για τις ανάγκες των νοικοκυριών (κωδικός enw_wat_cat_EP_HH). Έγινε σύγκριση των στοιχείων αυτών με την πυκνότητα των κατοίκων στον αστικό ιστό, σε μια προσπάθεια να συνδυαστούν πληροφορίες από διαφορετικές βάσεις δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή διαγραμμάτων στο Κεφάλαιο 4.

2.4.3 Καλλιέργειες – αρδευτική καταναλωτική χρήση νερού

Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις αποτελούν το βασικό καταναλωτή νερού (~ 80% της συνολικής κατανάλωσης) σε ένα εποχιακά μεταβαλλόμενο καθεστώς ζήτησης. Η εκτίμηση της ποσότητας αρδευτικού νερού επικεντρώνεται στην ανάλυση δύο μεγεθών: (α) των θεωρητικών αρδευτικών αναγκών και (β) των πραγματικών αναγκών καλλιέργειας. Κάνοντας τις απαραίτητες παραδοχές, διερευνήθηκε η σχέση καλλιεργούμενης επιφάνειας, όπως προκύπτει από την ανάλυση των απογραφών κάλυψης γης, με τις αντίστοιχες θεωρητικές αρδευτικές ανάγκες σε τρία Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας (Θεσσαλία, Θράκη και Δυτική Πελοπόννησος) με έντονη γεωργική δραστηριότητα για την περίοδο 1990 – 2012.

Οι θεωρητικές ανάγκες μιας καλλιέργειας αντιστοιχούν στην ποσότητα νερού που απαιτείται για την πλήρη ανάπτυξή της σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και

ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Σε ξηρές κλιματικές συνθήκες, οι θεωρητικές υδατικές ανάγκες ταυτίζονται με τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή (PET). Σύμφωνα με τη μεθοδολογία Blaney – Criddle (1962), ο προσδιορισμός της PET από κλιματικά δεδομένα και δεδομένα φυτοκάλυψης, εξαρτάται κυρίως από το είδος της καλλιέργειας που αντιστοιχεί σε κατάλληλους φυτικούς συντελεστές, το στάδιο της ανάπτυξης και την εποχή. Το 1989, εκδόθηκε η ΚΥΑ Φ 16/6631/89 (ΦΕΚ Β' 428) για τον προσδιορισμό των ορίων στην αρδευτική χρήση νερού στα Υδατικά Διαμερίσματα (ΥΔ) της Ελλάδας βασιζόμενη στη μεθοδολογία Blaney – Criddle.

Στο Παράρτημα I της ΚΥΑ παρουσιάζονται οι θεωρητικές ανάγκες σε νερό ανά ΥΔ και κατηγορία καλλιεργειών για το αρδευτικό εξάμηνο (περίοδος Απριλίου – Σεπτεμβρίου). Τα όρια αναφέρονται σε μηνιαίες ποσότητες νερού ($m^3/στρέμμα$) για διαφορετικούς τύπους καλλιέργειας ανάλογα με το φυτικό συντελεστή K (Παράρτημα II της ΚΥΑ). Στο πλαίσιο της εργασίας, επιλέγηκαν τα ΥΔ Θεσσαλίας, Θράκης και Δυτικής Πελοποννήσου ενώ οι τύποι καλλιεργειών που μελετήθηκαν είναι (με ορολογία CORINE) οι ορυζώνες (CLC 2.1.3), οι αμπελώνες (CLC 2.2.1), τα οπωροφόρα δένδρα (CLC 2.2.2) και οι ελαιώνες (CLC 2.2.3.). Για να γίνει η ετήσια προσαρμογή του αποθέματος έκτασης κάλυψης γης (LC_i), εκτιμήθηκε η μέση ετήσια ποσότητα νερού D_k για το αρδευτικό εξάμηνο ως το άθροισμα των μέσων μηνιαίων ποσοτήτων ανά κατηγορία καλλιέργειας και ΥΔ. Οι συνολικές ετήσιες θεωρητικές ανάγκες των καλλιεργειών για κάθε ΥΔ υπολογίστηκαν ως

$$TD_i = LC_{i(O)} \cdot D_O + LC_{i(A)} \cdot D_A + LC_{i(O\Delta)} \cdot D_{O\Delta} + LC_{i(E)} \cdot D_E \quad (7)$$

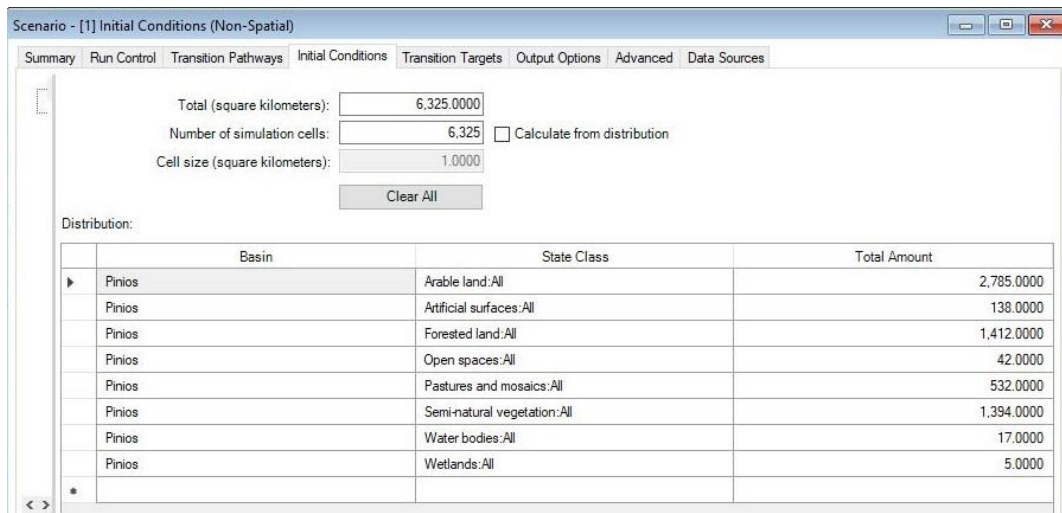
όπου LC η συνολική έκταση των καλλιεργειών με όρους κάλυψης γης, D η μέση ετήσια ποσότητα νερού για το αρδευτικό εξάμηνο ενώ οι δείκτες αναφέρονται στα είδη των καλλιεργειών (O = ορυζώνες, A= αμπελώνες, OΔ = οπωροφόρα δένδρα και E = ελαιώνες).

Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση του λογισμικού προσομοίωσης της δυναμικής συμπεριφοράς του τοπίου και η περιοχή μελέτης

3.1 Το πρόγραμμα ST-Sim

Το πρόγραμμα ST-Sim είναι ένα λογισμικό υποστήριξης στο πλαίσιο του θεωρητικού υποβάθρου της προσομοίωσης των δυναμικών μεταβολών τοπίου. Η πρώτη έκδοσή του κυκλοφόρησε το 2013 με την υποστήριξη διάφορων οργανισμών (μεταξύ των οποίων οι U.S. Geological Survey και U.S Forest Service στις Η.Π.Α). Το λογισμικό αυτό δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να αναπτύξουν και να εκτελέσουν κατάλληλα μοντέλα στοχαστικής προσομοίωσης με σκοπό την ανάλυση και περιγραφή των δυναμικών αλλαγών στις συνθήκες κάλυψης/χρήσης γης στο τοπίο μιας περιοχής. Αξιοποιώντας το λογισμικό ST-Sim, κατασκευάστηκε ένα απλό μοντέλο με σκοπό να αποδίδει τα χαρακτηριστικά της δυτικής περιοχής της λεκάνης απορροής του Πηνειού βασισμένο σε στοιχεία κάλυψης/χρήσης γης. Τα στοιχεία αυτά προέκυψαν από τη βάση δεδομένων CORINE Land Cover καθώς και από την ανάλυση των απογραφών που έγιναν για το διάστημα 1990-2012.

Η περιοχή μελέτης καλύπτει μια έκταση 6325 km^2 η οποία διαιρέθηκε σε 6325 κελιά προσομοίωσης μεγέθους $1 \times 1 \text{ km}^2$. Οι προσομοιώσεις διεξήχθησαν για ένα χρονικό ορίζοντα 40 ετών σε ετήσιο βήμα, λαμβάνοντας υπόψη αρχικές συνθήκες κάλυψης που αντιστοιχούν στο έτος 2012. Οι προσομοιώσεις προγραμματίστηκαν για 200 επαναλήψεις Monte Carlo. Κάθε κελί χαρακτηρίζεται από τρεις τυχαίες μεταβλητές κατάστασης που υπολογίζονται για κάθε χρονικό βήμα της προσομοίωσης. Η πρώτη μεταβλητή αφορά τον τύπο κάλυψης γης του κάθε κελιού σύμφωνα με την ευρεία ταξινόμηση που αναλύθηκε στην Ενότητα 2.2.1. Ο ορισμός της κατάστασης κάλυψης των κελιών στο περιβάλλον ST-Sim καθώς και η αρχική έκταση που καταλαμβάνουν φαίνεται στην Εικόνα 3.1.

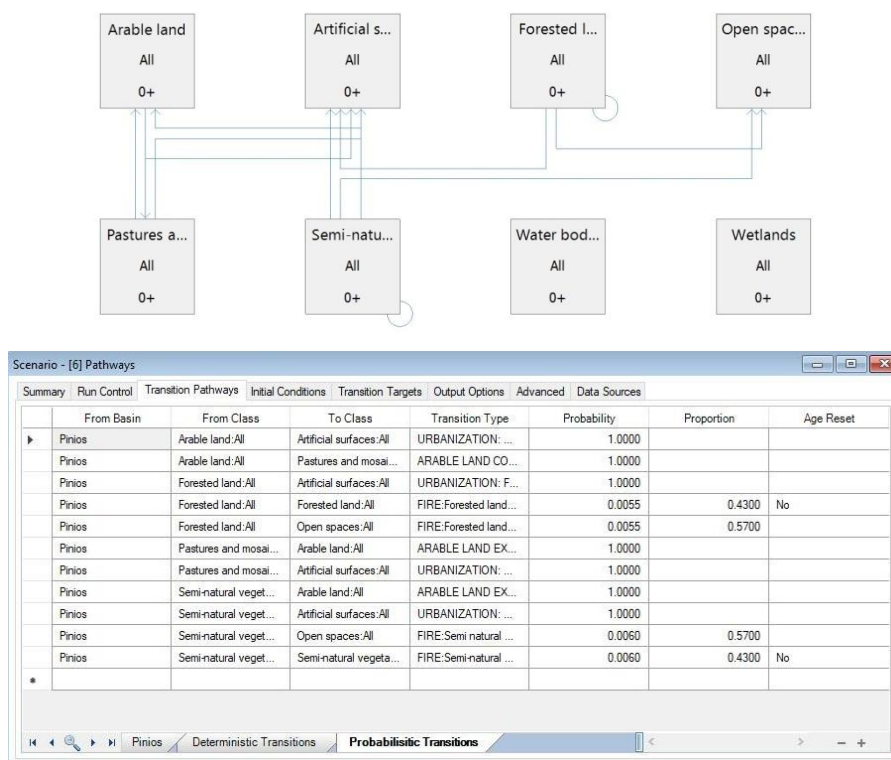


Εικόνα 3.1: Ορισμός των αρχικών συνθηκών στο περιβάλλον ST-Sim

Η δεύτερη και η τρίτη μεταβλητή κατάστασης σχετίζονται με την ηλικία και το χρόνο που μεσολάβησε από την τελευταία αλλαγή (TST) για κάθε κελί. Δεν προσδιορίστηκαν τιμές για αυτές τις μεταβλητές καθώς χρειάζονται ειδικές παρατηρήσεις για τη φυσιολογία συγκεκριμένων τύπων κάλυψης ή μεταβολών σε προγραμματισμένο χρονικό ορίζοντα, αλλά επιλέχτηκαν με τυχαία δειγματοληψία για κάθε επανάληψη θέτοντας ωστόσο ως ανώτατο όριο ηλικίας τα 100 χρόνια για κάθε κελί.

Οι διαδρομές μετάβασης διαμορφώθηκαν από την ανάλυση των περιβαλλοντικών απογραφών κατά αντιστοιχία με τις κύριες ροές γης που παρατηρήθηκαν στην περιοχή. Η εξάπλωση αστικού ιστού και η εξάπλωση χώρων οικονομικής δραστηριότητας ομαδοποιήθηκαν σε μια ενιαία διαδρομή που ονομάστηκε αστικοποίηση (urbanization). Αντίστοιχα ορίστηκε η εξάπλωση και η υποχώρηση καλλιεργήσιμης γης (arable land expansion & contraction) ως τμήματα των ροών 4 και 5 (βλ Ενότητα 2.2.3) οι οποίες περιγράφουν τη γεωργική δραστηριότητα. Τέλος, συμπεριλήφθηκε το φαινόμενο της πυρκαγιάς ως πιθανή διαδρομή μετάβασης μεταξύ των κατηγοριών του δάσους, της σκληροφυλλικής βλάστησης και των γυμνών εδαφών. Η πυρκαγιά, που θα αναλυθεί περισσότερο στη συνέχεια, διακρίνεται σε χαμηλής σοβαρότητας (δεν αλλάζει το χαρακτήρα κάλυψης της περιοχής στην οποία εκδηλώνεται) και υψηλής σοβαρότητας (στην περίπτωση αυτή αλλάζει ο χαρακτήρας της πληγείσας περιοχής και μετατρέπεται σε επιφάνεια με λίγη ή καθόλου βλάστηση).

Η σχηματοποίηση των διαδρομών καθώς και η σύνδεσή τους με τις κατηγορίες κάλυψης παρουσιάζονται στις Εικόνες 3.2 και 3.3.



Εικόνες 3.2 & 3.3: Οι διαδρομές-ανταλλαγές της κάλυψης γης και η πιθανότητα εμφάνισης για καθεμία.

Η αστικοποίηση και η εξάπλωση/μείωση καλλιεργήσιμης γης προσδιορίστηκαν ως μεταβολές – στόχοι. Στο πλαίσιο των στόχων, καθιερώθηκε ένα ετήσιο ανώτατο όριο μεγέθους επιφάνειας που υπόκειται σε αλλαγή κατά τη διάρκεια των προσομοιώσεων. Από τα δεδομένα των περιβαλλοντικών απογραφών υπολογίστηκε ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής των εκτάσεων που συμμετέχουν τις αντίστοιχες ροές γης κατά τις χρονικές περιόδους 1990 – 2000, 2000 – 2006 και 2006 – 2012. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα άνω και κάτω όρια αυτών των εκτιμήσεων για την παραγωγή τυχαίων αριθμών που θα τροφοδοτούν το μοντέλο με το στόχο επιφάνειας, δειγματοληπτικά από ομοιόμορφη κατανομή, σε κάθε χρονικό βήμα και κύκλο πραγματοποίησης των προσομοιώσεων. Θεωρήθηκε ότι κάθε στόχος ποσότητας επιφάνειας έχει την ίδια ετήσια πιθανότητα να εμφανιστεί, με την προϋπόθεση ότι ανήκει στο διάστημα εμπιστοσύνης γύρω από την εκτίμηση τις μέσης τιμής που προέκυψε από τις περιβαλλοντικές απογραφές κάλυψης γης.

| Iteration | Year | Transition Group | Target Area (Square Kilometers) |
|-----------|------|--|---------------------------------|
| 1 | 2013 | ARABLE LAND CONTRACTION: Ara... | 0.1139 |
| 1 | 2013 | ARABLE LAND EXPANSION: Pastur... | 0.2762 |
| 1 | 2013 | ARABLE LAND EXPANSION: Semi-n... | 0.0076 |
| 1 | 2013 | URBANIZATION: Arable land->Artifi... | 0.1035 |
| 1 | 2013 | URBANIZATION: Forested land->Artifi... | 0.0910 |
| 1 | 2013 | URBANIZATION: Pastures and mosai... | 0.0553 |
| 1 | 2013 | URBANIZATION: Semi-natural veget... | 0.2056 |
| 1 | 2014 | ARABLE LAND CONTRACTION: Ara... | 0.1385 |
| 1 | 2014 | ARABLE LAND EXPANSION: Pastur... | 0.0099 |
| 1 | 2014 | ARABLE LAND EXPANSION: Semi-n... | 0.0451 |
| 1 | 2014 | URBANIZATION: Arable land->Artifi... | 0.1532 |
| 1 | 2014 | URBANIZATION: Forested land->Artifi... | 0.0419 |
| 1 | 2014 | URBANIZATION: Pastures and mosai... | 0.0522 |
| 1 | 2014 | URBANIZATION: Semi-natural.venet | 0.2213 |

Disable editing and load only the first 1000 records

Εικόνα 3.4: Η εισαγωγή του μεγέθους των μεταβολών- στόχων στο περιβάλλον ST-Sim για κάθε χρονικό βήμα και επανάληψη

Στην προσομοίωση του φαινομένου της πυρκαγιάς ακολουθήθηκε διαφορετική προσέγγιση. Καθώς οι υπόλοιπες διαδρομές μετάβασης εκφράστηκαν ως μεταβολές μέσω ενός ετήσιου στόχου, η πιθανότητα εμφάνισής τους σε κάθε ετήσιο βήμα είναι βέβαιη. Για τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης καμένων εκτάσεων, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας του Νομού Λάρισας από το 2000 έως το 2010. Εκτιμήθηκε ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των περιστατικών που καταγράφηκαν στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για τις κατηγορίες των δασών και των χορτολιβαδικών εκτάσεων με στόχο τον προσδιορισμό ενός ετήσιου μεγέθους πληγείσας έκτασης. Γίνεται η παραδοχή ότι το μοντέλο προσομοιώνει μια ενιαία πυρκαγιά (ως το άθροισμα των επιμέρους πυρκαγιών) για ολόκληρη την περιοχή με διαφορετικό μέγεθος σε κάθε χρονικό βήμα. Το μέγεθος αυτό προκύπτει δειγματοληπτικά από τυχαίους αριθμούς που ακολουθούν κανονική κατανομή με το μέσο όρο και την τυπική απόκλιση του ιστορικού δείγματος. **Η πιθανότητα εμφάνισης καμένων εκτάσεων ή η πιθανότητα εκδήλωσης της ενιαίας πυρκαγιάς** προσδιορίστηκε ως το ποσοστό της συνολικά καμένης έκτασης προς το σύνολο της έκτασης της κάθε κατηγορίας στη χρονική περίοδο των δεδομένων της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας. Για την αναγωγή στο ετήσιο βήμα, η πιθανότητα διαιρέθηκε με το διάστημα των 10 ετών ώστε να δοθεί μια εκτίμηση της μέσης ετήσιας πιθανότητας εκδήλωσης της ενιαίας πυρκαγιάς. Οι πιθανές εκδηλώσεις πυρκαγιάς έπρεπε να διακριθούν σε χαμηλής και υψηλής σοβαρότητας αντίστοιχα και για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την

έκδοση «Δασικές πυρκαγιές Θεσσαλίας 1983 – 2005» (Τσαγκάρη, Καρέτσος & Προύτσος, 2011). Η κατανομή των μορφών πυρκαγιάς για το νομό Λάρισας παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.5. Υψηλής σοβαρότητας θεωρήθηκαν οι μικτές μορφές πυρκαγιάς σε συνδυασμό με τις επικόρυφες (περίπου το 57 % των περιστατικών) ενώ ως χαμηλής σοβαρότητας χαρακτηρίστηκαν οι εδαφικές και οι έρπουσες (το 43 % των περιστατικών).

| Μορφή πυρκαγιάς | Περιστατικά | | Έκταση | |
|--------------------|-------------|------|---------|------|
| | πλήθος | % | στρ. | % |
| Εδάφους | 94 | 12,7 | 51.305 | 9,5 |
| Έρπουσα | 122 | 29,9 | 92.370 | 17,1 |
| Επικόρυφη | 18 | 2,4 | 9.499 | 1,8 |
| Μικτή | 408 | 55,0 | 385.897 | 71,6 |

Εικόνα 3.5: Οι διαφορετικές μορφές πυρκαγιών στο Ν. Λάρισα

Παράλληλα, το περιβάλλον ST-Sim δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής της κατανομής της συχνότητας του μεγέθους των ιστορικών πυρκαγιών με αποτέλεσμα η έκταση του φαινομένου να προσαρμόζεται καλύτερα στα συλλεχθέντα δεδομένα (Εικόνα 3.6).

| Transition Group | Maximum Area (Square Kilometers) | Relative Amount |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| FIRE: Forested land | 0.5000 | 43.0000 |
| FIRE: Forested land | 1.0000 | 9.0000 |
| FIRE: Forested land | 2.0000 | 5.0000 |
| FIRE: Forested land | 4.0000 | 4.0000 |
| FIRE: Forested land | 8.0000 | 0.0000 |
| FIRE: Forested land | 10.0000 | 1.0000 |
| FIRE: Forested land | 15.0000 | 1.0000 |
| FIRE: Semi-natural vegetation | 0.5000 | 66.0000 |
| FIRE: Semi-natural vegetation | 1.0000 | 9.0000 |
| FIRE: Semi-natural vegetation | 2.0000 | 3.0000 |
| FIRE: Semi-natural vegetation | 4.0000 | 4.0000 |
| FIRE: Semi-natural vegetation | 8.0000 | 0.0000 |
| FIRE: Semi-natural vegetation | 10.0000 | 1.0000 |

Εικόνα 3.6: Η συχνότητα του μεγέθους των πυρκαγιών για τις περιοχές των δασών και της σκληροφυλλικής βλάστησης

Το μοντέλο που κατασκευάστηκε δεν ενσωματώνει τη χωρική μεταβλητότητα του τοπίου αλλά παρέχει προβλέψεις για τη συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι τύποι κάλυψης/χρήσης γης στη διάρκεια του χρόνου. Η κατάσταση κάθε κελιού προσομοιώνεται ανεξάρτητα από τη θέση του στο χώρο ή σε σχέση με τα υπόλοιπα κελιά προσομοίωσης.

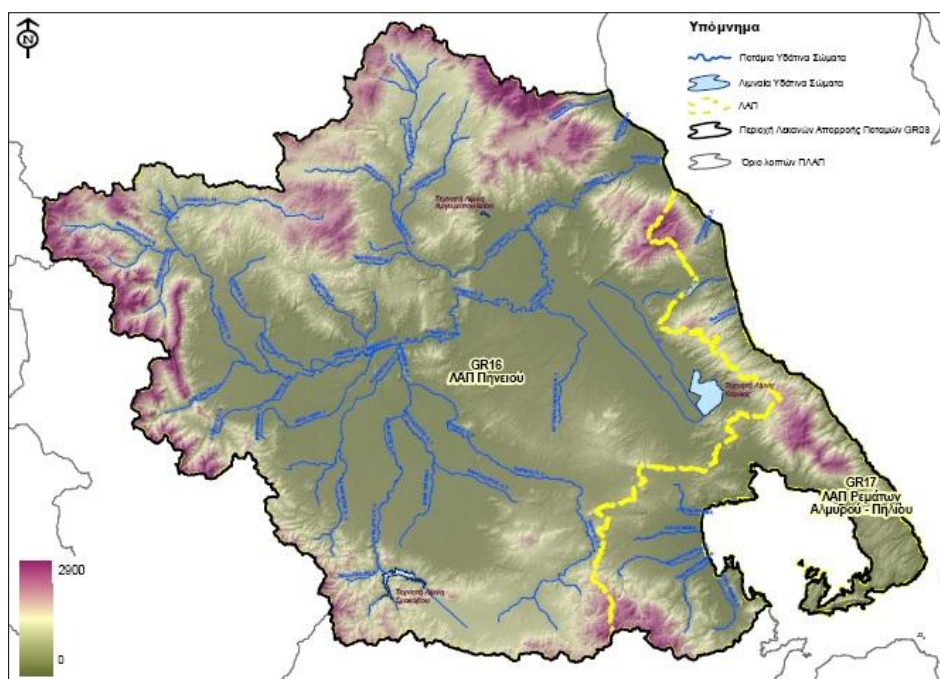
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι δυνατόν να εμφανιστούν με μορφή διαγραμμάτων όπου ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ πολλαπλών δεδομένων εξόδου που περιλαμβάνουν:

- τον τύπο κάλυψης και τη συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει σε κάθε χρονικό βήμα της προσομοίωσης,
- τη χρονική εξέλιξη και το μέγεθος των διαδρομών μετάβασης,

ως μέσες τιμές των επαναλήψεων, ορίζοντας άνω και κάτω ποσοστημόρια για την απόδοση του εύρους των αποτελεσμάτων.

3.2 Η λεκάνη απορροής του Πηνειού

Η λεκάνη του ποταμού Πηνειού αποτελεί μια ενιαία λεκάνη η οποία εντάσσεται, μαζί με την υπολεκάνη των ρεμάτων Αλμυρού – Πηλίου, στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας (GR08) (Εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7: Η ΛΑΠ Πηνειού (GR 16), η ΛΑΠ Ρεμάτων Αλμυρού – Πηλίου (GR 17) και το κύριο υδρογραφικό δίκτυο στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Το 2006, στο πλαίσιο του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής των ποταμών Πηνειού και Αχελώου, που στηρίχθηκε στη μελέτη του ΥΠΕΧΩΔΕ με τίτλο

«Διαχειριστική Μελέτη Υδατικών Πόρων Λεκάνης Απορροής Πηνειού», η λεκάνη απορροής του Πηνειού χωρίζεται σε τρεις μεγάλες διαχειριστικές ενότητες. Η πρώτη μεγάλη διαχειριστική ενότητα αφορά στη λεκάνη απορροής του Πηνειού που βρίσκεται ανάντη της θέσης «Αμυγδαλιά», η οποία καλείται και Δυτική Θεσσαλία ή Δυτική περιοχή, και αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Οι δύο υπόλοιπες διαχειριστικές ενότητες περιλαμβάνουν τη λεκάνη απορροής του Πηνειού κατάντη της θέσης «Αμυγδαλιά» (Ανατολική Θεσσαλία ή Ανατολική περιοχή), συμπεριλαμβανομένης και της λεκάνης της λίμνης Κάρλα, και τη λεκάνη απορροής του ποταμού Τιταρήσιου.

Στην υδρογεωλογική μελέτη (τεύχος Α) του έργου «Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας – Θράκης και Θεσσαλίας» (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2013) σημειώνεται πως η ανάπτυξη των δύο κύριων πεδινών εκτάσεων της Ανατολικής και Δυτικής Θεσσαλίας που διαχωρίζονται από το χαμηλό Χαλκηδόνιο όρος και τους λόφους της Ταουσάνης και η κατασκευή, κατά το παρελθόν, του βασικού αποστραγγιστικού δικτύου εντός της πεδινής ζώνης έχει ως αποτέλεσμα τη δυσκολία διαχωρισμού των επιμέρους υπολεκανών του Πηνειού ιδιαίτερα σε αυτό το τμήμα. Η έννοια της διακριτής υπολεκάνης, συγκεκριμένα στη Δυτική Θεσσαλία, αναφέρεται μόνο στην ορεινή περιοχή πριν οι παραπόταμοι του Πηνειού εισέλθουν στην πεδινή ζώνη όπου αναπτύσσονται οι υπόγειες προσχωματικές υδροφορίες. Στην πεδινή αυτή ζώνη τα ποτάμια, παραπόταμοι του Πηνειού, μαζί με τις αποστραγγιστικές τάφρους συνθέτουν ένα σύστημα αποστράγγισης χωρίς να διαχωρίζονται πλέον οι επιμέρους λεκάνες της ορεινής ζώνης.

Οι κύριες υπολεκάνες που σχηματίζουν οι παραπόταμοι του Πηνειού στη Δυτική Θεσσαλία είναι :

- Οι υπολεκάνες του Πορταϊκού και του Παμίσου στο δυτικό όριο.
- Η υπολεκάνη του Σοφαδίτη (όπου εκφορτίζεται τμήμα της λεκάνης Ξυνιάδας – Δομοκού) και καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση του νοτιοδυτικού τμήματος.
- Η υπολεκάνη του Ενιπέα (όπου εκφορτίζεται τμήμα της λεκάνης Ξυνιάδας – Δομοκού) στα νοτιοανατολικά όρια της περιοχής.



Εικόνα 3.8: Ο κύριος κλάδος του Πηνειού και οι υπολεκάνες της Δυτικής Περιοχής

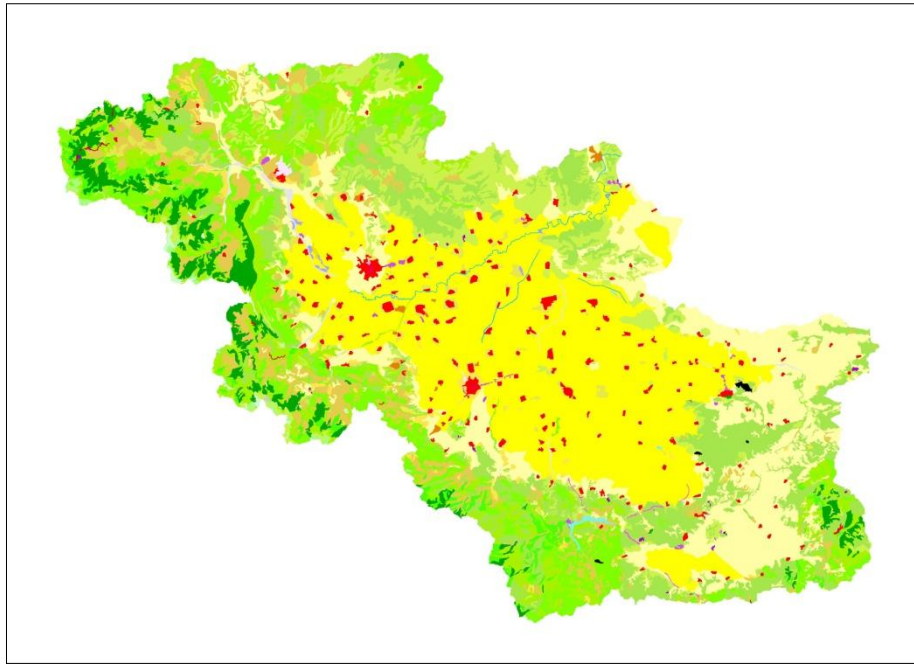
Υδρογεωλογικά στη Δυτική Θεσσαλία δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ της ζώνης του ποταμού Ενιπέα και των άλλων παραποτάμων του Πηνειού στο νότιο ανάπτυγμα της πεδιάδας (Σοφαδίτης, Φαρσαλιώτης, Καλέντζης). Η μόνη σαφής διαφοροποίηση, υδρολογική και υδρογεωλογική ως προς το επίπεδο υπολεκανών αποτελούν οι λεκάνες Ξυνιάδας – Δομοκού και Καλλιπεύκης που η μεν πρώτη τροφοδοτεί τους ποταμούς Ενιπέα και Σοφαδίτη στη Δυτική πεδιάδα η δε δεύτερη τον κύριο κλάδο του ποταμού Πηνειού μετά την έξοδο του από την Ανατολική πεδιάδα.

Συνοπτικά, με βάση τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το διαχειριστικό σχέδιο του ΥΠΕΧΩΔΕ (Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής των ποταμών Πηνειού και Αχελώου, 2006), η δυτική περιοχή (ανάντη της Αμυγδαλιάς) είναι η σημαντικότερη από πλευράς διαθέσιμων πόρων αλλά και η περιοχή με τις μεγαλύτερες καταναλώσεις. Ο κύριος κλάδος του Πηνειού και το σύνολο των σημαντικών παραποτάμων (εκτός του Τιταρήσιου) διατρέχουν τη Δυτική Θεσσαλική πεδιάδα και συμβάλλουν ανάντη της Αμυγδαλιάς. Η ύπαρξη αυτού του πλούσιου δικτύου ποταμών ευνοεί τον εμπλουτισμό των υπογείων υδροφόρων οριζόντων της

Δυτικής πεδιάδας από κατεισδύσεις κατά μήκος των κοιτών με τις σημαντικότερες να σημειώνονται στους κώνους αποθέσεων από πιο αδρομερή υλικά που έχουν δημιουργηθεί στις περιοχές όπου οι ορεινές κοίτες συναντούν την πεδιάδα. Εμπλουτισμός των υπογείων υδροφόρων γίνεται επίσης και με υπόγειες πλευρικές διηθήσεις κατά μήκος των επαφών του πεδινού προσχωματικού με τους γύρω ορεινούς όγκους. Στην πραγματικότητα, ο διαχωρισμός των υδατικών πόρων σε επιφανειακούς και υπόγειους δεν είναι τόσο σαφής. Στη Δυτική πεδιάδα, η σχέση μεταξύ επιφανειακών απορροών και υπογείων νερών είναι πολύ στενή. Στα ανάντη της πεδιάδας, οι υδροφόροι εμπλουτίζονται από επιφανειακές απορροές, ενώ στα κατάντη υπάρχουν εκφορτίσεις των υπογείων νερών οι οποίες ενισχύουν την επιφανειακή ροή. Η σχέση αυτή είναι ιδιαίτερα στενή και αμφίδρομη επειδή η δυτική πεδιάδα θεωρείται πρακτικά υδρογεωλογικά κλειστή, χωρίς αξιόλογες υπόγειες διαφυγές.

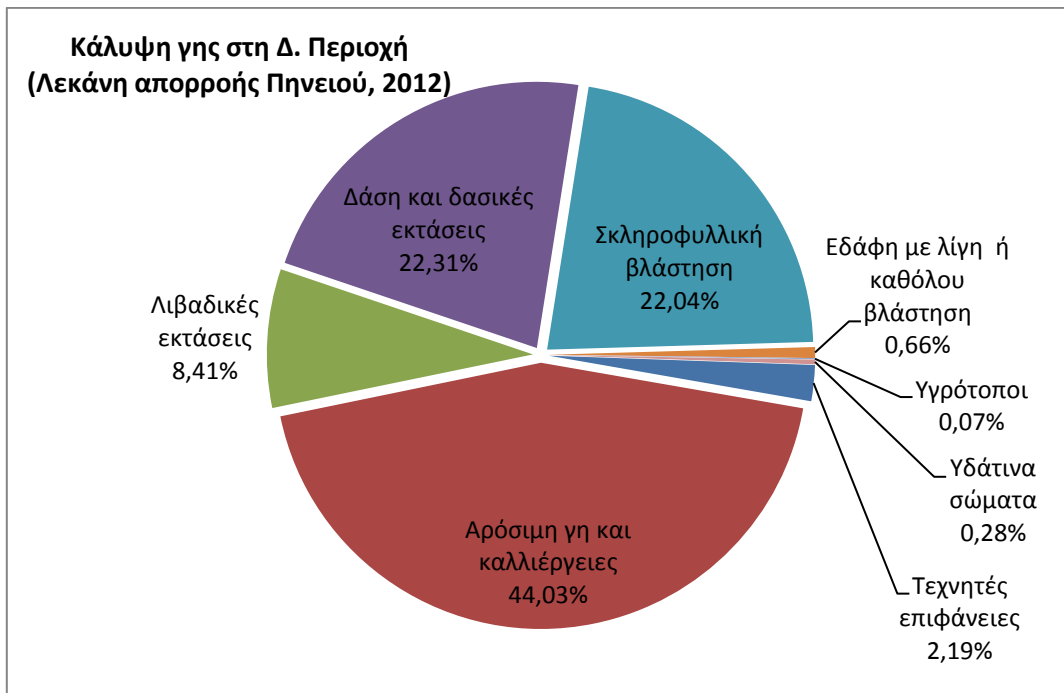
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, είναι δυνατόν να υποθέσει κανείς ότι η απορροή που παρατηρείται μέσα σε ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (σειρά ετών) στη θέση Αμυγδαλιά περιλαμβάνει το σύνολο σχεδόν των απορροών της ανάντη λεκάνης της Δυτικής Θεσσαλίας, είτε αυτές προέρχονται από καθαρά επιφανειακές απορροές είτε από εκφορτίσεις των υπογείων υδροφορέων.

Οι συνθήκες κάλυψης γης της περιοχής βρίσκονται στο επίκεντρο της μελέτης της μεταπτυχιακής εργασίας. Από τα δεδομένα CORINE που παρέχει και διαχειρίζεται ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (European Environment Agency) σε μορφή αρχείων shapefile, η έκταση της περιοχής μελέτης καλύπτει 6325 km² (Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.9: Η κάλυψη γης κατά CORINE για την περιοχή μελέτης στο τρίτο επίπεδο λεπτομέρειας (2012)

Σύμφωνα με την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων, η έκταση των 8 κατηγοριών κάλυψης/χρήσης γης για το έτος 2012 διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.1.



Διάγραμμα 3.1: Η ποσοστιαία κατανομή της κάλυψης γης

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

4.1 Αποτελέσματα απογραφών στη λεκάνη του Πηνειού

Η εξέλιξη της κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης (Δυτική Περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού) παρουσιάζεται σε συγκεντρωτικούς πίνακες που κατασκευάστηκαν για τις τρεις χρονικές περιόδους παρατήρησης (1990 – 2000, 2000 – 2006 και 2006 – 2012).

4.1.1 Ανάλυση των μεταβολών και της απογραφής (Πίνακες 4.1 – 4.2, Περίοδος 1990 – 2000)

Η συνολική μεταβολή στην κάλυψη γης την περίοδο 1990 – 2000 προσεγγίζει τα 71 km² (Πίνακας 4.1). Αυτή είναι η συνολική ποσότητα εμβαδού που καταναλώθηκε από το σύνολο των κατηγοριών (με αφετηρία το έτος 1990) για να διαμορφωθούν στη διάρκεια της χρονικής περιόδου νέες κατηγορίες επιφανειών που καταλήγουν στην τελική σύνθεση της κάλυψης γης το έτος 2000. Ως κατηγορίες με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στον κύκλο εργασιών εμφανίζονται τα δάση και η σκληροφυλλική βλάστηση με εκτάσεις που αγγίζουν τα 40 km² και 12 km² για τη διαδικασία των διαμορφώσεων, και 43 km² και 14 km² για τη διαδικασία των καταναλώσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των δασών τα 40 km² συμμετέχουν σε μεταβολές που γίνονται εντός της ευρύτερης κατηγορίας. Μόνο τα καταναλισκόμενα 3 km² διαφεύγουν προς άλλες κατηγορίες. Εσωτερική δραστηριότητα εμφανίζεται και στις κατηγορίες της αρόσιμης γης και των λιβαδικών εκτάσεων με 0,29 km² και 0,12 km² αντίστοιχα. Πρόκειται για στροφή των ιδιοκτητών σε άλλους τύπους καλλιέργειας ή διαφορετικούς τρόπους εκμετάλλευσης της γεωργικής γης χωρίς όμως να αλλάζει ουσιαστικά το καθεστώς χρήσης.

Πίνακας 4.1: Οι μεταβολές στην κάλυψη γης σε km²
(Δυτική Περιοχή - λεκάνη απορροής Πηνειού, 1990 - 2000)

| | <u>2000</u> | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|
| <u>1990</u> | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα | <u>Συν. Κατανάλωση</u> |
| Τεχνητές επιφάνειες | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Αρόσιμη γη | 1,18 | 0,29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,47 |
| Λιβαδικές εκτάσεις | 0,55 | 5,02 | 0,12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,69 |
| Δάση | 1,50 | 0 | 0,47 | 40,27 | 1,29 | 0 | 0 | 0 | 43,53 |
| Σκληρ. βλάστηση | 1,62 | 2,60 | 0,10 | 0 | 4,43 | 5,31 | 0 | 0 | 14,07 |
| Γυμνά εδάφη | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,46 | 0 | 0 | 0 | 6,46 |
| Υγρότοποι | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Υδ. σώματα | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| <u>Συνολ. Διαμόρφωση</u> | 4,85 | 7,91 | 0,69 | 40,27 | 12,18 | 5,31 | 0,00 | 0,00 | 71,21 |

Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζεται αναλυτικά η απογραφή κάλυψης γης της περιόδου 1990 – 2000. Οι βασικές σχέσεις που απαρτίζουν τον πίνακα απογραφών παρουσιάζονται για κάθε κατηγορία ξεχωριστά με την προσθήκη του σχετικού τους μεγέθους ως ποσοστό της αρχικής επιφάνειας που καταλαμβάνουν. Η μεγαλύτερη αύξηση επιφάνειας εμφανίζεται στην κατηγορία των τεχνητών επιφανειών (ποσοστό 3,8%) ενώ η μεγαλύτερη μείωση στις περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση (ποσοστό 2,6%). Επίσης, οι γυμνές από βλάστηση επιφάνειες συμμετέχουν σε ποσοστό 26,2% (σε σχέση με τη συνολική αρχική επιφάνειά τους) στον κύκλο εργασιών. Συνολικά, το αρχικό καθεστώς κάλυψης του τοπίου διατηρείται ως έχει σε ποσοστό 98,9%.

Πίνακας 4.2: Η απογραφή κάλυψης γης στη Δυτική Περιοχή σε km² (1990 -2000)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρό- τοποι | Υδ. σώματα | Συνολ. επιφάνεια |
|--|------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|
| Κάλυψη Γης 1990 | 126,34 | 2783,45 | 540,37 | 1416,81 | 1397,70 | 44,88 | 4,67 | 11,21 | 6325,42 |
| Κατανάλωση αρχ. τύπου κάλυψης | 0,00 | 1,47 | 5,69 | 43,53 | 14,07 | 6,46 | 0,00 | 0,00 | 71,21 |
| Τελ. διαμόρφωση τύπου κάλυψης | 4,85 | 7,91 | 0,69 | 40,27 | 12,18 | 5,31 | 0,00 | 0,00 | 71,21 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση | 4,85 | 6,44 | -5,00 | -3,26 | -1,89 | -1,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση (% του αρχ. έτους) | 3,8% | 0,2% | -0,9% | -0,2% | -0,1% | -2,6% | 0,0% | 0,0% | |
| Κύκλος εργασιών | 4,85 | 9,37 | 6,38 | 83,80 | 26,24 | 11,77 | 0,00 | 0,00 | 142,42 |
| Κύκλος εργασιών (% του αρχ. έτους) | 3,8% | 0,3% | 1,2% | 5,9% | 1,9% | 26,2% | 0,0% | 0,0% | 2,3% |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης | 126,34 | 2781,98 | 534,68 | 1373,28 | 1383,63 | 38,42 | 4,67 | 11,21 | 6254,21 |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης (% του αρχ. έτους) | 100,0% | 99,9% | 98,9% | 96,9% | 99,0% | 85,6% | 100,0% | 100,0% | 98,9% |
| Κάλυψη Γης 2000 | 131,20 | 2789,88 | 535,37 | 1413,55 | 1395,81 | 43,73 | 4,67 | 11,21 | 6325,42 |

4.1.2 Ανάλυση των καθαρών διαμορφώσεων γης (Πίνακες 4.3 – 4.4, Περίοδος 1990 – 2000)

Η καθαρή διαμόρφωση γης σε σχέση με τις παρατηρούμενες ροές δίνει μια πιο λεπτομερή εικόνα του τρόπου με τον οποίο «ανταλλάσσονται» επιφάνειες μεταξύ των κατηγοριών κάλυψης. Οι εσωτερικοί μετασχηματισμοί αστικής γης (τύπος ροής 1) παραλείπονται από τον Πίνακα 4.3, καθώς δεν παρουσιάζουν καθαρή διαμόρφωση γης. Όσες εκτάσεις καταναλώθηκαν άλλες τόσες διαμορφώθηκαν διατηρώντας περιγραφικά χαρακτηριστικά τα οποία, παρά τη μεταβολή τους, ανήκουν στη συγκεκριμένη κλάση (τεχνητές επιφάνειες). Στις υπόλοιπες ροές γης, παρατηρείται ότι η εξάπλωση των υποδομών και χώρων οικονομικής δραστηριότητας (τύπος ροής 3) παρουσιάζει μια αύξηση 3,43% σε σχέση με την αρχική έκταση των τεχνητών επιφανειών αντλώντας κυρίως από περιοχές όπου κυριαρχούν δάση και σκληροφυλλική βλάστηση (από 0,11% μείωση για κάθε κατηγορία). Η γεωργική γη,

η οποία καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό της κάλυψης/χρήσης γης στη λεκάνη απορροής του Πηνειού αλλά και στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας γενικότερα, μετασχηματίζεται στο εσωτερικό της με εναλλαγές μεταξύ καλλιεργήσιμων και αγροτολιβαδικών εκτάσεων. Ως αποτέλεσμα αυτού, μια αύξηση 0,18% της αρόσιμης – καλλιεργήσιμης γης ισοδυναμεί με 0,93% μείωση των αγροτολιβαδικών εκτάσεων. Στις ροές τύπου 9 («άλλες μεταβολές»), οι επιφάνειες με λίγη ή καθόλου βλάστηση απώλεσαν ποσοστό 2,6% προς όφελος της σκληροφυλλικής βλάστησης (αύξηση 0,17%). Αυτή η μεταβολή μπορεί να αποδοθεί στις διαδικασίες δημιουργίας και εναλλαγής φυσικών και ημι-φυσικών επιφανειών του κύκλου των οικοσυστημάτων.

Πίνακας 4.3: Η καθαρή διαμόρφωση γης για κάθε κατηγορία (% σε σχέση με την αρχική τους επιφάνεια) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Δυτική Περιοχή, 1990 – 2000)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα |
|--|---------------------|------------|-----------------|--------|-----------------|-------------|-----------|------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 0,42% | 0% | -0,08% | 0% | -0,01% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 3,43% | -0,04% | -0,02% | -0,11% | -0,11% | 0% | 0% | 0% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | 0,18% | -0,93% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | 0% | 0,09% | 0,11% | -0,03% | -0,19% | 0% | 0% | 0% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Άλλες μεταβολές | 0% | 0% | 0% | -0,09% | 0,17% | -2,6% | 0% | 0% |

Ένας σημαντικός δείκτης για τον εντοπισμό των μετασχηματισμών που παρατηρούνται στο έδαφος, είναι η συμμετοχή καθαρής διαμόρφωσης κάθε κατηγορίας *m* στην συνολική ποσότητα των μεταβολών, όπως ορίζεται με τη σχέση

$$P_m = \frac{NF_m}{\sum X_{ij}} = \frac{NF_m}{\sum F} = \frac{NF_m}{\sum C} \quad (8)$$

με P (participation) τη συμμετοχή καθαρής διαμόρφωσης της κατηγορίας m , NF την καθαρή διαμόρφωση της κατηγορίας m σε σύγκριση με τις συνιστώσες των μεταβολών (σχέση (1), σελ.36).

Πίνακας 4.4: Η συμμετοχή καθαρής διαμόρφωσης P για κάθε κατηγορία (%) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Δυτική Περιοχή, 1990 – 2000)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα |
|--|---------------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------|------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 0.74% | 0% | -0.58% | 0% | -0.15% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 6.08% | -1.66% | -0.19% | -2.11% | -2.12% | 0% | 0% | 0% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | 7.05% | -7.05% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | 0% | 3.65% | 0.80% | -0.65% | -3.80% | 0% | 0% | 0% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Άλλες μεταβολές | 0% | 0% | 0% | -1.81% | 3.42% | -1.61% | 0% | 0% |
| ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ | 6.82% | 9.04% | -7.02% | -4.57% | -2.65% | -1.61% | 0% | 0% |

Από τον Πίνακα 4.4 συμπεραίνουμε ότι η συμμετοχή της αρόσιμης γης στο σύνολο των μεταβολών για το διάστημα 1990 – 2000 αγγίζει το 11% όσον αφορά στις διαμορφώσιμες ροές που σχετίζονται με τη γεωργική γη. Παράλληλα σε ποσοστό περίπου 2% παρέχει εκτάσεις στις μεταβολές εξάπλωσης των υποδομών, με τη συνολική συμμετοχή καθαρής διαμόρφωσης της κατηγορίας στις μεταβολές να υπολογίζεται στο 9%.

4.1.3 Ανάλυση των μεταβολών και της απογραφής (Πίνακες 4.5 – 4.6, Περίοδος 2000 – 2006)

Την περίοδο 2000 – 2006 οι τεχνητές επιφάνειες συνεχίζουν να επεκτείνονται καθώς παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποσότητα διαμόρφωσης από την ποσότητα κατανάλωσης. Οι γεωργικές εκτάσεις (καλλιεργήσιμες και αγροτολιβαδικές) παρουσιάζουν αντίθετη εικόνα χάνοντας περίπου 7 km² κατά τη διάρκεια της περιόδου ενώ οι αντίστοιχες νέες διαμορφούμενες εκτάσεις πλησιάζουν τα 1,4 km². Ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατηγορία των υδάτινων επιφανειών με 6 km² νέας διαμόρφωσης με παράλληλη μηδενική κατανάλωση (Πίνακας 4.5).

Πίνακας 4.5: Οι μεταβολές στην κάλυψη γης σε km²
(Δυτική Περιοχή - λεκάνη απορροής Πηνειού, 2000 - 2006)

| <u>2006</u> | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα | <u>Συν. Κατανάλωση</u> |
|--------------------------|---------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|
| <u>2000</u> | | | | | | | | | |
| Τεχνητές επιφάνειες | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,07 | 0 | 0 | 0,31 | 0,38 |
| Αρόσιμη γη | 1,37 | 0 | 1,34 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0,28 | 3,01 |
| Λιβαδικές εκτάσεις | 0,40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,76 | 4,16 |
| Δάση | 0,20 | 0 | 0 | 7,29 | 0 | 0,51 | 0 | 0,87 | 8,87 |
| Σκληρ. βλάστηση | 0,85 | 0 | 0 | 0,02 | 1,58 | 0,13 | 0 | 0,78 | 3,36 |
| Γυμνά εδάφη | 0 | 0,02 | 0 | 0 | 2,86 | 0 | 0 | 0 | 2,88 |
| Υγρότοποι | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Υδ. σώματα | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| <u>Συνολ. Διαμόρφωση</u> | 2,82 | 0,02 | 1,34 | 7,31 | 4,53 | 0,64 | 0,00 | 6,00 | 22,67 |

Πρόκειται για την τεχνητή λίμνη Σμοκόβου κοντά στην περιοχή των Αγράφων, με την πλήρωση του ταμιευτήρα να γίνεται το 2003. Αν εξαιρεθεί το έργο της λίμνης Σμοκόβου που συνέβαλε με ποσοστό 53,6% στον κύκλο εργασιών της συνολικής κάλυψης (αυξάνοντας τις υδάτινες επιφάνειες από τα 11 στα 17 km² - Πίνακας 4.6), η εντατικοποίηση των μεταβολών μειώθηκε σε σχέση με την περίοδο 1990 – 2000 με συνολικό κύκλο εργασιών 0,7% επί της συνολικής έκτασης (2,3% το αντίστοιχο ποσοστό για την περίοδο 1990 – 2000). Στον Πίνακα 4. εντοπίζεται η προέλευση των εδαφών χωροθέτησης της λίμνης. Το μεγαλύτερο μέρος καταλαμβάνονταν αρχικά από αγροτολιβαδικές εκτάσεις, ενώ ακολουθούν δασικές και καλλιεργήσιμες εκτάσεις καθώς και ένα μικρό μέρος εγκαταλειμμένων τεχνητών επιφανειών.

Πίνακας 4.6: Η απογραφή κάλυψης γης στη Δυτική Περιοχή σε km² (2000 -2006)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότο- ποι | Υδ. σώματα | Συνολ. επιφάνεια |
|--|------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|
| Κάλυψη Γης 2000 | 131,20 | 2789,88 | 535,37 | 1413,55 | 1395,81 | 43,73 | 4,67 | 11,21 | 6325,42 |
| Κατανάλωση αρχ. τύπου κάλυψης | 0,38 | 3,01 | 4,16 | 8,87 | 3,36 | 2,88 | 0,00 | 0,00 | 22,67 |
| Τελ. διαμόρφωση τύπου κάλυψης | 2,82 | 0,02 | 1,34 | 7,31 | 4,53 | 0,64 | 0,00 | 6,00 | 22,67 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση | 2,44 | -2,99 | -2,82 | -1,56 | 1,16 | -2,23 | 0,00 | 6,00 | 0,00 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση (% του αρχ. έτους) | 1,9% | -0,1% | -0,5% | -0,1% | 0,1% | -5,1% | 0,0% | 53,6% | |
| Κύκλος εργασιών | 3,21 | 3,03 | 5,50 | 16,18 | 7,89 | 3,52 | 0,00 | 6,00 | 45,33 |
| Κύκλος εργασιών (% του αρχ. έτους) | 2,4% | 0,1% | 1,0% | 1,1% | 0,6% | 8,0% | 0,0% | 53,6% | 0,7% |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης | 130,81 | 2786,87 | 531,21 | 1404,68 | 1392,45 | 40,85 | 4,67 | 11,21 | 6302,76 |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης (% του αρχ. έτους) | 99,7% | 99,9% | 99,2% | 99,4% | 99,8% | 93,4% | 100,0% | 100,0% | 99,6% |
| Κάλυψη Γης 2006 | 133,63 | 2786,89 | 532,56 | 1411,99 | 1396,97 | 41,49 | 4,67 | 17,21 | 6325,42 |

4.1.4 Ανάλυση των καθαρών διαμορφώσεων γης (Πίνακες 4.7 – 4.8, Περίοδος 2000 – 2006)

Στον πίνακα καθαρής διαμόρφωσης – ροών γης (Πίνακας 4.7), το 50,8% της αύξησης της επιφάνειας που οφείλεται στο έργο της λίμνης Σμοκόβου εντάσσεται στην ροή

τύπου 8 η οποία σχετίζεται με τη δημιουργία και διαχείριση υδάτινων επιφανειών. Η υπολειπόμενη αύξηση (ποσοστό 2,8%) εντάσσεται στη γενική κατηγορία «άλλες μεταβολές». Ο τύπος ροής 9 (άλλες μεταβολές) περιλαμβάνει όλες εκείνες τις μεταβολές που δεν προσδιορίζονται με ευκολία ως προς το βασικό αίτιο (φυσικό ή ανθρωπογενές) που τις προκαλεί. Σε αυτό τον τύπο ροής εμπίπτουν και μεταβολές γης που παρατηρούνται σπάνια. Αυτό είναι σε ένα βαθμό αναμενόμενο καθώς δεν είναι σύνηθες να παρατηρούνται ροές από την κατηγορία των τεχνητών επιφανειών προς τις υδάτινες επιφάνειες, όταν δεν είναι γνωστές επιπλέον λεπτομέρειες για τις αιτίες μιας τέτοιας μεταβολής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρείται μια μείωση της τάξης του 0,29% στις τεχνητές επιφάνειες ως προέλευση του 2,8% ποσοστού αύξησης της επιφάνειας της λίμνης.

Πίνακας 4.7: Η καθαρή διαμόρφωση γης για κάθε κατηγορία (% σε σχέση με την αρχική τους επιφάνεια) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Δυτική Περιοχή, 2000 – 2006)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα |
|--|---------------------|------------|-----------------|--------|-----------------|-------------|-----------|------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 0,27% | 0% | -0,05% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 1,88% | -0,05% | -0,03% | -0,01% | -0,06% | 0% | 0% | 0% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | -0,05% | 0,25% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | -0,04% | 0% | 0% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | 0% | -0,01% | -0,70% | -0,06% | -0,06% | 0% | 0% | 50,78% |
| Άλλες μεταβολές | -0,29% | 0% | 0% | -0,04% | 0,20% | -5,07% | 0% | 2,79% |

Η συμμετοχή της καθαρής διαμόρφωσης των τεχνητών επιφανειών στις συνολικές μεταβολές που παρατηρούνται στο χρονικό διάστημα 2000 – 2006 υπολογίζεται στο 10,76% (Πίνακας 4.8). Έντονη δραστηριότητα παρατηρείται και στις καλλιεργήσιμες και λιβαδικές εκτάσεις με καθαρές απώλειες 13,21% και 12,42% επί της συνολικά μετασχηματισμένης κάλυψης γης. Ο δείκτης *P* (σχέση (8), σελ. 64) για την κατηγορία

των υδάτινων σωμάτων δείχνει ότι η χωροθέτηση της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου απασχόλησε το 26,5% των μεταβολών.

Πίνακας 4.8: Η συμμετοχή καθαρής διαμόρφωσης P για κάθε κατηγορία (%) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Δυτική Περιοχή, 2000 – 2006)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρό- τοποι | Υδ. σώματα |
|---|------------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 1.58% | -0.50% | -1.08% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 10.87% | -5.56% | -0.70% | -0.88% | -3.73% | 0% | 0% | 0% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | -5.93% | 5.93% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | 0% | 0.08% | 0% | 0% | 0% | -0.08% | 0% | 0% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | -0.07% | 0% | 0% | 0.07% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | 0% | 0% | 0% | 0.10% | -0.10% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | 0% | -1.23% | -16.58% | -3.86% | -3.45% | 0% | 0% | 25.11% |
| Άλλες μεταβολές | -1.69% | 0% | 0% | -2.25% | 12.35% | -9.78% | 0% | 1.38% |
| ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ | 10.76% | -13.21% | -12.42% | -6.89% | 5.13% | -9.86% | 0.00% | 26.49% |

4.1.5 Ανάλυση των μεταβολών και της απογραφής (Πίνακες 4.9 – 4.10, Περίοδος 2006 – 2012)

Ο όγκος των μεταβολών φθίνει με την πάροδο του χρόνου. Την περίοδο 2006 – 2012 καταγράφονται συνολικές μεταβολές ύψους 9km². Πιο έντονη δραστηριότητα παρουσιάζει η κατηγορία των τεχνητών επιφανειών ενώ και οι επιφάνειες με λίγη ή καθόλου βλάστηση εμφανίζονται για πρώτη φορά με θετικό πρόσημο στο ισοζύγιο

διαμόρφωσης – κατανάλωσης. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο μέγεθος των πυρκαγιών που φαίνεται να υπερτερεί του ρυθμού που παρουσιάζει ο κύκλος ανανέωσης των φυσικών και ημι-φυσικών οικοσυστημάτων και ιδιαίτερα των περιοχών σκληροφυλλικής βλάστησης. Δραστηριότητα εμφανίζεται και στην κατηγορία των υδάτινων επιφανειών με τη δημιουργία δεξαμενών ταμίευσης – αποθήκευσης νερού σε πεδινές εκτάσεις συνολικού μεγέθους 0,7 km².

Πίνακας 4.9: Οι μεταβολές στην κάλυψη γης σε km²
(Δυτική Περιοχή - λεκάνη απορροής Πηνειού, 2006 - 2012)

| <u>2012</u> | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα | <u>Συν. Κατανάλωση</u> |
|--------------------------|---------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|
| <u>2006</u> | | | | | | | | | |
| Τεχνητές επιφάνειες | 1,55 | 0 | 0 | 0,06 | 0 | 0 | 0 | 0,33 | 1,94 |
| Αρόσιμη γη | 1,46 | 0 | 0,14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,25 | 1,84 |
| Λιβαδικές εκτάσεις | 0,40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,11 | 0,51 |
| Δάση | 0,55 | 0 | 0 | 0,76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,31 |
| Σκληρ. βλάστηση | 2,62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,47 | 0 | 0 | 3,09 |
| Γυμνά εδάφη | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,13 | 0 | 0 | 0 | 0,13 |
| Υγρότοποι | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Υδ. σώματα | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| <u>Συνολ. Διαμόρφωση</u> | 6,57 | 0,00 | 0,14 | 0,82 | 0,13 | 0,47 | 0,00 | 0,69 | 8,83 |

Ο συνολικός κύκλος εργασιών μειώνεται στο 0,3% σε σχέση με το 0,7% της περιόδου 2000 – 2006. Οι τεχνητές επιφάνειες παρουσιάζουν αύξηση 3,5% στην καθαρή διαμόρφωση, 6,4% της συνολικής έκτασής τους συμμετείχε σε διεργασίες κατανάλωσης και διαμόρφωσης αθροιστικά, ενώ διατηρήθηκε στην αρχική του κατάσταση το 98,5% αναφορικά με το έτος 2006.

Πίνακας 4.10: Η απογραφή κάλυψης γης στη Δυτική Περιοχή σε km² (2006 -2012)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Λάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα | Συνολ. επιφάνεια |
|--|---------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|------------------|
| Κάλυψη Γης 2006 | 133.63 | 2786.89 | 532.56 | 1411.99 | 1396.97 | 41.49 | 4.67 | 17.21 | 6325.42 |
| Κατανάλωση αρχ. τύπου κάλυψης | 1.94 | 1.84 | 0.51 | 1.31 | 3.09 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 8.83 |
| Τελ. διαμόρφωση τύπου κάλυψης | 6.57 | 0.00 | 0.14 | 0.82 | 0.13 | 0.47 | 0.00 | 0.69 | 8.83 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση | 4.63 | -1.84 | -0.38 | -0.48 | -2.96 | 0.34 | 0.00 | 0.69 | 0.00 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση (% του αρχ. έτους) | 3.5% | -0.1% | -0.1% | 0.0% | -0.2% | 0.8% | 0.0% | 4.0% | |
| Κύκλος εργασιών | 8.52 | 1.84 | 0.65 | 2.13 | 3.22 | 0.60 | 0.00 | 0.69 | 17.65 |
| Κύκλος εργασιών (% του αρχ. έτους) | 6.4% | 0.1% | 0.1% | 0.2% | 0.2% | 1.4% | 0.0% | 4.0% | 0.3% |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης | 131.69 | 2785.05 | 532.04 | 1410.68 | 1393.88 | 41.36 | 4.67 | 17.21 | 6316.60 |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης (% του αρχ. έτους) | 98.5% | 99.9% | 99.9% | 99.9% | 99.8% | 99.7% | 100.0% | 100.0% | 99.9% |
| Κάλυψη Γης 2012 | 138.27 | 2785.05 | 532.18 | 1411.51 | 1394.01 | 41.83 | 4.67 | 17.90 | 6325.42 |

4.1.6 Ανάλυση των καθαρών διαμορφώσεων γης (Πίνακες 4.11 – 4.12, Περίοδος 2006 – 2012)

Και στις τρεις περιόδους παρατήρησης είναι εμφανές ότι η εξάπλωση των τεχνητών επιφανειών οφείλεται κατά κύριο λόγο στην επέκταση των υποδομών και των χώρων με αναπτυσσόμενη δραστηριότητα (ροή γης τύπου 3) και δευτερευόντως στην επέκταση του αστικού ιστού (ροή γης τύπου 2). Οι οικονομικές δραστηριότητες και τα έργα υποδομής που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή κατά το διάστημα 2006 – 2012, αύξησαν την έκταση των τεχνητών επιφανειών κατά 3,76% (Πίνακας 4.11). Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι στη ροή τύπου 8 (δημιουργία και διαχείριση υδάτινων σωμάτων) παρατηρείται διαφορά σε σχέση με τα αποτελέσματα της περιόδου 2000 – 2006. Η δημιουργία των δεξαμενών αποθήκευσης νερού για αρδευτικούς σκοπούς μπορεί να ταξινομηθεί σε αυτή την κατηγορία ροής εξ ολοκλήρου. Εδώ ο μετασχηματισμός από τεχνητή επιφάνεια σε υδάτινο σώμα δεν αφήνει περιθώριο παρερμηνείας καθώς πρόκειται για τους εργοταξιακούς χώρους που

κατασκευάστηκαν αρχικά με σκοπό την πλήρωση των δεξαμενών σε μελλοντικό χρόνο.

Πίνακας 4.11: Η καθαρή διαμόρφωση γης για κάθε κατηγορία (% σε σχέση με την αρχική τους επιφάνεια) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Δυτική Περιοχή, 2006 – 2012)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα |
|--|---------------------|------------|-----------------|--------|-----------------|-------------|-----------|------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 3.76% | -0.05% | -0.08% | -0.04% | -0.19% | 0% | 0% | 0% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | 0% | 0.03% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | -0.05% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | -0.25% | -0.01% | -0.02% | 0% | 0% | 0% | 0% | 4.02% |
| Άλλες μεταβολές | 0% | 0% | 0% | 0% | -0.02% | 0.82% | 0% | 0% |

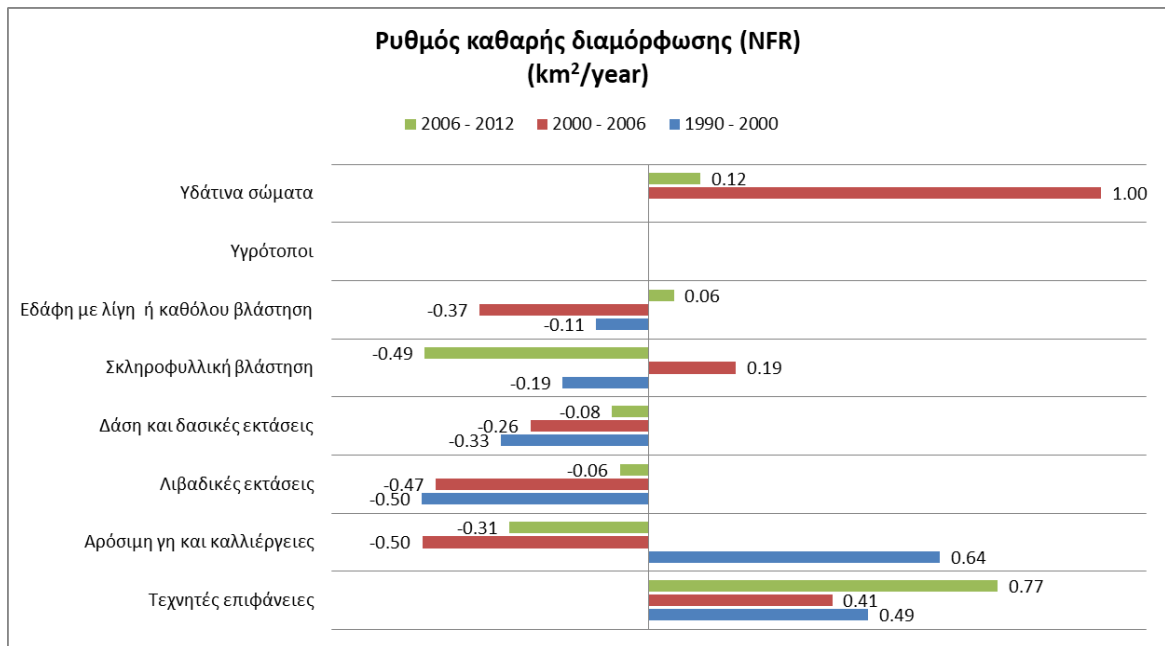
Λόγω του μικρού μεγέθους των συνολικών μεταβολών (περίπου 9 km²), οι δείκτες **P** των κατηγοριών κάλυψης γης εμφανίζουν αυξημένες τιμές, με τις τεχνητές επιφάνειες και ιδιαίτερα αυτές που σχηματίστηκαν στο πλαίσιο της ροής εξάπλωσης υποδομών να λαμβάνουν τη μεγαλύτερη θετική τιμή. Μεγαλύτερες απώλειες κατέγραψε η κατηγορία των εκτάσεων σκληροφυλλικής βλάστησης (-33,56%).

Πίνακας 4.12: Η συμμετοχή καθαρής διαμόρφωσης P για κάθε κατηγορία (%) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Δυτική Περιοχή, 2006 – 2012)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρό- τοποι | Υδ. σώματα |
|---|------------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 56.97% | -16.49% | -4.57% | -6.18% | -29.73% | 0% | 0% | 0% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | -1.56% | 1.56% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | -0.69% | 0% | 0% | 0.69% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | -3.79% | -2.80% | -1.25% | 0% | 0% | 0% | 0% | 7.85% |
| Άλλες μεταβολές | 0% | 0% | 0% | 0% | -3.83% | 3.83% | 0% | 0% |
| ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ | 52.49% | -20.86% | -4.26% | -5.49% | -33.56% | 3.83% | 0.00% | 7.85% |

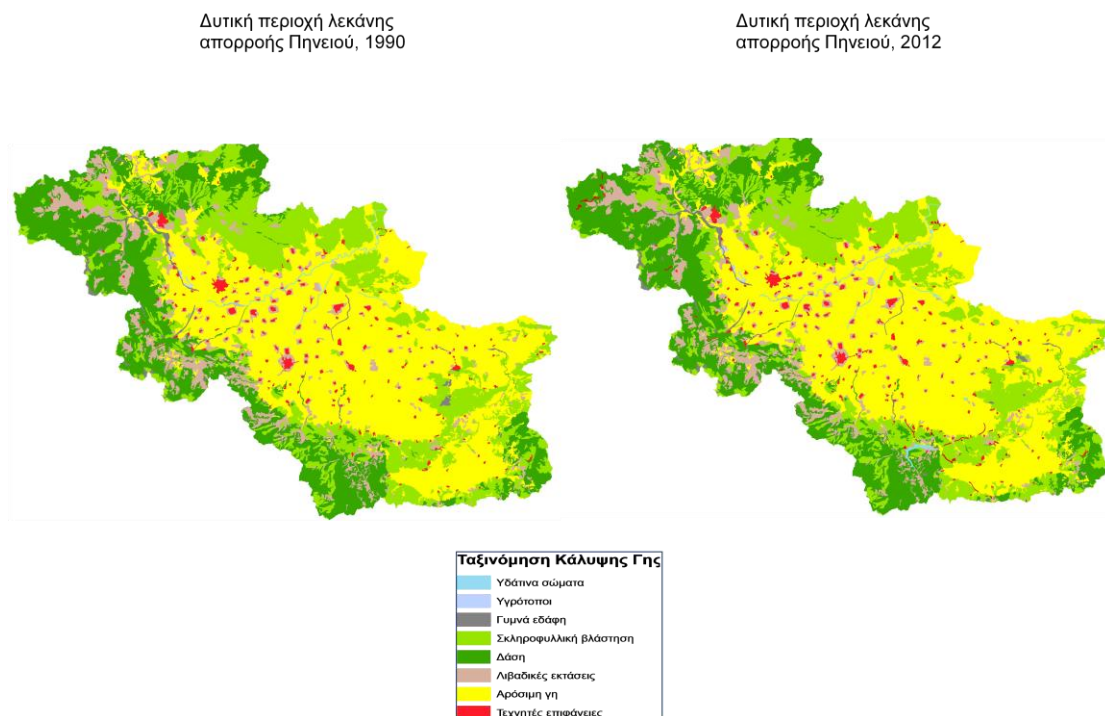
Οι περιβαλλοντικές απογραφές εφαρμόστηκαν για τα ίδια χρονικά διαστήματα και σε επίπεδο χώρας. Οι αντίστοιχοι πίνακες για την Ελλάδα παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης για καθεμία από τις 8 κατηγορίες κάλυψης, παρουσιάζεται συγκεντρωτικά για τα τρία χρονικά διαστήματα παρατήρησης στο Διάγραμμα 4.1. Η παραμετροποίηση του μοντέλου προσομοίωσης που κατασκευάστηκε με το λογισμικό ST-Sim, στηρίχθηκε στα απόλυτα μεγέθη αυτών των μεταβολών σε συνάρτηση με τις κατάλληλες ροές γης που συνδέουν συγκεκριμένους τύπους κάλυψης μεταξύ τους.



Διάγραμμα 4.1: Η μέση ετήσια μείωση και η μέση ετήσια αύξηση των εκτάσεων για τους 8 τύπους κάλυψης στα χρονικά διαστήματα παρατήρησης

Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται το καθεστώς κάλυψης γης της περιοχής μελέτης για το αρχικό (1990) και το τελικό (2012) έτος παρατήρησης.



Εικόνα 4.1: Η ταξινόμηση κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης όπως προέκυψε από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για τα έτη 1990 (αριστερά) και 2012 (δεξιά)

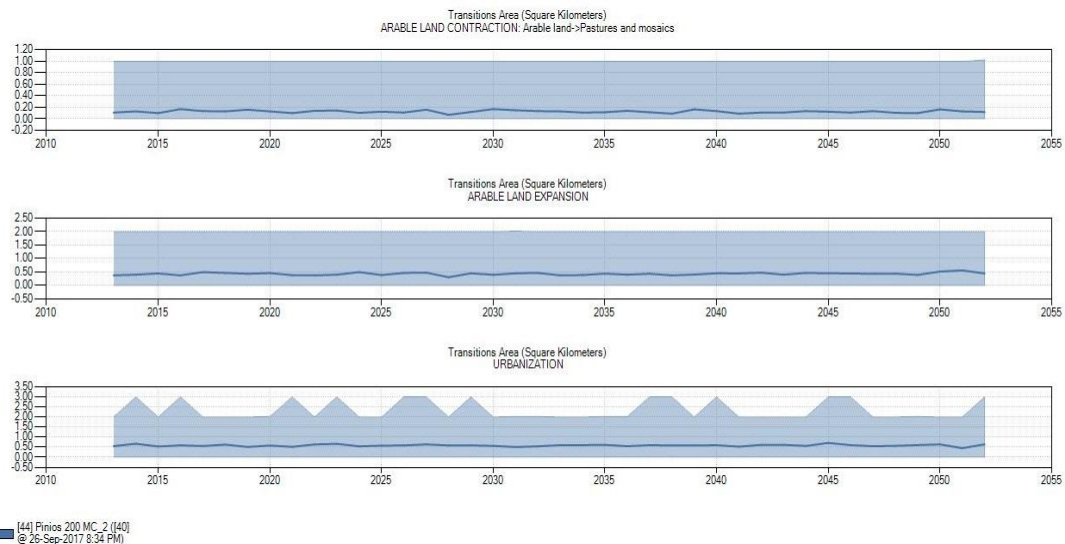
4.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης του λογισμικού ST-Sim για τη λεκάνη του Πηνειού

Στο μοντέλο που κατασκευάστηκε με χρήση του λογισμικού ST-Sim ορίστηκαν τρεις βασικές μεταβολές - στόχοι (transition targets) στηριζόμενες στις παραδοχές ότι:

- Οι μεταβολές αυτές ισοδυναμούν με τις κύριες ροές γης που παρατηρούνται στη δυτική περιοχή της λεκάνης απορροής του Πηνειού και αφορούν στην αστικοποίηση, στην εξάπλωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και στη μείωση - υποχώρηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.
- Η προβολή της κάλυψης γης στο μέλλον βασίζεται στα πρόσφατα ιστορικά στοιχεία κάλυψης και μεταβολών όπως αναλύθηκαν στις περιβαλλοντικές απογραφές (Σενάριο BAU – Business As Usual). Ορίζεται ένας μέσος ετήσιος ρυθμός εξέλιξης αυτών των μεταβολών για τα τρία χρονικά διαστήματα παρατήρησης (1990 – 2000, 2000 – 2006 και 2006 -2012) και κατ' επέκταση αντικατοπτρίζεται και στο χρονικό ορίζοντα της προσομοίωσης.

Οι μεταβολές – στόχοι μετά την εκτέλεση της προσομοίωσης παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.1. Το χρονικό διάστημα των προσομοιώσεων διαρκεί 40 χρόνια (2012 – 2052) με προγραμματισμένες 200 επαναλήψεις Monte Carlo. Πέρα από τις μέσες τιμές των 200 επαναλήψεων παρατίθενται και τα άνω 97,5% και κάτω 2,5% ποσοστημόρια για την ποσοτικοποίηση του εύρους των πιθανών τιμών. Η υποχώρηση καλλιεργήσιμης – αρόσιμης γης εμφανίζεται με μια μέση τιμή μείωσης 130 στρέμματα ανά έτος ως αποτέλεσμα εσωτερικής κινητικότητας στην ευρύτερη κατηγορία της γεωργικής γης. Διαφορετικά εκφράζεται ως σχηματισμός - διαμόρφωση αγροτολιβαδικών εκτάσεων εις βάρος των καλλιεργειών με τον ίδιο ετήσιο ρυθμό.

Η εξάπλωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων εκτιμάται στα 430 στρέμματα ανα έτος με άνω όριο τα 2000 στρέμματα ανα έτος σε μια περιοχή που η εντατική καλλιέργεια της γης είναι από τις κύριες δραστηριότητες σε σύγκριση με το σύνολο της ελληνικής επικράτειας.



Εικόνα 4.1: Το μέσο μέγεθος (km^2) των τριών μεταβολών – στόχων ως μέτρο διαμόρφωσης της έκτασης των συμμετεχουσών κατηγοριών κάλυψης γης

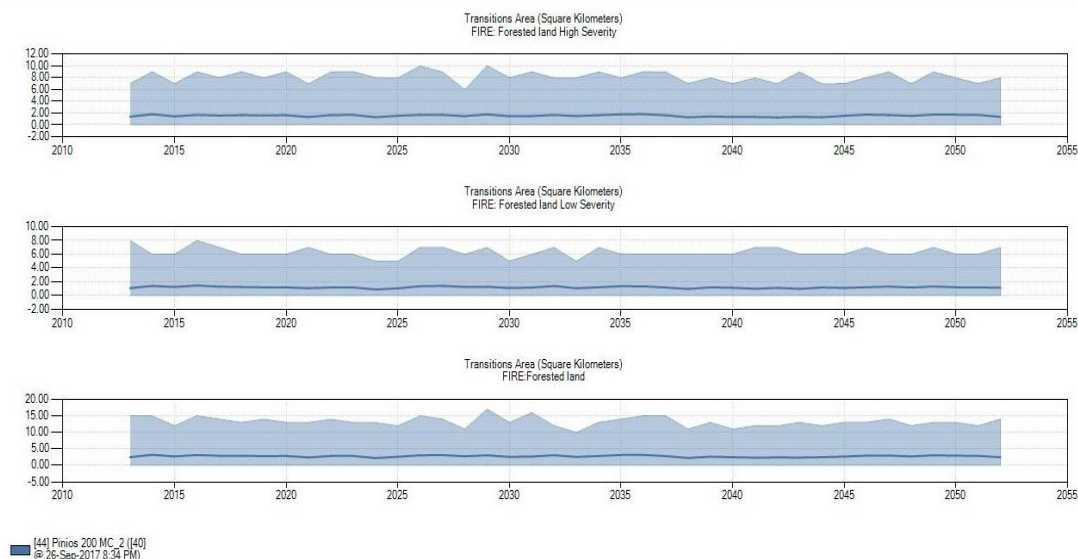
Η αστικοποίηση εξαπλώνεται με μέση τιμή 580 στρέμματα ανά έτος εις βάρος των περισσότερων φυσικών επιφανειών που συνθέτουν το τοπίο της λεκάνης απορροής. Υπενθυμίζεται ότι η αστικοποίηση περιλαμβάνει και εκτιμά αθροιστικά τις δύο ροές που δεσπόζουν στην κατηγορία των τεχνητών επιφανειών: την επέκταση του αστικού ιστού και την επέκταση χώρων οικονομικής δραστηριότητας και δικτύων – υποδομών. Στην ενότητα των παραρτημάτων (Παράρτημα IV) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, ως προς τα μεγέθη και την προέλευση των μεταβολών-στόχων, για τις διαδρομές μετάβασης της αστικοποίησης και της μείωσης καλλιεργούμενων εκτάσεων για κάθε συμμετέχουσα κατηγορία κάλυψης γης.

Η φωτιά προσομοιώθηκε ως τυχαίο γεγονός χρησιμοποιώντας τα βασικά στατιστικά χαρακτηριστικά από τα δεδομένα που διατηρεί η Πυροσβεστική Υπηρεσία για το Νομό Λάρισας. Τα μεγέθη της πυρκαγιάς προέκυψαν από την κατανομή της έκτασης που προσβάλλει σε σχέση με τη συχνότητα των περιστατικών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13: Κατανομή μεγέθους και συχνότητας πυρκαγιών στο Νομό Λάρισας (2000 – 2010)

| Μέγεθος πυρκαγιάς (km ²) | Αριθμός περιστατικών σε δασικές εκτάσεις | Αριθμός περιστατικών σε εκτάσεις σκληροφυλ. βλάστησης |
|--------------------------------------|--|---|
| 0,25 - 0,5 | 18 | 23 |
| 0,5 – 1 | 9 | 9 |
| 1 – 2 | 5 | 3 |
| 2 – 4 | 4 | 4 |
| 4 – 8 | 0 | 0 |
| 8 – 10 | 1 | 1 |
| 10 – 15 | 1 | 0 |

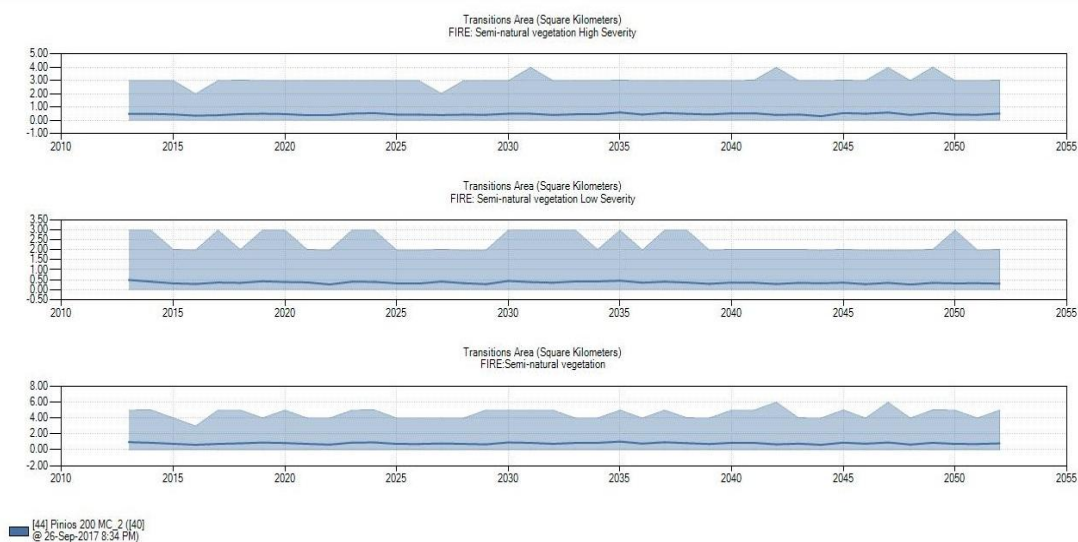
Έγινε η υπόθεση ότι τα δεδομένα πυρκαγιών του Ν.Λάρισας προσαρμόζονται ως ένα βαθμό στη δυτική περιοχή της λεκάνης απορροής του Πηνειού. Αυτή η προσαρμογή γίνεται όχι κατα ανάγκη γεωγραφικά όσο για το γεγονός ότι είναι αυτά με τη μεγαλύτερη ένταση και συχνότητα στο ΥΔ Θεσσαλίας σε μια προσπάθεια να προσομοιωθούν μεγαλύτερες πυρκαγιές για τις δασικές εκτάσεις και τη σκληροφυλλική βλάστηση.



Εικόνα 4.2: Τα μεγέθη της πυρκαγιάς (km²) χαμηλής και υψηλής σοβαρότητας και η συνολική της έκταση (δασικές εκτάσεις)

Ανάλογα με τη σοβαρότητα των περιστατικών, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι οι πυρκαγιές χαμηλής σοβαρότητας προσβάλλουν 1200 στρέμματα

δασικής έκτασης ανα έτος, ενώ οι πιο καταστροφικές πυρκαγιές υψηλής σοβαρότητας, οι οποίες αλλάζουν και το χαρακτήρα κάλυψης γης της περιοχής από δασικό σε εδάφη με λίγη ή καθόλου βλάστηση, εμφανίζονται με μια μέση τιμή 1600 στρέμματα ανα έτος.

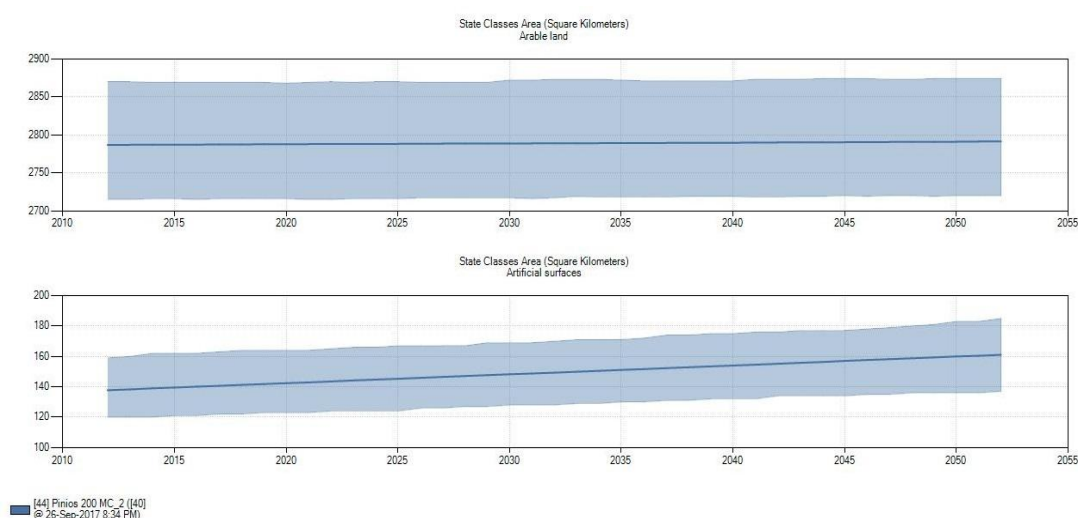


Εικόνα 4.3: Τα μεγέθη της πυρκαγιάς (km^2) χαμηλής και υψηλής σοβαρότητας και η συνολική της έκταση (εκτάσεις σκληροφυλλικής βλάστησης)

Για τις περιοχές ημι-φυσικής και σκληροφυλλικής βλάστησης, τα χαμηλής σοβαρότητας περιστατικά εκτιμώνται στα 340 στρέμματα ανά έτος (Εικόνα 4.3). Τα πιο σοβαρά περιστατικά επηρεάζουν 460 στρέμματα ανά έτος, που είναι αναμενόμενο βάσει των ιστορικών δεδομένων, καθώς για τις περιοχές σκληροφυλλικής βλάστησης παρατηρήθηκε μειωμένη πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς αλλά και μειωμένη ένταση για ένα μέσο περιστατικό κατά το χρονικό διάστημα 2000 - 2010.

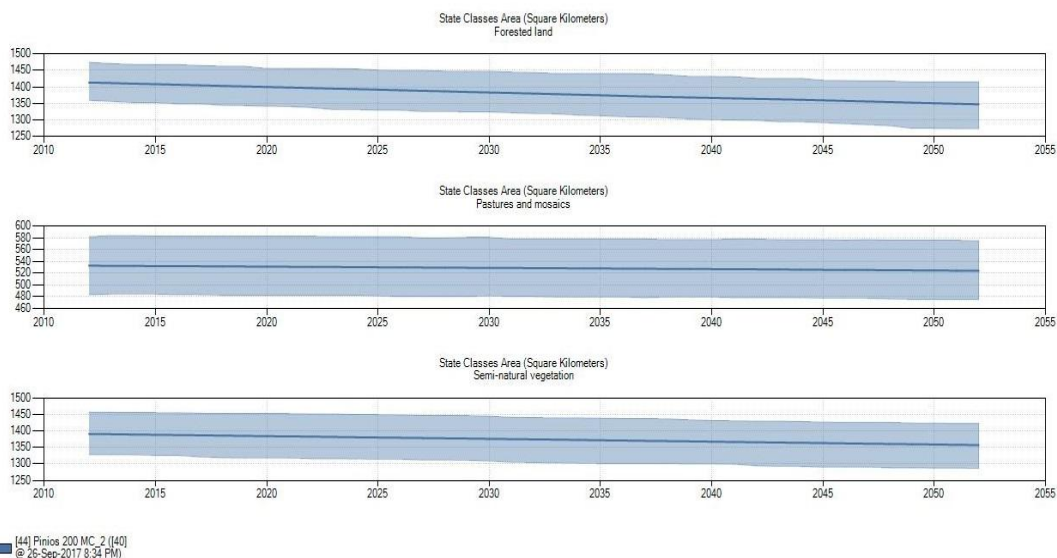
Ως αποτέλεσμα των πιθανών διαδρομών μετάβασης (αστικοποίηση, εξάπλωση και υποχώρηση καλλιεργήσιμης γης, εκδήλωση πυρκαγιάς), παρουσιάστηκε κατά περίπτωση αύξηση ή μείωση των εκτάσεων που καταλαμβάνουν οι κατηγορίες κάλυψης γης. Στην Εικόνα 4.4, οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις αυξάνονται κατά 4500 στρέμματα μέχρι το έτος 2052 (ποσοστό 0,2% σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες του 2012). Η κατηγορία των τεχνητών επιφανειών παρουσιάζει συνολική αύξηση 23300 στρεμμάτων που αντιστοιχεί σε ποσοστό 16,9% σε σχέση με την αρχική επιφάνεια του έτους 2012. Η εξάπλωση των τεχνητών επιφανειών λόγω της έντονης

αστικοποίησης είναι από τα κύρια ζητήματα που καλούνται να θεραπεύσουν οι παρούσες αλλά και οι μελλοντικές γενιές.



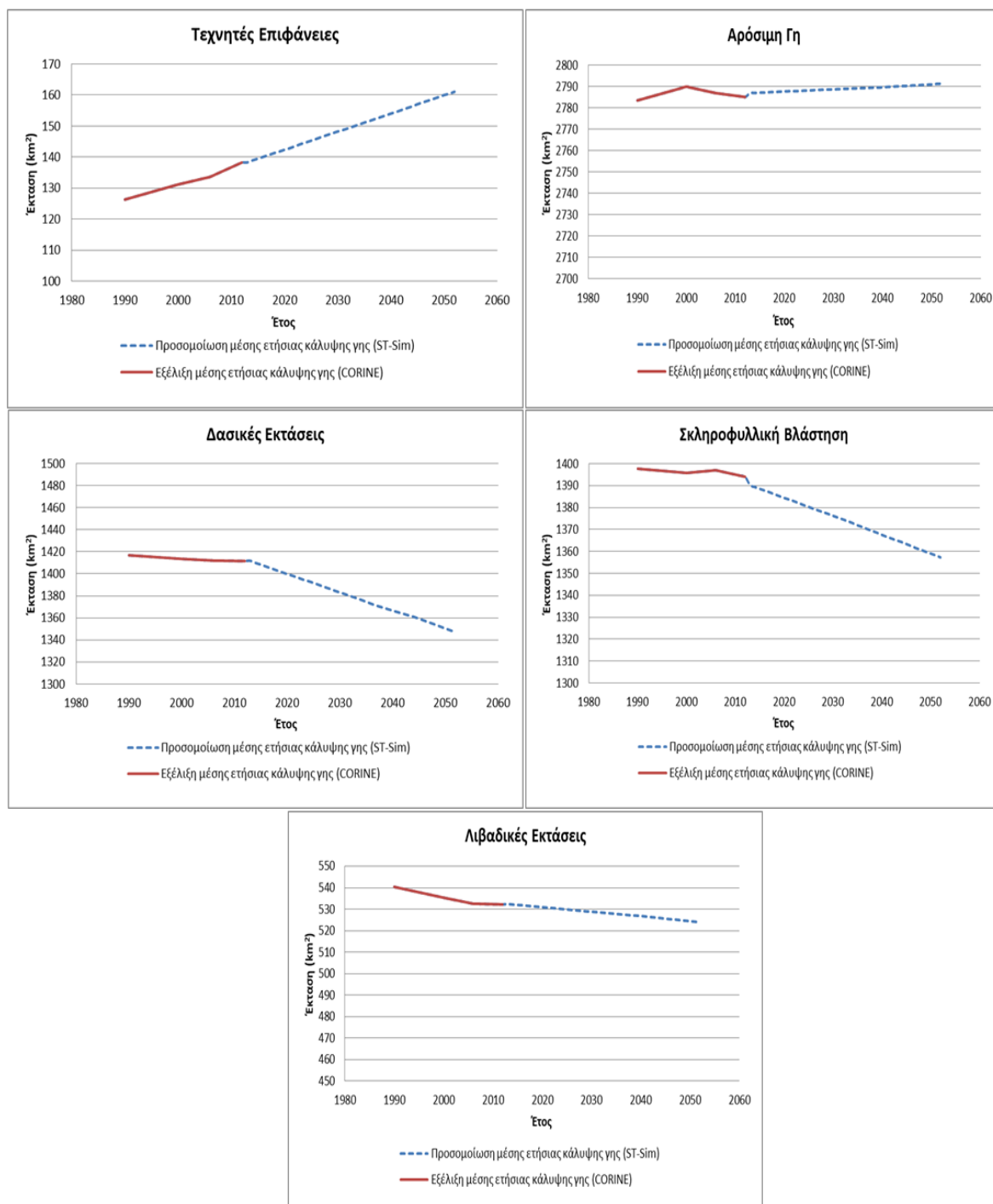
Εικόνα 4.4: Η προσομοιωμένη εξέλιξη της έκτασης (km^2) για την αρόσιμη γη και τις τεχνητές επιφάνειες

Οι κατηγορίες που εμφανίζουν μείωση παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.5. Τα δάση και οι δασικές εκτάσεις μειώνονται συνολικά κατά 66000 στρέμματα ή ποσοστό 4,7%. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αυξημένη παράμετρο της δασικής πυρκαγιάς αλλά και στην απουσία μιας παραμέτρου στη διαδικασία της μοντελοποίησης που να περιγράφει την ανανέωση του φυσικού κύκλου των δασικών οικοσυστημάτων ελλείψει σχετικών δεδομένων. Ανάλογη είναι η κατάσταση και στις περιοχές σκληροφυλλικής – ημιφυσικής βλάστησης με τη συνολική μείωση να εκτιμάται στα 33800 στρέμματα ή αλλιώς ποσοστό 2,4% σε σχέση με την επιφάνεια του 2012. Τέλος, η κατηγορία των αγροτικών λιβαδικών εκτάσεων μειώνεται συνολικά κατά 8600 στρέμματα (ποσοστό 1,6%).



Εικόνα 4.5: Η προσομοιωμένη εξέλιξη της έκτασης (km^2) για τις δασικές εκτάσεις, τις λιβαδικές εκτάσεις και τις εκτάσεις σκληροφυλλικής βλάστησης

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται για τις πέντε από τις συνολικά οχτώ ευρείες κατηγορίες σύμφωνα με την ταξινόμηση που συζητήθηκε στο Κεφάλαιο 2. Οι κατηγορίες των υγρότοπων και των υδάτινων επιφανειών δεν συμμετείχαν στη διαδικασία της προσομοίωσης καθώς η ετήσια εξέλιξή τους είναι πιο σύνθετη και δεν μπορεί να της αποδοθεί γραμμική ή σχεδόν γραμμική συμπεριφορά. Κατά σύμβαση εμπίπτουν στην έννοια της ετήσιας εξέλιξης και οι κατηγορίες των φυσικών οικοσυστημάτων (δάση και ημι – φυσικές εκτάσεις). Οι πέντε κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται, θεωρούνται και οι πιο σημαντικές καθώς καλύπτουν το μεγαλύτερο κομμάτι της έκτασης της λεκάνης απορροής. Στην Εικόνα 4.6 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά σε μορφή διαγραμμάτων τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ετήσιας εξέλιξης της κάλυψης γης όπως προέκυψαν από την κατασκευή των περιβαλλοντικών απογραφών και την επεξεργασία των δεδομένων CORINE για το διάστημα 1990 - 2012. Οι χρονοσειρές συμπληρώνονται με την ετήσια εξέλιξη της έκτασης που καταλαμβάνουν οι πέντε κατηγορίες με βάση την προσομοιωμένη συμπεριφορά του συστήματος στο χρονικό διάστημα 2012 – 2052.



Εικόνα 4.6: Η εξέλιξη κάλυψης γης των 5 κατηγοριών για το διάστημα 1990 -2052. Στο διάστημα 1990 – 2012 παρουσιάζεται η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κατηγορία από την ανάλυση των απογραφών και την επεξεργασία των δεδομένων CORINE, ενώ για το διάστημα 2012 – 2052 προσαρμόζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης

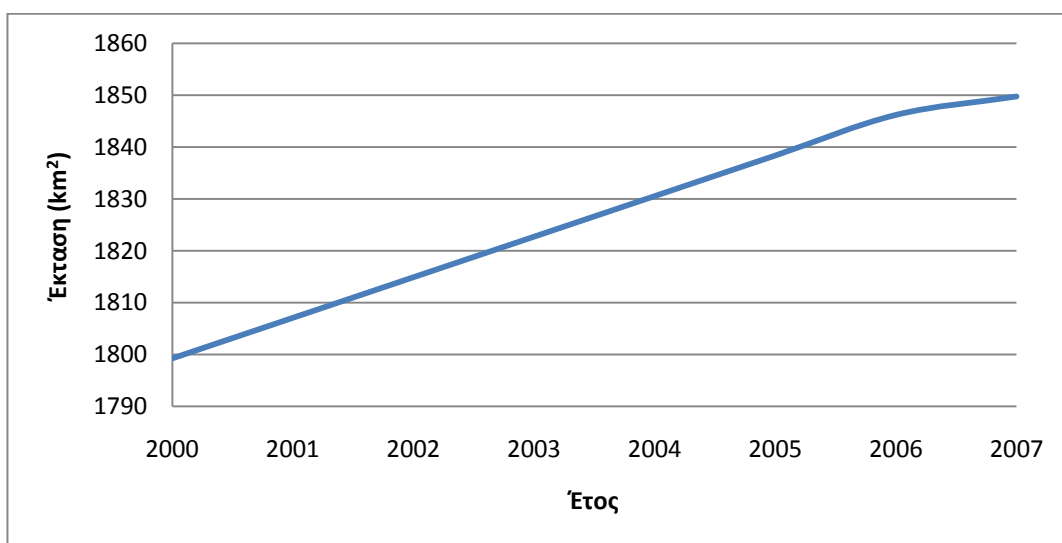
4.3 Αποτελέσματα στη σύνδεση της ανάλυσης κάλυψης γης με δεδομένα από το αντικείμενο των υδατικών πόρων

Η σύνδεση της εξέλιξης της κάλυψης γης με το αντικείμενο των υδατικών πόρων επιχειρήθηκε εξετάζοντας ως ένα βαθμό μεμονωμένα την απόκριση του ενός συστήματος σε σχέση με το άλλο, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη αναλυτικά περιβαλλοντικά δεδομένα του υδροκλιματικού κύκλου. Για να γίνει μια τέτοια σύγκριση επελέγησαν ετήσιες χρονικές κλίμακες και αναζητήθηκαν δεδομένα με αντίστοιχα χαρακτηριστικά που θα περιγράφουν τις επιπτώσεις της αλλαγής κάλυψης γης στους υδατικούς πόρους περισσότερο ως τάξη μεγέθους παρά με τη μορφή απόλυτων τιμών. Χωρικά, επιλέχθηκε μια μεγαλύτερη κλίμακα ανάλυσης που περιλαμβάνει το σύνολο της χώρας ή επικεντρώνεται σε συγκεκριμένα Υδατικά Διαμερίσματα που παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (π.χ μελέτη του καθεστώτος άρδευσης στη Θεσσαλία, τη Θράκη και τη Δυτική Πελοπόννησο). Για την εκτίμηση της έκτασης στην εδαφοκάλυψη συγκεκριμένων τύπων (αστικός ιστός συνολικά για την Ελλάδα, καλλιέργειες για τις περιοχές των ΥΔ) δεν κατασκευάστηκαν αναλυτικές απογραφές. Οι σχέσεις της κατανάλωσης, διαμόρφωσης και καθαρής διαμόρφωσης εφαρμόστηκαν απευθείας στα πρωτογενή δεδομένα CORINE μόνο για τους συγκεκριμένους τύπους που μελετήθηκαν (Παράρτημα ΙΙΙ).

Για την περίπτωση της αστικής κατανάλωσης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τις βάσεις δεδομένων της Eurostat που καλύπτουν το χρονικό διάστημα 2000 – 2007 για το σύνολο της χώρας. Επικεντρωθήκαμε σε απογραφικά δεδομένα (ετήσιος πληθυσμός) και δεδομένα αστικής κατανάλωσης νερού από το δημόσιο δίκτυο (ποσοστό πληθυσμού κατοίκων με πρόσβαση στο δίκτυο, ετήσια συνολική κατανάλωση από το δημόσιο δίκτυο για οικιακή χρήση).

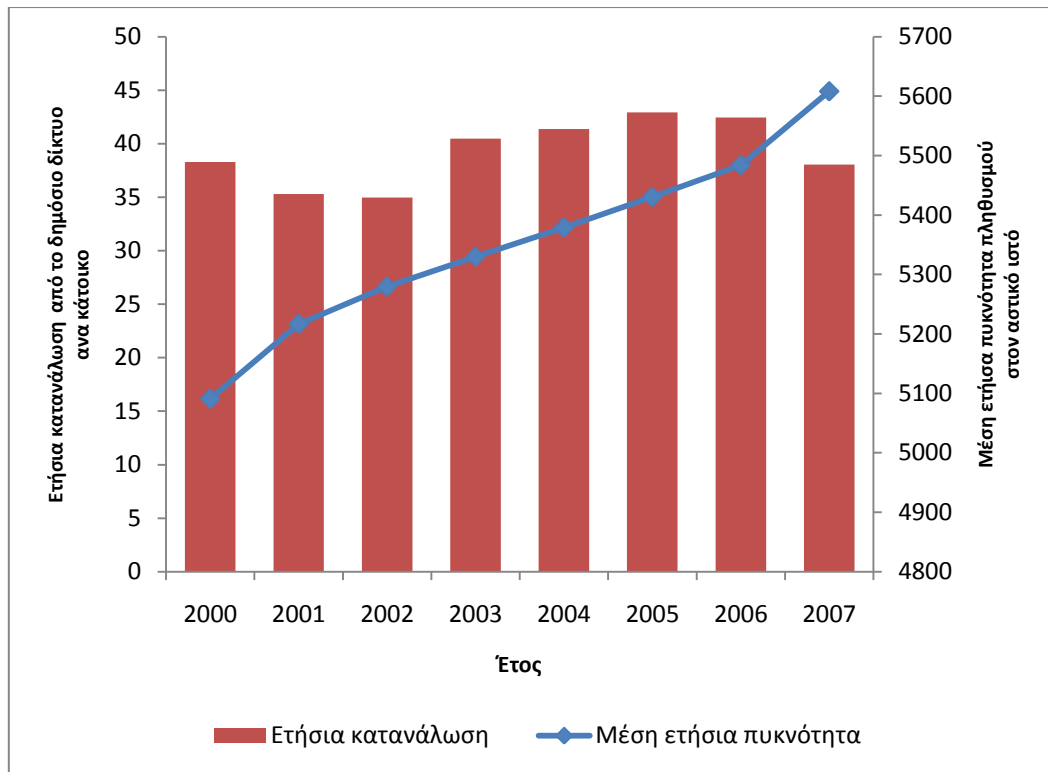
Η ετήσια επιφάνεια (σε km^2) που καταλαμβάνει ο αστικός ιστός εκτιμήθηκε από την ανάλυση της κάλυψης γης για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η κατηγορία των τεχνητών επιφανειών δεν παρέχει άμεσα την αναγκαία πληροφορία, οπότε πρέπει να αυξηθεί το επίπεδο της λεπτομέρειας στις κατηγορίες CLC 1.1.1 και 1.1.2 που συνθέτουν τον αστικό ιστό. Ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται η έκταση του αστικού ιστού στην Ελλάδα για το διάστημα 2000 – 2007, απεικονίζεται στο Διάγραμμα 4.2.

Η κλίση της ευθείας στο διάστημα 2000 – 2006 αντιστοιχεί στην παραδοχή σταθερού ρυθμού που έχει γίνει για την ετήσια εξέλιξη της κάλυψης γης.



Διάγραμμα 4.2: Η εκτιμώμενη έκταση του αστικού ιστού στην Ελλάδα για το διάστημα 2000 - 2007

Ο πληθυσμός με πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο ύδρευσης υπολογίστηκε από το γινόμενο του ετήσιου συνολικού πληθυσμού με το αντίστοιχο ποσοστό των κατοίκων για κάθε έτος, και στη συνέχεια από την ετήσια κατανάλωση, έγινε η αναγωγή στην ετήσια ποσότητα νερού (σε m³) που καταναλώνεται ανά κάτοικο. Αυτό το μέγεθος συγκρίνεται με τη μέση ετήσια πυκνότητα πληθυσμού με πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο ανα km² αστικού ιστού. Η σύγκριση των δύο μεγεθών απεικονίζεται στο Διάγραμμα 4.3.



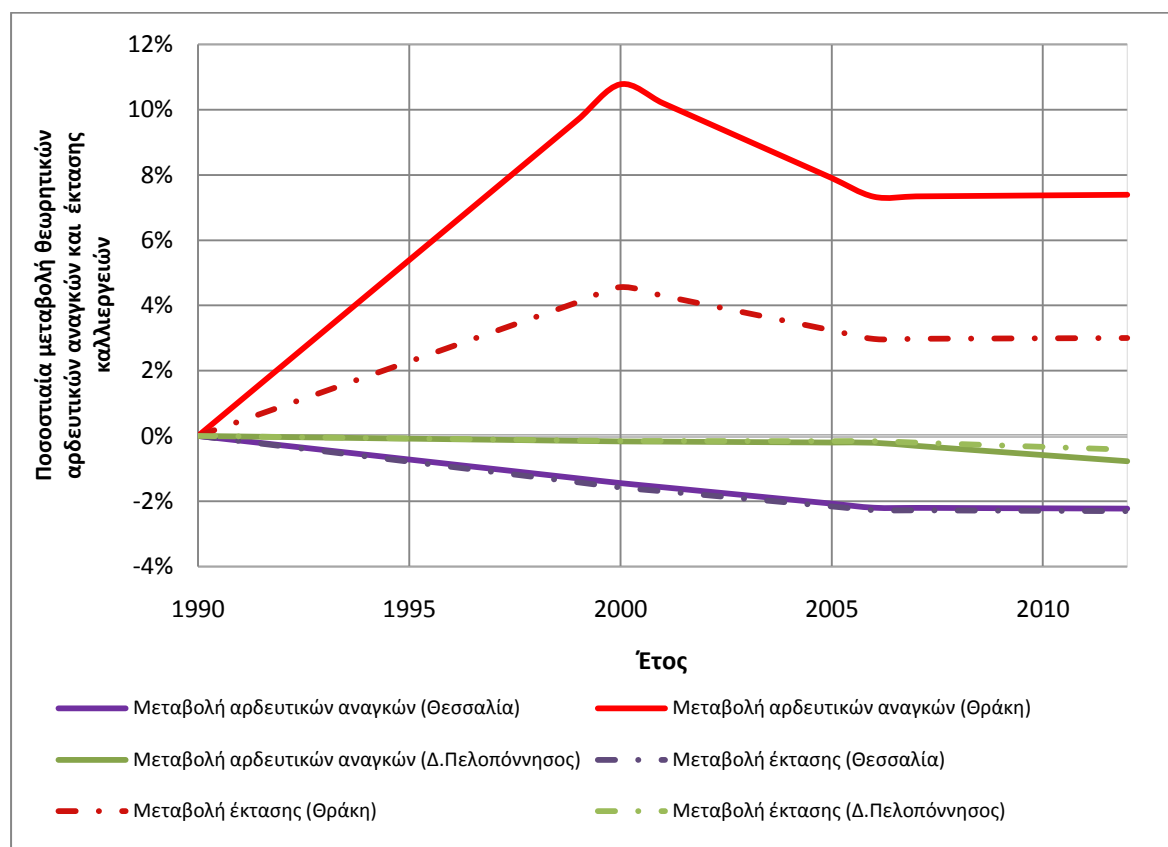
Διάγραμμα 4.3: Η μέση ετήσια κατανάλωση νερού (m³) ανά κάτοικο σε σύγκριση με την μέση ετήσια πυκνότητα πληθυσμού ανά km² αστικού ιστού.

Στην περίπτωση της εκτίμησης των μέσων ποσοτήτων για ορθολογική χρήση αρδευτικού νερού που υπολογίστηκαν για τα ΥΔ Θεσσαλίας, Θράκης και Δ. Πελοποννήσου, εστίασαμε σε 4 τύπους καλλιεργειών (Ενότητα 2.4.3). Οι ποσότητες νερού βασίστηκαν στις θεωρητικές αρδευτικές ανάγκες για κάθε τύπο καλλιέργειας για το κρίσιμο εξάμηνο Απριλίου – Σεπτεμβρίου κάθε έτους σε σχέση με τα ορθολογικά όρια χρήσης που θεσπίζει η ΚΥΑ για τα τρία Υδατικά Διαμερίσματα.

Η συνολική μεταβολή της έκτασης των καλλιεργειών στο χρονικό διάστημα 1990 – 2012, απεικονίζεται ποσοστιαία στο Διάγραμμα 4.4. Σύμφωνα με το Διάγραμμα, οι συγκεκριμένες καλλιέργειες παρουσιάζουν μείωση για τα ΥΔ της Θεσσαλίας και της Δ. Πελοποννήσου. Για τη Θεσσαλία αυτή η μείωση σταθεροποιείται στο 2% (σε σχέση με το 1990) χωρίς να παρατηρούνται περαιτέρω μειώσεις στην έκταση μετά το 2005. Στη Δ. Πελοπόννησο, κυρίως λόγω της εγκατάλειψης της καλλιέργειας ρυζιού, παρατηρείται μια μείωση της τάξης του 0,4% ως το 2012. Στη Θράκη παρατηρείται εντατικοποίηση αυτών των καλλιεργειών από το 1990 έως το 2000 (αύξηση 4%)

μέχρι να σταθεροποιηθεί στο 2% αύξησης της καλλιεργούμενης επιφάνειας μετά το έτος 2006 σε σχέση με το αρχικό έτος 1990.

Λόγω της γραμμικής μορφής της σχέσης (7) (βλ. Ενότητα 2.4.3, σελ. 49), η ποσοστιαία μεταβολή των θεωρητικών αρδευτικών αναγκών παρουσιάζει παρόμοια εξέλιξη (Διάγραμμα 4.4). Στη Θράκη η αύξηση της έκτασης κατά 4% αντιστοιχεί σε αύξηση έως και 10% στις θεωρητικές ποσότητες αρδευτικού νερού στο ίδιο χρονικό διάστημα παρατήρησης (1990 – 2000). Στη Θεσσαλία η αναλογία των μεγεθών εμφανίζεται σε αντιστοιχία 1 προς 1, ενώ στη Δ. Πελοπόννησο η μείωση της έκτασης κατά 0,4% το έτος 2012, μεταφράζεται σε 0,8% μείωση των θεωρητικών αρδευτικών αναγκών για το ίδιο έτος.



Διάγραμμα 4.4: Η μεταβολή αρδευτικών αναγκών για τα ΥΔ Θεσσαλίας, Θράκης και Δ.Πελοποννήσου και η αντίστοιχη μεταβολή της συνολικής έκτασης για τις υπό μελέτη καλλιέργειες

Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα

5.1 Συμπεράσματα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων

Στις επόμενες παραγράφους παρατίθενται κάποια βασικά συμπεράσματα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Η ανάλυση της εξέλιξης κάλυψης γης, μέσω της κατασκευής των περιβαλλοντικών απογραφών αλλά και του μοντέλου προσομοίωσης, για τη δυτική περιοχή της λεκάνης του Πηνειού έδειξε ότι:

Η αστικοποίηση βρίσκεται στον πυρήνα των παραγόντων που ωθεί την εδαφοκάλυψη της περιοχής σε μετασχηματισμό. Η ροή της αστικοποίησης εκφράζεται ενιαία μέσα από δύο συνιστώσες. Η πρώτη είναι η επέκταση του αστικού ιστού και η δεύτερη είναι η επέκταση των έργων υποδομής και των χώρων εντατικής οικονομικής δραστηριότητας. Με αφετηρία τα αστικά κέντρα, η επέκταση του αστικού ιστού πραγματοποιείται σε μια ακτίνα γύρω από αυτά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η επέκταση να είναι συνήθως συγκεντρωμένη στο χώρο και η έκταση της να είναι περιορισμένη. Η ουσιαστική ένταση της αστικοποίησης βρίσκεται στην εξάπλωση των χώρων υποδομής που παρουσιάζει αυξημένες τιμές (Πίνακες 4.3, 4.5, 4.12). Οι υποδομές είναι διάσπαρτες, χωροθετημένες εκτός του αστικού ιστού και γύρω από αυτές ενεργοποιείται η ανθρώπινη δραστηριότητα (μεταφορά από και προς τα αστικά κέντρα μέσω των οδικών και μεταφορικών δικτύων, ανάπτυξη δευτερογενούς τομέα παραγωγής κ.ο.κ). Οι δύο συνιστώσες της αστικοποίησης αναπτύσσονται παράλληλα. Μια έντονη ανάπτυξη των χώρων υποδομής αναμένεται να οδηγήσει σε περαιτέρω αύξηση της έκτασης του αστικού ιστού.

Από την επέκταση των τεχνητών επιφανειών πλήττεται η πλειοψηφία των υπόλοιπων τύπων κάλυψης. Η ανάπτυξη των τεχνητών επιφανειών αντλεί γη (με σειρά προτεραιότητας μεγέθους) από τις εκτάσεις σκληροφυλλικής και ημιφυσικής χαμηλής βλάστησης, για να ακολουθήσουν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τα δάση και τέλος οι αγροτολιβαδικές εκτάσεις (σύγκριση Πινάκων 4.3 - 4.4, 4.7 - 4.8, 4.11 - 4.12)

Η καλλιεργήσιμη – αρόσιμη γη αναπτύχθηκε και επεκτάθηκε κυρίως στη δεκαετία 1990 – 2000. Ο δείκτης P καθαρής διαμόρφωσης της συγκεκριμένης κατηγορίας, σε αυτό το χρονικό διάστημα (Πίνακας 4.4), εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή από όλες τις κατηγορίες εδαφοκάλυψης (ακόμα και από τις τεχνητές επιφάνειες). Από το 2000 - 2012 οι δείκτες P της κατηγορίας αυτής εμφανίζονται με αρνητικές τιμές (Πίνακες 4.8 και 4.12). Αυτός ο δείκτης εδαφικών απωλειών εισάγει μια αστάθεια στη μορφή εξέλιξης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, που είναι σε ένα βαθμό αναμενόμενη για μία από τις πιο βεβαρυμμένες περιοχές (λεκάνη απορροής του Πηνειού) όπου απουσιάζει μια αναπτυξιακή αγροτική πολιτική. Η μικρή μέση αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων στα αποτελέσματα της προσομοίωσης ουσιαστικά ενισχύεται από τα μεγέθη των ιστορικών δεδομένων της πρώτης δεκαετίας παρατήρησης (Εικόνα 4.6).

Οι εσωτερικές διεργασίες – μεταβολές εντός των κατηγοριών των δασών και της σκληροφυλλικής βλάστησης παρουσιάζουν αυξημένη κινητικότητα. Περισσότερο από το 60% των συνολικών μεταβολών που παρατηρήθηκε στο χρονικό διάστημα 1990 – 2000 (Πίνακας 4.1) αφορά στους μετασχηματισμούς μεταξύ δασικών τύπων (CLC 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 και 3.2.4). Αυτές οι μετατροπές δεν μπορούν να αποδοθούν με όρους καθαρής διαμόρφωσης NF καθώς η συνολική κατανάλωση C και η συνολική διαμόρφωση F διεξάγονται εντός της ευρύτερης κατηγορίας (άρα έχουν κοινή τιμή κατανάλωσης και διαμόρφωσης) και τοποθετούνται στο αντίστοιχο κελί κατά μήκος της διαγωνίου του Πίνακα 4.1.

Στη σύνδεση της κάλυψης γης με διαχειριστικές όψεις από το γνωστικό αντικείμενο των υδατικών πόρων, παρατηρούνται τα εξής:

Στη σύγκριση εξέλιξης του αστικού ιστού με την αστική υδρευτική κατανάλωση (Διάγραμμα 4.2), η μέση ετήσια κατανάλωση ανά κάτοικο (σύμφωνα με τα δεδομένα της Eurostat) παρουσιάζει αυξητική τάση με εξαίρεση τα έτη 2001, 2002 και 2007 (ίσως αποτέλεσμα της ανομβρίας - Μπαλούτσος, Μπουρλέτσικας & Γκούμα, 2007 - που παρατηρήθηκε τα συγκεκριμένα έτη). Επίσης, αξιόλογη είναι και η μέση ετήσια πυκνότητα πληθυσμού ανά km^2 αστικού ιστού σε όλη τη διάρκεια του διαστήματος 2000 – 2007. Αυτό σημαίνει ότι αν θεωρήσουμε ένα μέγεθος αστικής κατανάλωσης νερού (m^3) ανά km^2 αστικού ιστού, αυτό θα εμφανίζει αυξημένες τιμές.

Στην περίπτωση των αρδευτικών αναγκών των υπό μελέτη καλλιεργειών σε σύγκριση με τη συνολική τους έκταση στα τρία ΥΔ (Διάγραμμα 4.3), οι περιοχές της

Θεσσαλίας και της Δ. Πελοποννήσου, που γνωρίζουμε ότι παρουσιάζουν πιο έντονη γεωργική δραστηριότητα, εμφανίζουν παρόμοια εξέλιξη αν συγκρίνουμε την ποσοστιαία μεταβολή των αρδευτικών αναγκών σε σχέση με την ποσοστιαία μεταβολή της συνολικής έκτασης καλλιεργειών στη χρονική περίοδο που εξετάστηκε. Στο γράφημα οι συνεχείς και διακεκομμένες γραμμές, που απεικονίζουν τα δύο μεγέθη, ουσιαστικά ταυτίζονται. Στη Θράκη εμφανίζεται σαφώς μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή των αρδευτικών αναγκών σε σύγκριση με εκείνη της καλλιεργήσιμης γης.

5.2 Συμπεράσματα σχετικά με τη μεθοδολογική προσέγγιση και τη διαδικασία προσομοίωσης – Ζητήματα προσαρμογής

Η θεματική και γεωγραφική πληροφορία που αποκτάται από την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων CORINE είναι προσαρμοσμένη στη χρήση χαρτογραφικής κλίμακας απεικόνισης της τάξης 1: 100,000. Αν και αυτό το μέγεθος αποδίδει ικανοποιητικά τις χωρικές λεπτομέρειες για περιοχές μεγάλης έκτασης π.χ. σε επίπεδο κρατών ή ηπείρων, είναι σχετικά αδρό για τοπικές εφαρμογές. Σε τοπική κλίμακα προτιμώνται απεικονίσεις της τάξης 1:50,000 ή μεγαλύτερες για την καλύτερη κατανόηση των γεωχωρικών φαινομένων που συμβαίνουν στη γήινη επιφάνεια. Χαρακτηριστική περίπτωση αυτής της διαφοράς κλίμακας, στα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, είναι η απόδοση του ταμιευτήρα της τεχνητής λίμνης Σμοκόβου. Αν και ο συνδυασμός της μεθόδου φωτοερμηνείας με την υποστήριξη άλλων μέσων (επίγειες παρατηρήσεις, τοπογραφικά υπόβαθρα) στα πρωτογενή δορυφορικά δεδομένα αποκαλύπτει μια εις βάθος μελέτη της περιοχής, η χαρτογραφική αποτύπωση στις βάσεις δεδομένων CORINE εκτιμάει την έκταση αυτή στα 6 km², ενώ το πραγματικό της μέγεθος υπολογίζεται στα 8 με 9 km².

Την παραπάνω αδυναμία ενισχύει και το προεπιλεγμένο μέγεθος της ελάχιστης χαρτογραφικής μονάδας (minimum mapping unit) στην απόδοση του τελικού αποτελέσματος. Η ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα είναι διαφορετική για τα δεδομένα CLC₁₉₉₀ σε σύγκριση με τα δεδομένα των καταγεγραμμένων αλλαγών (CLC-C). Η επιλογή μεγαλύτερης χαρτογραφικής μονάδας για το αρχείο – θεμέλιο CLC₁₉₉₀ είχε ως συνέπεια πολλές από τις κατηγορίες – κλάσεις κάλυψης γης CORINE να

χαρακτηρίζονται από ετερογενή χαρακτηριστικά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη διεξαγωγή ιδιαίτερα απαιτητικών εργασιών φωτοερμηνείας προκειμένου να αποδοθεί κατάλληλα η θεματική πληροφορία στη βάση των κυρίαρχων χαρακτηριστικών του εδάφους. Παρερμηνείες ή εσφαλμένες εκτιμήσεις σε τόσο μεγάλο όγκο πληροφοριών πρέπει να θεωρούνται δεδομένες.

Η περιγραφή της εξέλιξης της κάλυψης γης εξαρτάται άμεσα και από τη χρονική ανάλυση των δεδομένων. Η χρονική ανάλυση είναι συνυφασμένη με τη συχνότητα των παρατηρήσεων μέσω των δορυφορικών εικόνων αλλά και τη συχνότητα και το μέγεθος των αλλαγών που συμβαίνουν στο χώρο για τη δεδομένη ακρίβεια απεικόνισης. Ο χρονικός ορίζοντας των δεδομένων CORINE περιλαμβάνει παρατηρήσεις επιφανειακών και γραμμικών οντοτήτων του εδάφους που εκτείνονται σε χρονική κλίμακα από 6 – 10 έτη. Αυτό το χρονικό βήμα ενδεχομένως αποκλείει λεπτομέρειες ή αλλαγές στο χώρο οι οποίες θα ήταν χρήσιμες σε μια διαχειριστική μελέτη υδατικών πόρων ή σε μια υδρολογική ανάλυση σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Σε αυτό το πλαίσιο, στους υπολογισμούς της εργασίας γίνεται η παραδοχή για ένα εκτιμώμενο μέσο ετήσιο ρυθμό αλλαγών θεωρώντας ότι ανταποκρίνεται σε ένα ικανοποιητικό βαθμό στην πραγματικότητα. Συμπερασματικά, η προτεινόμενη μεθοδολογία για την ανάλυση των δεδομένων και την εξέλιξη στην κάλυψη γης κρίνεται ικανοποιητική στην περιγραφή κατηγοριών και τύπων αλλαγών καθώς και των κυρίαρχων τάσεων και αλληλεπιδράσεων αλλά υστερεί σε ακρίβεια όσον αφορά στις απόλυτες τιμές των μεγεθών.

Η διαδικασία της προσομοίωσης στηρίχτηκε σχεδόν αποκλειστικά στην ανάλυση των απογραφών κάλυψης γης. Η ταξινόμηση που χρησιμοποιήθηκε τόσο για τον ορισμό των βασικών τύπων εδαφοκάλυψης, όσο και για την περιγραφή των ροών γης δίνοντας έμφαση στις αιτίες που μπορούν να ωθήσουν στην αλλαγή του χαρακτήρα μιας έκτασης, αποδόθηκε με λεπτομέρεια. Στη συνέχεια, αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για να οριστούν οι βασικές παράμετροι και λειτουργίες του μοντέλου προσομοίωσης. Ωστόσο, κάποια από τα φαινόμενα που παρατηρούνται στη φυσική επιφάνεια δεν λήφθηκαν υπόψη (όπως ο κύκλος ανανέωσης των φυσικών οικοσυστημάτων, δηλ. οι φυσικοί μετασχηματισμοί μεταξύ δασών, περιοχών χαμηλής βλάστησης και γυμνών εδαφών), ή προσεγγίστηκαν μέσω γενικευμένων - απλοποιημένων παραδοχών (όπως στην περίπτωση της πυρκαγιάς). Για μια

λεπτομερέστερη παραμετροποίηση του μοντέλου προσομοίωσης είναι απαραίτητα επιπλέον δεδομένα, πέραν της βάσης δεδομένων CORINE, για να περιγράψουν σύνθετες διεργασίες κυρίως φυσικής υπόστασης που ναι μεν γίνονται αντιληπτές στον παρατηρητή αλλά η ποσοτικοποίησή τους είναι ιδιαίτερα απαιτητική.

5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Οι περιβαλλοντικές απογραφές ήδη εφαρμόζονται σε άλλες πτυχές των περιουσιακών στοιχείων των φυσικών πόρων. Παραδείγματα αυτής της προσπάθειας είναι οι περιβαλλοντικές απογραφές νερού, υπό την αιγίδα του EEA (European Environment Agency). Στην πρόσφατη μελέτη των Zal et al. (2017), παρουσιάζονται ποσοτικές διαστάσεις των υδάτων (εσωτερικών, παράκτιων και θαλάσσιων) με επίκεντρο τη χρήση τους ανάλογα με τους οικονομικούς – παραγωγικούς τομείς. Η ανάλυση καλύπτει το σύνολο των κρατών – μελών και των συνεργαζόμενων κρατών για το χρονικό διάστημα 2002 – 2014. Η μελέτη των απογραφών σε φυσικά – περιουσιακά στοιχεία δεν πρέπει να θεωρείται κάτι στάσιμο, καθώς η φύση των πρωτογενών δεδομένων (δορυφορικές εικόνες, οικονομικά, δημογραφικά και άλλα στοιχεία) απαιτεί διαρκή ανανέωση και ενσωμάτωση της μεταβαλλόμενης κατάστασης στις υπάρχουσες μεθοδολογίες.

Στην περίπτωση των περιβαλλοντικών απογραφών κάλυψης/χρήσης γης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η οικονομική διάσταση των αποθεμάτων που σχετίζονται με τις ταξινομημένες κατηγορίες. Στην παρούσα εργασία δόθηκε βαρύτητα στην μορφολογική πτυχή των απογραφών, όμως η έμφυτη οικονομική πληροφορία των καθεστώτων χρήσης γης δίνει τη δυνατότητα επέκτασης σε πεδία οικονομικής ανάλυσης των διάφορων τύπων κάλυψης, για μια ολοκληρωμένη εκτίμηση των εδαφικών πόρων στην κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Η χρονική κλίμακα των δορυφορικών δεδομένων προσδιορίζει το ρυθμό μεταβολής των αλλαγών που συμβαίνουν στη γήινη επιφάνεια. Για την αύξηση της χρονικής ανάλυσης, προτείνεται η διεξαγωγή φωτοερμηνείας – τηλεπισκόπησης στα πρωτογενή διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα σε μικρότερα χρονικά βήματα (πχ. τριετίας). Μια πιο «στενή» παρακολούθηση των αλλαγών, δίνει τη δυνατότητα

ενσωμάτωσης της πληροφορίας που ενδεχομένως έχει χαθεί στη διεξαγωγή μετρήσεων και παρατηρήσεων μεγαλύτερου χρονικού βηματισμού. Παράλληλα, η παραμετροποίηση των μοντέλων προσομοίωσης θα καταστεί πιο λεπτομερής, και θα αυξήσει την αξιοπιστία στην πρόβλεψη μελλοντικών σεναρίων.

Η προσομοίωση της συμπεριφοράς του τοπίου προγραμματίστηκε και εκτελέστηκε σε μη χωρική διάσταση, καθώς η περιοχή μελέτης αποδόθηκε συγκεντρωτικά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην καταγραφούν οι χωρικές ετεροσυσχετίσεις μεταξύ των τύπων κάλυψης κατά τη διάρκεια του χρονικού ορίζοντα της προσομοίωσης. Η καταγραφή της χωρικής μεταβλητότητας μπορεί να γίνει με την κατασκευή ενός χωρικά σαφούς (spatially explicit) μοντέλου στο πλαίσιο του λογισμικού ST-Sim. Τα αποτελέσματα μιας τέτοιου τύπου προσομοίωσης μπορούν ευκολότερα να αξιοποιηθούν ως δεδομένα εισόδου σε υδρολογικά μοντέλα για τη διερεύνηση της απόκρισης υδρολογικών μεταβλητών σε σχέση με τις μεταβολές στην κάλυψη/χρήση γης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ

Αργιαλάς, Δ., (1999), *Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση*, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Βαράνου, Α., Δασακλής, Α., Φωτόπουλος, Φ., Μπαλτάς, Ε., (2002), *Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος «Διαχείριση Υδατικών Πόρων», Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ευστρατιάδης, Α., Κουτσογιάννης, Δ., (2007), *Χρήσεις νερού και περιορισμοί στη διαχείριση υδατικών πόρων*, σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος «Διαχείριση Υδατικών Πόρων», Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 16/6631/89 της Ελληνικής Κυβέρνησης, *Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση*, Εφημερίδα της Κυβέρνησης, 428/Β/2-6-1989: 4297-4304

Κοσσιέρης, Π., Ευστρατιάδης, Α., Μακρόπουλος, Χ., (2016), *Ανάλυση αβεβαιότητας (uncertainty analysis)*, σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος «Βελτιστοποίηση συστημάτων υδατικών πόρων – Υδροπληροφορική», Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Μπαλούτσος, Γ., Μπουρλέτσικας, Α., Γκούμα, Β., (2007), *Ξηρασίες και πλημμύρες: ένας αέναος κύκλος ανταγωνισμού και εναλλαγής*, ΕΘΙΑΓΕ, τχ.27, σ.3-6.

Νάκος, Β., (2006), *Αναλυτική Χαρτογραφία*, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- Νόμος 1739/1987 (ΦΕΚ 201 Α'), *Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις*, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Εθνικό Τυπογραφείο.
- Νόμος 3199/2003 (ΦΕΚ 280 Α'), *Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 200/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου*, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Εθνικό Τυπογραφείο.
- Robinson, A., Morrison, J., Muehrcke, P., Jon Kimerling, A., Guptill, S., (2002), *Στοιχεία χαρτογραφίας*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, (Πρωτότυπο: Elements of Cartography, (1995), JohnWiley & Sons, Inc.)
- Σπυρίδης, Α., Κουτάλου, Β., Περλέρος, Β., Λιόνης, Μ., Λεβογιάννης Μ., (2013), *Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας – Θράκης και Θεσσαλίας: Αποτελέσματα ευρύτερης λεκάνης Πηνειού, Υδρολογικά στοιχεία, Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης και τροφίμων, Δ/ση σχεδιασμού εγγειοβελτιωτικών έργων και αξιοποίησης εδαφοϋδατικών πόρων (σύμπραξη έργου με ΑΠΘ).*
- Τσαγκάρη Κ., Καρέτσος Γ. και Προύτσος, Ν. (2011), *Δασικές πυρκαγιές Θεσσαλίας, 1983-2005*, Έκδ. WWF Ελλάς και ΕΘΙΑΓΕ-ΙΜΔΟ & ΤΔΠ.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, (2006), *Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών Αχελώου και Πηνειού Θεσσαλίας.*

B. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baker, W., (1989), *A review of models of landscape change*, Landscape Ecology, vol. 2 (2), SPB Academic Publishing, The Hague.
- Bastian, O., Kronert, R., Lipsky, Z. (2006). *Landscape diagnosis on different space and time scales – a challenge for landscape planning*, Landscape Ecology, vol 21(3).
- Copernicus Land Monitoring Service, (2012), *The revised and supplement CORINE land cover nomenclature*, Technical library publication.

- Copernicus Land Monitoring Service, (2015), *Pan European Component: CORINE land cover*, Flyer publication.
- Coppin, P., Jonckheere, J., Nackaerts, K., Muys, B., and Lambin, E. (2004), *Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review*, International Journal of Remote Sensing, 25(9).
- Daniel, C. and Frid, L., (2011), *Predicting Landscape vegetation dynamics using state – and – transitions simulation models*. In proceedings of the first Landscape State – and – Transitions Simulation Modeling Conference.
- Daniel, C., Frid, L., Sleeter, B. and Fortin, M-J, (2016), *State-and-transition simulation models: a framework for forecasting landscape change*. In Methods in Ecology and Evolution, 7.
- EUREF, (1990), *The IAG Sub-commission for the European Reference Frame*, Florence 28 – 31 May, Symposium, Resolution No. 1 (Retrieved from: http://www.euref.eu/html/resolutions_florence1990.pdf).
- European Union, (1985), 85/338/EEC: *Council Decision of 27 June 1985 on the adoption of the Commission work programme concerning an experimental project for gathering, coordinating and ensuring the consistency of information on the state of the environment and natural resources in the Community*, Official Journal of the European Communities, L 176, Volume 28, 6 July 1985.
- Feddema, J.J., Oleson, K.W., Bonan, G. B., Mearns, L. O., Buja, L.E., Meehl, G.A., and Washington, W. M., (2005), *The importance of land – cover change in simulating future climates*, Science, 310.
- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G., (2010), *Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data*. In Applied Geography vol. 30.
- Feranec, J., Otahel, J. (2001), *Land cover of Slovakia*, Bratislava: Veda.
- Haines-Young, R., Weber, J.-L., (2006), *Land accounts for Europe 1990–2000. Towards integrated land and ecosystem accounting*. EEA Report, 11, Copenhagen: European Environment Agency.
- Hartshorne, R., (1939), *The nature of geography*, Lancaster: Association of America Geographers.

- Howarth, C., and Monasterolo, I., (2016), *Understanding barriers to decision making in the UK energy – flood – water nexus: The added value of interdisciplinary approaches*, Environmental Science & Policy, 61.
- Juang, J-Y., Porporato, A., Stoy, P.C., Siqueira, M., S., Oishi, A. C., Detto, M., Kim, H.-S., and Katul G. G., (2007), *Hydrologic and atmospheric controls on initiation of convective precipitation events*, Water Resour. Res., 43.
- Kabat, P., Claussen, M., Dirmeyer, P. A., Gash , J. H. C., Bravo de Guenni, L., Meybeck, M., Pielke Sr., R., Vorosmarty, C. L., Hutjes, R. W. A., and Lutkemeier, S., (eds), (2004), *Wegetation, Water, Humans and the Climate – A New Perspective on an Interactive System*, Springer, Berlin.
- Kueppers, L.M., Snyder, M.A., and Sloan, L.C., (2007), *Irrigation cooling effect: Regional climate forcing by land – use change*, Geophys. Res. Lett., 34.
- Lange, G.-M., Hassan, R. and Alfieri, A. (2003), *Using environmental accounts to promote sustainable development: Experience in southern Africa*. Natural Resources Forum, 27.
- Rogers, P., (1994), *Hydrology and water quality*, Cambridge University Press, Cambridge and Office for Interdisciplinary Earth Studies, Boulder, Colorado.
- Schilling, K., Jha, M., Zhang, Y-K., Gassman, P. and Wolter, C., (2008), *Impact of land use and land cover change on the water balance of a large agricultural watershed: Historical effects and future directions*, Water Resources Research, vol. 44.
- Schlesinger, W.H., Reckhow, K.H., and Bernhardt, E.S., (2006), *Global change: The nitrogen cycle and rivers*, Water Resources Research, 42.
- Schoups, G., Hopmans, J.W., Young, C.A., Vrugt, J.A., Wallender, W.W., Tanji, K.K., and Panday, S., (2005), *Sustainability of irrigated agriculture in the San Joaquin Valley, California*, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 102 (43).
- Serbina, L., Miller, H.M, (2014), *Landsat uses and benefits – Case studies by application area: U.S.*, Geological Survey Open-File Report.
- Sleeter, R., Acevedo, W., Soulard, C., and Sleeter, B., (2015), *Methods used to parameterize the spatially – explicit components of a state – and – transition simulation model*, AIMS Environmental Science, Vol. 2 (3).

- Snacken, F. and Antrop, M., (1983), *Structure and dynamics of landscape system*. In J. Drdos̃ (Ed.), *Landscape synthesis*, Geocological foundations of the complex landscape management, Bratislava: Veda.
- Turner, B.L., Meyer, W., and Skole, D., (1994), *Global Land – Use / Land – Cover Change: Towards an Integrated Study*, AMBIO vol. 23(1), Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm.
- United Nations, (2014), *System of Environmental-Economic Accounting 2012—Central Framework*, United Nations Statistics Division.
- United Nations, (2014), *The water – Energy – Food Nexus A new approach in support security and sustainable agriculture*, Food and Agriculture Organization of United Nations.
- United Nations, (1992), *Earth Summit AGENDA 21 the United Nations programme of action Sustainable Development, Rio declaration on Environment and Development, Statement of Forest Principles*, Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil.
- Weber, J-L., (2007), *Implementation of land and ecosystem accounts at the European environment agency*, Ecological Economics, 61 (4).
- Weber, J-L., (2009), *Land Cover Classification for Land Cover Accounting*. In Proceedings 14th Meeting of the London Group on Environmental Accounting, Session 4 – Asset Accounting, Point 11 – Land classification.
- Zal, N., Bariamis, G., Zachos, A., Baltas, E., Mimikou, M., (2017), *Use of Freshwater Resources in Europe – An assessment based on water quantity accounts*, ed. Kunitzer, A.. ETC/ICM Technical Report 1/2017, Magdeburg: European Topic Centre on inland, coastal and marine waters.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Στο Παράρτημα Ι συγκεντρώνονται οι πίνακες μεταβολών μεγέθους 44x44 σύμφωνα με τα καταγεγραμμένα πολύγωνα αλλαγής κάλυψης γης που έχουν καταχωρηθεί στις βάσεις δεδομένων CLC-C (CORINE Land Cover Changes). Τα πρωτογενή αρχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία είναι διανυσματικά αρχεία (shapefiles) για το σύνολο της Ευρώπης τα οποία εισήχθησαν σε περιβάλλον ArcGIS. Με τη χρήση των κατάλληλων εργαλειοθηκών του λογισμικού ArcGIS προσδιορίστηκαν τα όρια των περιοχών μελέτης και κατασκευάστηκαν προϊόντα αρχεία με τους αντίστοιχους πίνακες ιδιοτήτων. Τα χαρακτηριστικά πεδία των πινάκων ιδιοτήτων στα οποία βασίστηκε η επεξεργασία των δεδομένων για κάθε μεμονωμένο πολύγωνο είναι:

- Το εμβαδό σε km²
- Ο αρχικός χαρακτηρισμός κάλυψης γης (αφετηρία του χρονικού διαστήματος παρατήρησης)
- Ο τελικός χαρακτηρισμός κάλυψης γης (τέλος του διαστήματος παρατήρησης)

Ακολούθησε η επεξεργασία των παραπάνω πεδίων σε υπολογιστικό περιβάλλον Microsoft Excel με τη δημιουργία συγκεντρωτικών πινάκων (pivot tables) για να προσδιοριστεί το σύνολο των αλλαγών. Οι συγκεντρωτικοί πίνακες έχουν διαστάσεις 44x44 (αναφέρονται στο τρίτο και πιο λεπτομερές ιεραρχικό επίπεδο της ταξινόμησης κατά CORINE) και περιέχουν τη βασική ποσοτική και ποιοτική πληροφορία που χρησιμοποιήθηκε στις αναλύσεις και τους υπολογισμούς της εργασίας. Αναμενόμενα, στις περιοχές που εφαρμόστηκε η ανάλυση των απογραφών κάλυψης γης (Ελληνική Επικράτεια, λεκάνη απορροής Πηνειού) δεν παρατηρήθηκαν και οι 1892 πιθανές μεταβολές (44x44=1936 τιμές κελιών μείον τις 44 μηδενικές τιμές κατά μήκος της διαγωνίου). Οι μη πραγματοποιηθείσες μεταβολές καταχωρήθηκαν στους πίνακες με μηδενικές τιμές.

Οι πίνακες Π.Ι.1 – Π.Ι.3 αναφέρονται στην Ελληνική Επικράτεια για τις τρεις χρονικές περιόδους ενώ οι πίνακες Π.Ι.4 – Π.Ι.6 στη δυτική περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού.

Στο τέλος του Παραρτήματος παρατίθεται ο κώδικας σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab, που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση των δεδομένων CORINE στην ομαδοποίηση των 8 ευρέων κατηγοριών που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 2. Παράλληλα γίνεται η σύνδεση με τους αντίστοιχους τύπους ροής γης για την παραγωγή των πινάκων κατανάλωσης – ροής γης και διαμόρφωσης – ροής γης. Στα αποτελέσματα και τα παραρτήματα της εργασίας δεν παρουσιάζονται αυτοί οι πίνακες, αλλά ορίζεται ένας ενιαίος πίνακας καθαρής διαμόρφωσης – ροής γης ως η διαφορά των πινάκων διαμόρφωσης με τους πίνακες κατανάλωσης.


```

% LAND FLOWS %

[changes,~,~]=xlsread('AMYGDLIA.xlsx',7,'b2:as45');

changes(isnan(changes))=0;

% CONVERSIONS TO ARTIFICIAL SURFACES %

% from artificial surfaces %

f111arti=changes([2 10:11],1:9);

f112arti=changes([1 3:9],1:9);

f113arti=changes(1:11,10);

f138arti=changes(1:11,11);

FL1arti=sum(f111arti(:))+sum(f112arti(:))+sum(f113arti(:));

FL3arti=sum(f138arti(:));

% from agriculture %

f113arab_arti=changes([12:17 19],10);

f121arab_arti=changes([12:17 19],1);

f122arab_arti=changes([12:17 19],2);

f131arab_arti=changes([12:17 19],3);

f132arab_arti=changes([12:17 19],4);

f133arab_arti=changes([12:17 19],5);

f134arab_arti=changes([12:17 19],6);

f135arab_arti=changes([12:17 19],7);

f136arab_arti=changes([12:17 19],8);

f137arab_arti=changes([12:17 19],9);

f138arab_arti=changes([12:17 19],11);

f113past_arti=changes([18 20:22],10);

f121past_arti=changes([18 20:22],1);

f122past_arti=changes([18 20:22],2);

```

```

fl31past_arti=changes([18 20:22],3);
fl32past_arti=changes([18 20:22],4);
fl33past_arti=changes([18 20:22],5);
fl34past_arti=changes([18 20:22],6);
fl35past_arti=changes([18 20:22],7);
fl36past_arti=changes([18 20:22],8);
fl37past_arti=changes([18 20:22],9);
fl38past_arti=changes([18 20:22],11);
FL1arab_arti=sum(fl13arab_arti(:));
FL2arab_arti=sum(fl21arab_arti(:))+sum(fl22arab_arti(:));
FL3arab_arti=sum(fl31arab_arti(:))+sum(fl32arab_arti(:))+sum(fl33arab_arti(:))+sum(fl34arab_arti
(:))+...
    +sum(fl35arab_arti(:))+sum(fl36arab_arti(:))+sum(fl37arab_arti(:))+sum(fl38arab_arti(:));
FL1past_arti=sum(fl13past_arti(:));
FL2past_arti=sum(fl21past_arti(:))+sum(fl22past_arti(:));
FL3past_arti=sum(fl31past_arti(:))+sum(fl32past_arti(:))+sum(fl33past_arti(:))+sum(fl34past_arti
(:))+...
    +sum(fl35past_arti(:))+sum(fl36past_arti(:))+sum(fl37past_arti(:))+sum(fl38past_arti(:));

% from forests, vegetation, bare soils %
fl13fore_arti=changes([23:25 29],10);
fl21fore_arti=changes([23:25 29],1);
fl22fore_arti=changes([23:25 29],2);
fl31fore_arti=changes([23:25 29],3);
fl32fore_arti=changes([23:25 29],4);
fl33fore_arti=changes([23:25 29],5);
fl34fore_arti=changes([23:25 29],6);
fl35fore_arti=changes([23:25 29],7);
fl36fore_arti=changes([23:25 29],8);
fl37fore_arti=changes([23:25 29],9);

```

```

fl38fore_arti=changes([23:25 29],11);

fl13vege_arti=changes(26:28,10);

fl21vege_arti=changes(26:28,1);

fl22vege_arti=changes(26:28,2);

fl31vege_arti=changes(26:28,3);

fl32vege_arti=changes(26:28,4);

fl33vege_arti=changes(26:28,5);

fl34vege_arti=changes(26:28,6);

fl35vege_arti=changes(26:28,7);

fl36vege_arti=changes(26:28,8);

fl37vege_arti=changes(26:28,9);

fl38vege_arti=changes(26:28,11);

fl13open_arti=changes(30:33,10);

fl21open_arti=changes(30:33,1);

fl22open_arti=changes(30:33,2);

fl31open_arti=changes(30:33,3);

fl32open_arti=changes(30:33,4);

fl33open_arti=changes(30:33,5);

fl34open_arti=changes(30:33,6);

fl35open_arti=changes(30:33,7);

fl36open_arti=changes(30:33,8);

fl37open_arti=changes(30:33,9);

fl38open_arti=changes(30:33,11);

fl99open_arti=changes(34,1:11);

FL1fore_arti=sum(fl13fore_arti(:));

FL2fore_arti=sum(fl21fore_arti(:))+sum(fl22fore_arti(:));

FL3fore_arti=sum(fl31fore_arti(:))+sum(fl32fore_arti(:))+sum(fl33fore_arti(:))+sum(fl34fore_arti
(:))+...

    +sum(fl35fore_arti(:))+sum(fl36fore_arti(:))+sum(fl37fore_arti(:))+sum(fl38fore_arti(:));

FL1vege_arti=sum(fl13vege_arti(:));

```

```

FL2vege_arti=sum(fl21vege_arti(:))+sum(fl22vege_arti(:));

FL3vege_arti=sum(fl31vege_arti(:))+sum(fl32vege_arti(:))+sum(fl33vege_arti(:))+sum(fl34vege_arti
(:))+...

    +sum(fl35vege_arti(:))+sum(fl36vege_arti(:))+sum(fl37vege_arti(:))+sum(fl38vege_arti(:));

FL1open_arti=sum(fl13open_arti(:));

FL2open_arti=sum(fl21open_arti(:))+sum(fl22open_arti(:));

FL3open_arti=sum(fl31open_arti(:))+sum(fl32open_arti(:))+sum(fl33open_arti(:))+sum(fl34open_arti
(:))+...

    +sum(fl35open_arti(:))+sum(fl36open_arti(:))+sum(fl37open_arti(:))+sum(fl38open_arti(:));

FL9open_arti=sum(fl99open_arti(:));

% from wetlands and water bodies %

fl13wetl_arti=changes(35:39,10);

fl21wetl_arti=changes(35:39,1);

fl22wetl_arti=changes(35:39,2);

fl31wetl_arti=changes(35:39,3);

fl32wetl_arti=changes(35:39,4);

fl33wetl_arti=changes(35:39,5);

fl34wetl_arti=changes(35:39,6);

fl35wetl_arti=changes(35:39,7);

fl36wetl_arti=changes(35:39,8);

fl37wetl_arti=changes(35:39,9);

fl38wetl_arti=changes(35:39,11);

fl13wate_arti=changes(40:44,10);

fl21wate_arti=changes(40:44,1);

fl22wate_arti=changes(40:44,2);

fl31wate_arti=changes(40:44,3);

fl32wate_arti=changes(40:44,4);

fl33wate_arti=changes(40:44,5);

fl34wate_arti=changes(40:44,6);

fl35wate_arti=changes(40:44,7);

```

```

fl36wate_arti=changes(40:44,8);

fl37wate_arti=changes(40:44,9);

fl38wate_arti=changes(40:44,11);

FL1wetl_arti=sum(fl13wetl_arti(:));

FL2wetl_arti=sum(fl121wetl_arti(:))+sum(fl122wetl_arti(:));

FL3wetl_arti=sum(fl131wetl_arti(:))+sum(fl132wetl_arti(:))+sum(fl133wetl_arti(:))+sum(fl134wetl_arti
(:))+...

    +sum(fl135wetl_arti(:))+sum(fl136wetl_arti(:))+sum(fl137wetl_arti(:))+sum(fl138wetl_arti(:));

FL1wate_arti=sum(fl113wate_arti(:));

FL2wate_arti=sum(fl121wate_arti(:))+sum(fl122wate_arti(:));

FL3wate_arti=sum(fl131wate_arti(:))+sum(fl132wate_arti(:))+sum(fl133wate_arti(:))+sum(fl134wate_arti
(:))+...

    +sum(fl135wate_arti(:))+sum(fl136wate_arti(:))+sum(fl137wate_arti(:))+sum(fl138wate_arti(:));

% CONVERSIONS TO AGRICULTURE %

% from artificial areas %

fl154arti_arab=changes(1:11,[12:17 19]);

fl154arti_past=changes(1:11,[18 20:22]);

FL5arti_arab=sum(fl154arti_arab(:));

FL5arti_past=sum(fl154arti_past(:));

% from agriculture %

fl1421arab=changes(12,12:14);

fl1422arab=changes(13:14,12:14);

fl1431arab=changes(17,15:16);

fl1432arab=changes(15:16,17);

fl1433arab=changes(15:16,15:16);

fl1441arab=changes([15:17 19],13:14);

fl1442arab=changes([15:16 19],12);

```

```

fl443arab=changes(17,[12 19]);

fl444arab=changes(15:16,19);

fl451arab=changes([12:14 19],15:16);

fl452arab=changes([12:14 19],17);

fl453arab=changes(12:14,19);

fl411arab_past=changes(12:19,18);

fl412arab_past=changes([12:14 19],20);

fl443arab_past=changes(17,20);

fl444arab_past=changes(15:16,20);

fl47arab_past=changes([12:17 19],22);

fl62arab_past=changes([12:17 19],21);

fl412past=changes([20 22],18);

fl463past=changes([18 22],20);

fl47past=changes([18 20:22],22);

fl523past=changes(21,[18 20]);

fl62past=changes([18 20:22],21);

fl461past_arab=changes([18 22],13:14);

fl462past_arab=changes([18 22],[12 15:17 19]);

fl463past_arab=changes(20,[12:17 19]);

fl523past_arab=changes(21,[12:17 19]);

FL4arab=sum(fl421arab(:))+sum(fl422arab(:))+sum(fl431arab(:))+sum(fl432arab(:))+sum(fl433arab(:))
)...

+sum(fl441arab(:))+sum(fl442arab(:))+sum(fl443arab(:))+sum(fl444arab(:))+sum(fl451arab(:))...

+sum(fl452arab(:))+sum(fl453arab(:));

FL4arab_past=sum(fl411arab_past(:))+sum(fl412arab_past(:))+sum(fl443arab_past(:))+sum(fl444arab_
past(:))...

+sum(fl47arab_past(:));

FL6arab_past=sum(fl62arab_past(:));

FL4past=sum(fl412past(:))+sum(fl463past(:))+sum(fl47past(:));

FL5past=sum(fl523past(:));

```

```

FL6past=sum(fl62past(:));

FL4past_arab=sum(fl461past_arab(:))+sum(fl462past_arab(:))+sum(fl463past_arab(:));

FL5past_arab=sum(fl523past_arab);

% from forests,vegetation,bare soils %

fl511fore_arab=changes([23:25 29],[12:17 19]);
fl512fore_past=changes([23:25 29],[18 20:22]);
fl521vege_arab=changes(26:28,[12:17 19]);
fl522vege_past=changes(26:28,[18 20:22]);
fl521open_arab=changes(30:33,[12:17 19]);
fl199open_arab=changes(34,[12:17 19]);
fl522open_past=changes(30:33,[18 20:22]);
fl199open_past=changes(34,[18 20:22]);

FL5fore_arab=sum(fl511fore_arab(:));
FL5fore_past=sum(fl512fore_past(:));
FL5vege_arab=sum(fl521vege_arab(:));
FL5vege_past=sum(fl522vege_past(:));
FL5open_arab=sum(fl521open_arab(:));
FL9open_arab=sum(fl199open_arab(:));
FL5open_past=sum(fl522open_past(:));
FL9open_past=sum(fl199open_past(:));

% from wetlands and water bodies%

fl53wetl_arab=changes(35:39,[12:17 19]);
fl53wetl_past=changes(35:39,[18 20:22]);
fl53wate_arab=changes(40:44,[12:17 19]);
fl53wate_past=changes(40:44,[18 20:22]);
FL5wetl_arab=sum(fl53wetl_arab(:));
FL5wetl_past=sum(fl53wetl_past(:));

```



```

FL5wate_arab=sum(fl53wate_arab(:));

FL5wate_past=sum(fl53wate_past(:));

% CONVERSION TO FOREST,VEGETATION,BARE SOILS %

% from artificial surface %

fl72arti_fore=changes(1:11,[23:25 29]);

fl911arti_vege=changes(1:11,26:28);

fl911arti_open=changes(1:11,30:32);

fl92arti_open=changes(1:11,33);

fl99arti_open=changes(1:11,34);

FL7arti_fore=sum(fl72arti_fore(:));

FL9arti_vege=sum(fl911arti_vege(:));

FL9arti_open=sum(fl911arti_open(:))+sum(fl92arti_open(:))+sum(fl99arti_open(:));

% from agriculture %

fl61arab_fore=changes([12:17 19],[23:25 29]);

fl61past_fore=changes([18 20:22],[23:25 29]);

fl62arab_vege=changes([12:17 19],26:28);

fl62past_vege=changes([18 20:22],26:28);

fl62arab_open=changes([12:17 19],30:32);

fl62past_open=changes([18 20:22],30:32);

fl92arab_open=changes([12:17 19],33);

fl92past_open=changes([18 20:22],33);

fl99arab_open=changes([12:17 19],34);

fl99past_open=changes([18 20:22],34);

FL6arab_fore=sum(fl61arab_fore(:));

FL6past_fore=sum(fl61past_fore(:));

FL6arab_vege=sum(fl62arab_vege(:));

```

```

FL6past_vege=sum(f162past_vege(:));

FL6arab_open=sum(f162arab_open(:));

FL6past_open=sum(f162past_open(:));

FL9arab_open=sum(f192arab_open(:))+sum(f199arab_open(:));

FL9past_open=sum(f192past_open(:))+sum(f199past_open(:));

% from forest,vegetation,bare soils %

f171fore=changes(29,23:25);

f173fore=changes(23:25,23:25);

f174fore=changes(23:25,29);

f174fore_vege=changes(23:25,26:28);

f1911fore_vege=changes(29,26:28);

f174fore_open=changes(23:25,30:32);

f1911fore_open=changes(29,30:32);

f192fore_open=changes([23:25 29],33);

f199fore_open=changes([23:25 29],34);

f1912vege=changes(26:28,26:28);

f172vege_fore=changes(26:28,[23:25 29]);

f1912vege_open=changes(26:28,30:32);

f192vege_open=changes(26:28,33);

f199vege_open=changes(26:28,34);

f1912open_a=changes(30:33,30:33);

f1912open_b=changes(31:32,35);

f192open=changes(30:33,33);

f194open=changes(34,30:33);

f199open_a=changes([30 33],35);

f199open_b=changes(34,33);

f172open_fore=changes(30:33,[23:25 29]);

f194open_fore=changes(34,29);

```

```

fl99open_fore=changes(34,23:25);

fl912open_vege=changes(30:33,26:28);

fl94open_vege=changes(34,26:28);

FL7fore=sum(fl71fore(:))+sum(fl73fore(:))+sum(fl74fore(:));

FL7fore_vege=sum(fl74fore_vege(:));

FL9fore_vege=sum(fl911fore_vege(:));

FL7fore_open=sum(fl74fore_open(:));

FL9fore_open=sum(fl911fore_open(:))+sum(fl92fore_open(:))+sum(fl99fore_open(:));

FL9vege=sum(fl912vege(:));

FL7vege_fore=sum(fl72vege_fore(:));

FL9vege_open=sum(fl912vege_open(:))+sum(fl92vege_open(:))+sum(fl99vege_open(:));

FL9open=sum(fl912open_a(:))+sum(fl912open_b(:))+sum(fl92open(:))+sum(fl94open(:))...
+sum(fl99open_a(:))+sum(fl99open_b(:));

FL7open_fore=sum(fl72open_fore(:));

FL9open_fore=sum(fl94open_fore(:))+sum(fl99open_fore(:));

FL9open_vege=sum(fl912open_vege(:))+sum(fl94open_vege(:));

% from wetlands and water bodies %

fl72wetl_fore_a=changes(35:38,[23:25 29]);

fl72wetl_fore_b=changes(39,23:25);

fl99wetl_fore=changes(39,29);

fl911wetl_vege=changes(38,26:28);

fl912wetl_vege=changes(35:37,26:28);

fl99wetl_vege=changes(39,26:28);

fl911wetl_open=changes(38,[30 32]);

fl92wetl_open=changes(36,33);

fl93wetl_open=changes(39,31);

fl99wetl_open_a=changes(35:37,30:32);

fl99wetl_open_b=changes(35,33:34);

```

```

f199wetl_open_c=changes(36,34);

f199wetl_open_d=changes(37:39,33:34);

f199wetl_open_e=changes(38,31);

f199wetl_open_f=changes(39,[30 32]);

f172wate_fore=changes(40:44,23:25);

f199wate_fore=changes(40:44,29);

f199wate_vege=changes(40:44,26:28);

f182wate_open=changes(41,30:32);

f199wate_open_a=changes([40 42:44],30:34);

f199wate_open_b=changes(41,33:34);

FL7wetl_fore=sum(f172wetl_fore_a(:))+sum(f172wetl_fore_b(:));

FL9wetl_fore=sum(f199wetl_fore(:));

FL9wetl_vege=sum(f1911wetl_vege(:))+sum(f1912wetl_vege(:))+sum(f199wetl_vege(:));

FL9wetl_open=sum(f1911wetl_open(:))+sum(f192wetl_open(:))+sum(f193wetl_open(:))+sum(f199wetl_ope
n_a(:))...

+sum(f199wetl_open_b(:))+sum(f199wetl_open_c(:))+sum(f199wetl_open_d(:))+sum(f199wetl_open_e(:))
+sum(f199wetl_open_f(:));

FL7wate_fore=sum(f172wate_fore(:));

FL9wate_fore=sum(f199wate_fore(:));

FL9wate_vege=sum(f199wate_vege(:));

FL8wate_open=sum(f182wate_open(:));

FL9wate_open=sum(f199wate_open_a(:))+sum(f199wate_open_b(:));

% CONVERSIONS TO WETLANDS AND WATER BODIES %

% from artificial surfaces %

f193arti_wetl=changes(1:11,39);

f199arti_wetl=changes(1:11,35:38);

f181arti_wate=changes(7:11,41);

f1913arti_wate=changes(1:11,40);

```

```

fl93arti_wate=changes(1:11,43:44);

fl99arti_wate_a=changes(1:6,41:42);

fl99arti_wate_b=changes(7:11,42);

FL9arti_wetl=sum(fl93arti_wetl(:))+sum(fl99arti_wetl(:));

FL8arti_wate=sum(fl81arti_wate(:));

FL9arti_wate=sum(fl913arti_wate(:))+sum(fl93arti_wate(:))+sum(fl99arti_wate_a(:))+sum(fl99arti_wate_b(:));

% from agriculture %

fl62arab_wetl=changes(14,35:38);

fl93arab_wetl=changes([12:17 19],39);

fl99arab_wetl=changes([12:13 15:17 19],35:38);

fl62past_wetl_a=changes([18 20:21],35:37);

fl62past_wetl_b=changes(22,35);

fl93past_wetl=changes([18 20:22],39);

fl99past_wetl_a=changes([18 20:21],38);

fl99past_wetl_b=changes(22,36:38);

fl62arab_wate=changes(14,42);

fl81arab_wate=changes([12:17 19],41);

fl913arab_wate=changes([12:17 19],40);

fl93arab_wate=changes([12:17 19],43:44);

fl99arab_wate=changes([12:13 15:17 19],42);

fl81past_wate=changes([18 20:22],41);

fl913past_wate=changes([18 20:22],40);

fl93past_wate=changes([18 20:22],43:44);

fl99past_wate=changes([18 20:22],42);

FL6arab_wetl=sum(fl62arab_wetl(:));

FL9arab_wetl=sum(fl93arab_wetl(:))+sum(fl99arab_wetl(:));

FL6past_wetl=sum(fl62past_wetl_a(:))+sum(fl62past_wetl_b(:));

FL9past_wetl=sum(fl93past_wetl(:))+sum(fl99past_wetl_a(:))+sum(fl99past_wetl_b(:));

FL6arab_wate=sum(fl62arab_wate(:));

```

```

FL8arab_wate=sum(fl81arab_wate(:));

FL9arab_wate=sum(fl913arab_wate(:))+sum(fl93arab_wate(:))+sum(fl99arab_wate(:));

FL8past_wate=sum(fl81past_wate(:));

FL9past_wate=sum(fl913past_wate(:))+sum(fl93past_wate(:))+sum(fl99past_wate(:));

% from forest,vegetation,bare soils %

fl911fore_wet1=changes(29,35:37);

fl93fore_wet1=changes([23:25 29],39);

fl99fore_wet1_a=changes(23:25,35:38);

fl99fore_wet1_b=changes(29,38);

fl912vege_wet1=changes(26:28,35:37);

fl93vege_wet1=changes(26:28,39);

fl99vege_wet1=changes(26:28,38);

fl912open_wet1=changes([30 32:33],35:37);

fl93open_wet1=changes(30:33,39);

fl94open_wet1=changes(34,35:39);

fl99open_wet1_a=changes(30:33,38);

fl99open_wet1_b=changes(31,35:37);

fl81fore_wate=changes([23:25 29],41);

fl913fore_wate=changes([23:25 29],40);

fl93fore_wate=changes([23:25 29],43:44);

fl99fore_wate=changes([23:25 29],42);

fl81vege_wate=changes(26:28,41);

fl913vege_wate=changes(26:28,40);

fl93vege_wate=changes(26:28,43:44);

fl99vege_wate=changes(26:28,42);

fl81open_wate=changes(30:33,41);

fl913open_wate=changes(30:33,40);

fl93open_wate=changes(30:33,43:44);

```

```

f194open_wate=changes(34,40:44);

f199open_wate=changes(30:33,42);

FL9fore_wetl=sum(f1911fore_wetl(:))+sum(f193fore_wetl(:))+sum(f199fore_wetl_a(:))+sum(f199fore_w
etl_b(:));

FL9vege_wetl=sum(f1912vege_wetl(:))+sum(f193vege_wetl(:))+sum(f199vege_wetl(:));

FL9open_wetl=sum(f1912open_wetl(:))+sum(f193open_wetl(:))+sum(f194open_wetl(:))...
+sum(f199open_wetl_a(:))+sum(f199open_wetl_b(:));

FL8fore_wate=sum(f181fore_wate(:));

FL9fore_wate=sum(f1913fore_wate(:))+sum(f193fore_wate(:))+sum(f199open_wate(:));

FL8vege_wate=sum(f181vege_wate(:));

FL9vege_wate=sum(f1913vege_wate(:))+sum(f193vege_wate(:))+sum(f199vege_wate(:));

FL8open_wate=sum(f181open_wate(:));

FL9open_wate=sum(f1913open_wate(:))+sum(f193open_wate(:))+sum(f194open_wate(:))+sum(f199open_wat
e(:));

% from wetlands and water bodies %

f1911wetl=changes(38,37);

f1912wetl_a=changes(35:36,35:37);

f1912wetl_b=changes([37 39],36:37);

f193wetl=changes(35:38,39);

f199wetl_a=changes([35:37 39],38);

f199wetl_b=changes(37:39,35);

f199wetl_c=changes(38,36);

f181wetl_wate=changes(38,41);

f1911wetl_wate=changes(38,42);

f1912wetl_wate=changes(35:37,41:42);

f1913wetl_wate=changes(35:39,40);

f193wetl_wate_a=changes(35:39,43:44);

f193wetl_wate_b=changes(39,42);

f199wetl_wate=changes(39,41);

```

```

fl912wate_a=changes(40,41:42);

fl912wate_b=changes(44,42:43);

fl93wate=changes(40:43,43:44);

fl99wate_a=changes(41:44,40:41);

fl99wate_b=changes([41 43],42);

fl912wate_wetl=changes(40:44,35:37);

fl93wate_wetl=changes(41:43,39);

fl99wate_wetl_a=changes(40:44,38);

fl99wate_wetl_b=changes([40 44],39);

FL9wetl=sum(fl911wetl(:))+sum(fl912wetl_a(:))+sum(fl912wetl_b(:))+sum(fl93wetl(:))...

+sum(fl99wetl_a(:))+sum(fl99wetl_b(:))+sum(fl99wetl_c(:));

FL8wetl_wate=sum(fl81wetl_wate(:));

FL9wetl_wate=sum(fl911wetl_wate(:))+sum(fl912wetl_wate(:))+sum(fl913wetl_wate(:))+sum(fl93wetl_w
ate_a(:))...

+sum(fl93wetl_wate_b(:))+sum(fl99wetl_wate(:));

FL9wate=sum(fl912wate_a(:))+sum(fl912wate_b(:))+sum(fl93wate(:))+sum(fl99wate_a(:))+sum(fl99wate
_b(:));

FL9wate_wetl=sum(fl912wate_wetl(:))+sum(fl93wate_wetl(:))+sum(fl99wate_wetl_a(:))+sum(fl99wate_w
etl_b(:));

%CONSUMPTION-FORMATION OF BROAD LAND COVER CLASSES%

% Conversions %

ARTI=FL1arti+FL3arti;

ARAB=FL4arab;

PAST=FL4past+FL5past+FL6past;

FORE=FL7fore;

VEGE=FL9vege;

OPEN=FL9open;

WETL=FL9wetl;

WATE=FL9wate;

ARTI_ARAB=FL5arti_arab;

```



```
ARTI_PAST=FL5arti_past;

ARTI_FORE=FL7arti_fore;

ARTI_VEGE=FL9arti_vege;

ARTI_OPEN=FL9arti_open;

ARTI_WETL=FL9arti_wetl;

ARTI_WATE=FL8arti_wate+FL9arti_wate;

ARAB_ARTI=FL1arab_arti+FL2arab_arti+FL3arab_arti;

PAST_ARTI=FL1past_arti+FL2past_arti+FL3past_arti;

FORE_ARTI=FL1fore_arti+FL2fore_arti+FL3fore_arti;

VEGE_ARTI=FL1vege_arti+FL2vege_arti+FL3vege_arti;

OPEN_ARTI=FL1open_arti+FL2open_arti+FL3open_arti+FL9open_arti;

WETL_ARTI=FL1wetl_arti+FL2wetl_arti+FL3wetl_arti;

WATE_ARTI=FL1wate_arti+FL2wate_arti+FL3wate_arti;

ARAB_PAST=FL4arab_past+FL6arab_past;

ARAB_FORE=FL6arab_fore;

ARAB_VEGE=FL6arab_vege;

ARAB_OPEN=FL6arab_open+FL9arab_open;

ARAB_WETL=FL6arab_wetl+FL9arab_wetl;

ARAB_WATE=FL8arab_wate+FL9arab_wate;

PAST_ARAB=FL4past_arab+FL5past_arab;

FORE_ARAB=FL5fore_arab;

VEGE_ARAB=FL5vege_arab;

OPEN_ARAB=FL5open_arab+FL9open_arab;

WETL_ARAB=FL5wetl_arab;

WATE_ARAB=FL5wate_arab;

PAST_FORE=FL6past_fore;

PAST_VEGE=FL6past_vege;

PAST_OPEN=FL6past_open+FL9past_open;

PAST_WETL=FL6past_wetl+FL9past_wetl;
```

```

PAST_WATE=FL8past_wate+FL9past_wate;

FORE_PAST=FL5fore_past;

VEGE_PAST=FL5vege_past;

OPEN_PAST=FL5open_past+FL9open_past;

WETL_PAST=FL5wetl_past;

WATE_PAST=FL5wate_past;

FORE_VEGE=FL7fore_vege+FL9fore_vege;

FORE_OPEN=FL7fore_open+FL9fore_open;

FORE_WETL=FL9fore_wetl;

FORE_WATE=FL8fore_wate+FL9fore_wate;

VEGE_FORE=FL7vege_fore;

OPEN_FORE=FL7open_fore+FL9open_fore;

WETL_FORE=FL7wetl_fore+FL9wetl_fore;

WATE_FORE=FL7wate_fore+FL9wate_fore;

VEGE_OPEN=FL9vege_open;

VEGE_WETL=FL9vege_wetl;

VEGE_WATE=FL8vege_wate+FL9vege_wate;

OPEN_VEGE=FL9open_vege;

WETL_VEGE=FL9wetl_vege;

WATE_VEGE=FL9wate_vege;

OPEN_WETL=FL9open_wetl;

OPEN_WATE=FL8open_wate+FL9open_wate;

WETL_OPEN=FL9wetl_open;

WATE_OPEN=FL8wate_open+FL9wate_open;

WETL_WATE=FL8wetl_wate+FL9wetl_wate;

WATE_WETL=FL9wate_wetl;

conversion=[ARTI ARTI_ARAB ARTI_PAST ARTI_FORE ARTI_VEGE ARTI_OPEN ARTI_WETL ARTI_WATE;...

ARAB_ARTI ARAB ARAB_PAST ARAB_FORE ARAB_VEGE ARAB_OPEN ARAB_WETL ARAB_WATE;...

```

```
PAST_ARTI PAST_ARAB PAST PAST_FORE PAST_VEGE PAST_OPEN PAST_WETL PAST_WATE;...
FORE_ARTI FORE_ARAB FORE_PAST FORE FORE_VEGE FORE_OPEN FORE_WETL FORE_WATE;...
VEGE_ARTI VEGE_ARAB VEGE_PAST VEGE_FORE VEGE VEGE_OPEN VEGE_WETL VEGE_WATE;...
OPEN_ARTI OPEN_ARAB OPEN_PAST OPEN_FORE OPEN_VEGE OPEN OPEN_WETL OPEN_WATE;...
WETL_ARTI WETL_ARAB WETL_PAST WETL_FORE WETL_VEGE WETL_OPEN WETL WETL_WATE;...
WATE_ARTI WATE_ARAB WATE_PAST WATE_FORE WATE_VEGE WATE_OPEN WATE_WETL WATE];
```

```
% FLOWS %
```

```
% Artificial surfaces %
```

```
conarti1=FL1arti;
```

```
conarti3=FL3arti;
```

```
conarti5=FL5arti_arab+FL5arti_past;
```

```
conarti7=FL7arti_fore;
```

```
conarti8=FL8arti_wate;
```

```
conarti9=FL9arti_vege+FL9arti_open+FL9arti_wetl+FL9arti_wate;
```

```
forarti1=FL1arti+FL1arab_arti+FL1past_arti+FL1fore_arti+FL1vege_arti...
```

```
+FL1open_arti+FL1wetl_arti+FL1wate_arti;
```

```
forarti2=FL2arab_arti+FL2past_arti+FL2fore_arti+FL2vege_arti...
```

```
+FL2open_arti+FL2wetl_arti+FL2wate_arti;
```

```
forarti3=FL3arti+FL3arab_arti+FL3past_arti+FL3fore_arti+FL3vege_arti...
```

```
+FL3open_arti+FL3wetl_arti+FL3wate_arti;
```

```
forarti9=FL9open_arti;
```

```
% Arable land %
```

```
conarab1=FL1arab_arti;
```

```
conarab2=FL2arab_arti;
```

```
conarab3=FL3arab_arti;
```

```
conarab4=FL4arab+FL4arab_past;
```

```
conarab6=FL6arab_past+FL6arab_fore+FL6arab_vege+FL6arab_open+FL6arab_wetl...
```

```

+FL6arab_wate;

conarab8=FL8arab_wate;

conarab9=FL9arab_open+FL9arab_wet1+FL9arab_wate;

forarab4=FL4arab+FL4past_arab;

forarab5=FL5arti_arab+FL5past_arab+FL5fore_arab+FL5vege_arab+FL5open_arab+FL5wet1_arab...
+FL5wate_arab;

forarab9=FL9open_arab;

% Pastures %

conpast1=FL1past_arti;

conpast2=FL2past_arti;

conpast3=FL3past_arti;

conpast4=FL4past+FL4past_arab;

conpast5=FL5past+FL5past_arab;

conpast6=FL6past+FL6past_fore+FL6past_vege+FL6past_open+FL6past_wet1;

conpast8=FL8past_wate;

conpast9=FL9past_open+FL9past_wet1+FL9past_wate;

forpast4=FL4past+FL4arab_past;

forpast5=FL5arti_past+FL5past+FL5fore_past+FL5vege_past+FL5open_past...
+FL5wet1_past+FL5wate_past;

forpast6=FL6arab_past+FL6past;

forpast9=FL9open_past;

% Forests %

confore1=FL1fore_arti;

confore2=FL2fore_arti;

confore3=FL3fore_arti;

confore5=FL5fore_past+FL5fore_arab;

confore7=FL7fore+FL7fore_vege+FL7fore_open;

```

```

confore8=FL8fore_wate;

confore9=FL9fore_vege+FL9fore_open+FL9fore_wetl+FL9fore_wate;

forfore6=FL6arab_fore+FL6past_fore;

forfore7=FL7arti_fore+FL7fore+FL7vege_fore+FL7open_fore+FL7wate_fore+FL7wetl_fore;

forfore9=FL9open_fore+FL9wetl_fore+FL9wate_fore;

% Vegetation %

convege1=FL1vege_arti;

convege2=FL2vege_arti;

convege3=FL3vege_arti;

convege5=FL5vege_past+FL5vege_arab;

convege7=FL7vege_fore;

convege8=FL8vege_wate;

convege9=FL9vege+FL9vege_open+FL9vege_wetl+FL9vege_wate;

forvege6=FL6arab_vege+FL6past_vege;

forvege7=FL7fore_vege;

forvege9=FL9arti_vege+FL9fore_vege+FL9vege+FL9open_vege+FL9wetl_vege+FL9wate_vege;

% Open spaces %

conopen1=FL1open_arti;

conopen2=FL2open_arti;

conopen3=FL3open_arti;

conopen5=FL5open_past+FL5open_arab;

conopen7=FL7open_fore;

conopen8=FL8open_wate;

conopen9=FL9open_arti+FL9open_arab+FL9open_past+FL9open+FL9open_fore...

    +FL9open_vege+FL9open_wetl+FL9open_wate;

foropen6=FL6arab_open+FL6past_open;

foropen7=FL7fore_open;

```

```

foropen8=FL8wate_open;

foropen9=FL9arti_open+FL9arab_open+FL9past_open+FL9fore_open+FL9vege_open...
+FL9open+FL9wetl_open+FL9wate_open;

% Wetlands %

conwetl1=FL1wetl_arti;
conwetl2=FL2wetl_arti;
conwetl3=FL3wetl_arti;
conwetl5=FL5wetl_past+FL5wetl_arab;
conwetl7=FL7wetl_fore;
conwetl8=FL8wetl_wate;
conwetl9=FL9wetl_fore+FL9wetl_vege+FL9wetl_open+FL9wetl+FL9wetl_wate;
forwetl6=FL6arab_wetl+FL6past_wetl;
forwetl9=FL9arti_wetl+FL9arab_wetl+FL9past_wetl+FL9fore_wetl+FL9vege_wetl...
+FL9open_wetl+FL9wetl+FL9wate_wetl;

% Water bodies %

conwate1=FL1wate_arti;
conwate2=FL2wate_arti;
conwate3=FL3wate_arti;
conwate5=FL5wate_past+FL5wate_arab;
conwate7=FL7wate_fore;
conwate8=FL8wate_open;
conwate9=FL9wate_fore+FL9wate_vege+FL9wate_open+FL9wate+FL9wate_wetl;
forwate6=FL6arab_wate;
forwate8=FL8arti_wate+FL8arab_wate+FL8past_wate+FL8fore_wate+FL8vege_wate...
+FL8open_wate+FL8wetl_wate;
forwate9=FL9arti_wate+FL9arab_wate+FL9past_wate+FL9fore_wate+FL9vege_wate...
+FL9open_wate+FL9wetl_wate+FL9wate;

```

```

% consumption-formation matrices %

con_ds=[conarti1,conarab1,conpast1,confore1,convege1,conopen1,conwet11,conwate1;...

0,conarab2,conpast2,confore2,convege2,conopen2,conwet12,conwate2;conarti3,conarab3,conpast3,conf
ore3,convege3,...

conopen3,conwet13,conwate3;0,conarab4,conpast4,0,0,0,0,0;conarti5,0,conpast5,confore5,convege5,c
onopen5,conwet15,conwate5;...

0,conarab6,conpast6,0,0,0,0,0;conarti7,0,0,confore7,convege7,conopen7,conwet17,conwate7;...

conarti8,conarab8,conpast8,confore8,convege8,conopen8,conwet18,conwate8;...

conarti9,conarab9,conpast9,confore9,convege9,conopen9,conwet19,conwate9];

for_ds=[forarti1,0,0,0,0,0,0,0;forarti2,0,0,0,0,0,0,0;forarti3,0,0,0,0,0,0,0;...

0,forarab4,forpast4,0,0,0,0,0;0,forarab5,forpast5,0,0,0,0,0;0,0,forpast6,forfore6,...

forvege6,foropen6,forwet16,forwate6;0,0,0,forfore7,forvege7,foropen7,0,0;...

0,0,0,0,0,foropen8,0,forwate8;forarti9,forarab9,forpast9,forfore9,...

forvege9,foropen9,forwet19,forwate9];

flow_types={'LCF1' 'LCF2' 'LCF3' 'LCF4' 'LCF5' 'LCF6' 'LCF7' 'LCF8' 'LCF9'};

con_mat=dataset({con_ds 'artificial_surfaces' 'arable_land' 'pastures_mosaics' 'forests'
'vegetation' 'open_spaces'...

'wetlands' 'water_bodies'},'obsnames',flow_types);

for_mat=dataset({for_ds 'artificial_surfaces' 'arable_land' 'pastures_mosaics' 'forests'
'vegetation' 'open_spaces'...

'wetlands' 'water_bodies'},'obsnames',flow_types);

LCF_con=table(sum(con_ds,2),'RowNames',flow_types);

LCF_for=table(sum(for_ds,2),'RowNames',flow_types);

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Η εξέλιξη της κάλυψης γης καθώς και οι απογραφές για την Ελληνική Επικράτεια παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για τις τρεις διαδοχικές περιόδους παρατήρησης.

Περίοδος 1990 – 2000

*Πίνακας Π.ΙΙ.1: Οι μεταβολές στην κάλυψη γης σε km²
(Ελλάδα, 1990 - 2000)*

| <u>2000</u> | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα | <u>Συν. Κατανάλωση</u> |
|--------------------------|---------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|
| <u>1990</u> | | | | | | | | | |
| Τεχνητές επιφάνειες | 21.38 | 0 | 1.08 | 0 | 3.80 | 0 | 0 | 1.36 | 27.63 |
| Αρόσιμη γη | 122.86 | 438.60 | 68.83 | 0.40 | 0 | 0 | 0.14 | 3.24 | 634.07 |
| Λιβαδικές εκτάσεις | 116.20 | 64.09 | 5.14 | 0.77 | 2.63 | 0.10 | 0 | 4.86 | 193.80 |
| Δάση | 26.76 | 1.24 | 11.04 | 1125.4 | 15.80 | 16.96 | 0 | 10.30 | 1207.49 |
| Σκληρ. βλάστηση | 83.07 | 22.58 | 61.36 | 112.18 | 151.41 | 64.87 | 0 | 8.96 | 504.43 |
| Γυμνά εδάφη | 1.86 | 0.30 | 0.91 | 18.31 | 43.32 | 0 | 0.24 | 4.80 | 69.75 |
| Υγρότοποι | 1.12 | 2.44 | 1.56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.92 | 10.05 |
| Υδ. σώματα | 2.23 | 13.68 | 3.09 | 0.46 | 0.30 | 16.60 | 10.97 | 6.26 | 53.59 |
| <u>Συνολ. Διαμόρφωση</u> | 375.49 | 542.94 | 153.01 | 1257.5 | 217.26 | 98.54 | 11.35 | 44.71 | 2700.81 |

Πίνακας Π.Π.2: Η απογραφή κάλυψης γης στον ελληνικό χώρο σε km² (1990 -2000)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρό- τοποι | Υδ. σώματα | Συνολ. επιφάνεια |
|--|------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|
| Κάλυψη Γης 1990 | 2469.8 | 30262.1 | 22711.7 | 36005.1 | 36101.2 | 2374.7 | 592.7 | 1476.3 | 131993.70 |
| Κατανάλωση αρχ. τύπου κάλυψης | 27.6 | 634.1 | 193.8 | 1207.5 | 504.4 | 69.7 | 10.0 | 53.6 | 2700.81 |
| Τελ. διαμόρφωση τύπου κάλυψης | 375.5 | 542.9 | 153.0 | 1257.5 | 217.3 | 98.5 | 11.3 | 44.7 | 2700.81 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση | 347.9 | -91.1 | -40.8 | 50.0 | -287.2 | 28.8 | 1.3 | -8.9 | 0.00 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση (% του αρχ. έτους) | 14.1% | -0.3% | -0.2% | 0.1% | -0.8% | 1.2% | 0.2% | -0.6% | |
| Κύκλος εργασιών | 403.1 | 1177.0 | 346.8 | 2465.0 | 721.7 | 168.3 | 21.4 | 98.3 | 5401.62 |
| Κύκλος εργασιών (% του αρχ. έτους) | 16.3% | 3.9% | 1.5% | 6.8% | 2.0% | 7.1% | 3.6% | 6.7% | 4% |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης | 2442.2 | 29628.0 | 22517.9 | 34797.6 | 35596.8 | 2305.0 | 582.7 | 1422.7 | 129292.89 |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης (% του αρχ. έτους) | 98.9% | 97.9% | 99.1% | 96.6% | 98.6% | 97.1% | 98.3% | 96.4% | 98% |
| Κάλυψη Γης 2000 | 2817.7 | 30170.9 | 22670.9 | 36055.2 | 35814.0 | 2403.5 | 594.0 | 1467.4 | 131993.70 |

Πίνακας Π.Π.3: Η καθαρή διαμόρφωση γης για κάθε κατηγορία (% σε σχέση με την αρχική τους επιφάνεια) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Ελλάδα, 1990 – 2000)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρό- τοποι | Υδ. σώματα |
|---|------------------------|---------------|--------------------|--------|--------------------|----------------|----------------|------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 2.01% | -0.02% | -0.18% | 0% | -0.01% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 12.33% | -0.39% | -0.33% | -0.07% | -0.22% | -0.08% | -0.19% | -0.15% |
| Εσωτερικοί μετασηματισμοί γεωργικής γης | 0% | -0.04% | 0.05% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | -0.04% | 0.16% | 0.31% | -0.03% | -0.23% | -0.05% | -0.67% | -1.14% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | -0.01% | -0.01% | 0% | 0.01% | 0% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | 0.00% | 0% | 0% | 0.36% | -0.31% | -0.77% | 0% | -0.01% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | -0.05% | -0.01% | -0.02% | -0.02% | -0.02% | 0.37% | 0% | 1.01% |
| Άλλες μεταβολές | -0.16% | 0% | 0% | -0.10% | -0.01% | 1.74% | 1.08% | -0.32% |

Περίοδος 2000 – 2006

*Πίνακας Π.Π.4: Οι μεταβολές στην κάλυψη γης σε km²
(Ελλάδα, 2000 - 2006)*

| <u>2006</u> | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα | <u>Συν. Κατανάλωση</u> |
|--------------------------|---------------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|--------------|------------------------|
| <u>2000</u> | | | | | | | | | |
| Τεχνητές επιφάνειες | 55.95 | 1.23 | 7.43 | 11.43 | 1.04 | 0.38 | 0 | 4.98 | 82.44 |
| Αρόσιμη γη | 74.93 | 25.81 | 86.46 | 0.72 | 0.23 | 1.20 | 4.36 | 5.20 | 198.91 |
| Λιβαδικές εκτάσεις | 71.27 | 4.68 | 0.54 | 3.24 | 3.33 | 9.15 | 0.56 | 7.27 | 100.06 |
| Δάση | 11.18 | 0.01 | 20.84 | 285.97 | 53.94 | 54.75 | 0 | 1.91 | 428.59 |
| Σκληρ. βλάστηση | 38.33 | 2.74 | 7.57 | 24.09 | 16.97 | 46.54 | 0 | 2.44 | 138.68 |
| Γυμνά εδάφη | 1.65 | 0.37 | 0 | 22.47 | 17.44 | 7.13 | 0.11 | 0.97 | 50.14 |
| Υγρότοποι | 0.46 | 2.00 | 0.66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.71 | 4.83 |
| Υδ. σώματα | 0.11 | 0 | 0.06 | 0 | 0.01 | 0.17 | 0.66 | 0 | 1.01 |
| <u>Συνολ. Διαμόρφωση</u> | 253.88 | 36.85 | 123.55 | 347.93 | 92.96 | 119.32 | 5.69 | 24.48 | 1004.67 |

Πίνακας Π.Π.5: Η απογραφή κάλυψης γης στον ελληνικό χώρο σε km² (2000 -2006)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότο- ποι | Υδ. σώματα | Συνολ. επιφάνεια |
|--|------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Κάλυψη Γης 2000 | 2817.7 | 30170.9 | 22670.9 | 36055.2 | 35814.0 | 2403.5 | 594.0 | 1467.4 | 131993.70 |
| Κατανάλωση αρχ. τύπου κάλυψης | 82.44 | 198.91 | 100.06 | 428.59 | 138.68 | 50.14 | 4.83 | 1.01 | 1004.67 |
| Τελ. διαμόρφωση τύπου κάλυψης | 253.88 | 36.85 | 123.55 | 347.93 | 92.96 | 119.32 | 5.69 | 24.48 | 1004.67 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση | 171.44 | -162.06 | 23.49 | -80.66 | -45.72 | 69.18 | 0.86 | 23.47 | 0.00 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση (% του αρχ. έτους) | 6.08% | -0.54% | 0.10% | -0.22% | -0.13% | 2.88% | 0.14% | 1.60% | |
| Κύκλος εργασιών | 336.32 | 235.76 | 223.61 | 776.52 | 231.64 | 169.46 | 10.52 | 25.49 | 2009.33 |
| Κύκλος εργασιών (% του αρχ. έτους) | 11.9% | 0.8% | 1.0% | 2.2% | 0.6% | 7.1% | 1.8% | 1.7% | 1.5% |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης | 2735.24 | 29972.03 | 22570.88 | 35626.56 | 35675.35 | 2353.38 | 589.21 | 1466.39 | 130989.04 |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης (% του αρχ. έτους) | 97.1% | 99.3% | 99.6% | 98.8% | 99.6% | 97.9% | 99.2% | 99.9% | 99.2% |
| Κάλυψη Γης 2006 | 2989.12 | 30008.88 | 22694.43 | 35974.49 | 35768.32 | 2472.70 | 594.90 | 1490.87 | 131993.70 |

Πίνακας Π.Π.6: Η καθαρή διαμόρφωση γης για κάθε κατηγορία (% σε σχέση με την αρχική τους επιφάνεια) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Ελλάδα, 2000 – 2006)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα |
|---|------------------------|---------------|--------------------|--------|--------------------|----------------|-----------|---------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 1.63% | -0.04% | -0.13% | 0% | -0.01% | -0.01% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 5.39% | -0.21% | -0.18% | -0.03% | -0.10% | -0.06% | -0.08% | -0.01% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | -0.26% | 0.35% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | -0.31% | 0.02% | 0.16% | -0.06% | -0.03% | -0.02% | -0.45% | 0% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | -0.01% | -0.02% | 0.01% | 0.01% | 0.02% | 0.10% | 0% |
| Δημιουργία δασών | -0.41% | 0% | 0% | 0.11% | -0.02% | -0.93% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | -0.11% | -0.02% | -0.03% | -0.01% | -0.01% | -0.03% | 0% | 1.42% |
| Άλλες μεταβολές | -0.11% | -0.02% | -0.04% | -0.25% | 0.02% | 3.90% | 0.57% | 0.19% |

Περίοδος 2006 – 2012

*Πίνακας Π.Π.7: Οι μεταβολές στην κάλυψη γης σε km²
(Ελλάδα, 2006 - 2012)*

| <u>2012</u> | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρό- τοποι | Υδ. σώματα | <u>Συν. Κατανάλωση</u> |
|------------------------------|------------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|----------------------------|
| <u>2006</u> | | | | | | | | | |
| Τεχνητές επιφάνειες | 49.52 | 0.23 | 5.52 | 14.30 | 2.10 | 0.11 | 0 | 4.65 | 76.43 |
| Αρόσιμη γη | 54.00 | 37.60 | 1.66 | 0.44 | 0 | 0.32 | 1.91 | 2.44 | 98.37 |
| Λιβαδικές εκτάσεις | 49.75 | 1.39 | 0.22 | 0.85 | 1.69 | 0 | 0 | 37.00 | 90.90 |
| Δάση | 12.16 | 1.05 | 2.70 | 596.44 | 49.66 | 201.21 | 0 | 0.38 | 863.60 |
| Σκληρ. βλάστηση | 44.08 | 2.66 | 3.41 | 63.01 | 13.65 | 157.19 | 0 | 2.94 | 286.94 |
| Γυμνά εδάφη | 0.58 | 0 | 0.33 | 56.30 | 37.08 | 4.21 | 0 | 0.90 | 99.40 |
| Υγρότοποι | 0.08 | 0.52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.57 | 4.17 |
| Υδ. σώματα | 0.15 | 2.11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.12 | 0 | 2.37 |
| <u>Συνολ. Διαμόρφωση</u> | 210.31 | 45.58 | 13.84 | 731.35 | 104.18 | 363.03 | 2.03 | 51.87 | 1522.18 |

Πίνακας Π.Π.8: Η απογραφή κάλυψης γης στην Ελλάδα σε km² (2006 -2012)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότο- ποι | Υδ. σώματα | Συνολ. επιφάνεια |
|--|------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Κάλυψη Γης 2006 | 2989.12 | 30008.88 | 22694.43 | 35974.49 | 35768.32 | 2472.70 | 594.90 | 1490.87 | 131993.70 |
| Κατανάλωση αρχ. τύπου κάλυψης | 76.43 | 98.37 | 90.90 | 863.60 | 286.94 | 99.40 | 4.17 | 2.37 | 1522.18 |
| Τελ. διαμόρφωση τύπου κάλυψης | 210.31 | 45.58 | 13.84 | 731.35 | 104.18 | 363.03 | 2.03 | 51.87 | 1522.18 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση | 133.87 | -52.79 | -77.06 | -132.25 | -182.76 | 263.63 | -2.14 | 49.50 | 0.00 |
| Καθαρή τελ. διαμόρφωση (% του αρχ. έτους) | 4.48% | -0.18% | -0.34% | -0.37% | -0.51% | 10.66% | -0.36% | 3.32% | |
| Κύκλος εργασιών | 286.74 | 143.94 | 104.74 | 1594.95 | 391.12 | 462.44 | 6.19 | 54.24 | 3044.36 |
| Κύκλος εργασιών (% του αρχ. έτους) | 9.6% | 0.5% | 0.5% | 4.4% | 1.1% | 18.7% | 1.0% | 3.6% | 2.3% |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης | 2912.68 | 29910.51 | 22603.53 | 35110.90 | 35481.38 | 2373.29 | 590.74 | 1488.50 | 130471.52 |
| Διατήρηση της αρχ. κατάστασης (% του αρχ. έτους) | 97.4% | 99.7% | 99.6% | 97.6% | 99.2% | 96.0% | 99.3% | 99.8% | 98.8% |
| Κάλυψη Γης 2012 | 3122.99 | 29956.09 | 22617.37 | 35842.25 | 35585.56 | 2736.32 | 592.76 | 1540.37 | 131993.70 |

Πίνακας Π.Π.9: Η καθαρή διαμόρφωση γης για κάθε κατηγορία (% σε σχέση με την αρχική τους επιφάνεια) σε αντιστοιχία με τις ροές γης (Ελλάδα, 2006 – 2012)

| | Τεχνητές επιφάνειες | Αρόσιμη γη | Λιβαδ. εκτάσεις | Δάση | Σκληρ. βλάστηση | Γυμνά εδάφη | Υγρότοποι | Υδ. σώματα |
|---|------------------------|---------------|--------------------|--------|--------------------|----------------|-----------|---------------|
| Εξάπλωση αστικού ιστού | 0.48% | -0.01% | -0.04% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση υποδομών/χώρων οικονομικής δραστηριότητας | 4.90% | -0.17% | -0.18% | -0.03% | -0.12% | -0.02% | -0.01% | -0.01% |
| Εσωτερικοί μετασχηματισμοί γεωργικής γης | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Εξάπλωση γεωργικής γης | -0.19% | 0.02% | 0.05% | -0.01% | -0.02% | -0.01% | -0.09% | -0.14% |
| Εγκατάλειψη γεωργικής δραστηριότητας | 0% | 0% | -0.01% | 0% | 0% | 0.01% | 0% | 0% |
| Δημιουργία δασών | -0.48% | 0% | 0% | 0.22% | -0.09% | -1.32% | 0% | 0% |
| Δημιουργία υδ. Σωμάτων | -0.16% | -0.01% | -0.16% | 0% | -0.01% | -0.03% | 0% | 3.21% |
| Άλλες μεταβολές | -0.07% | -0.01% | 0% | -0.55% | -0.27% | 12.04% | -0.26% | 0.26% |

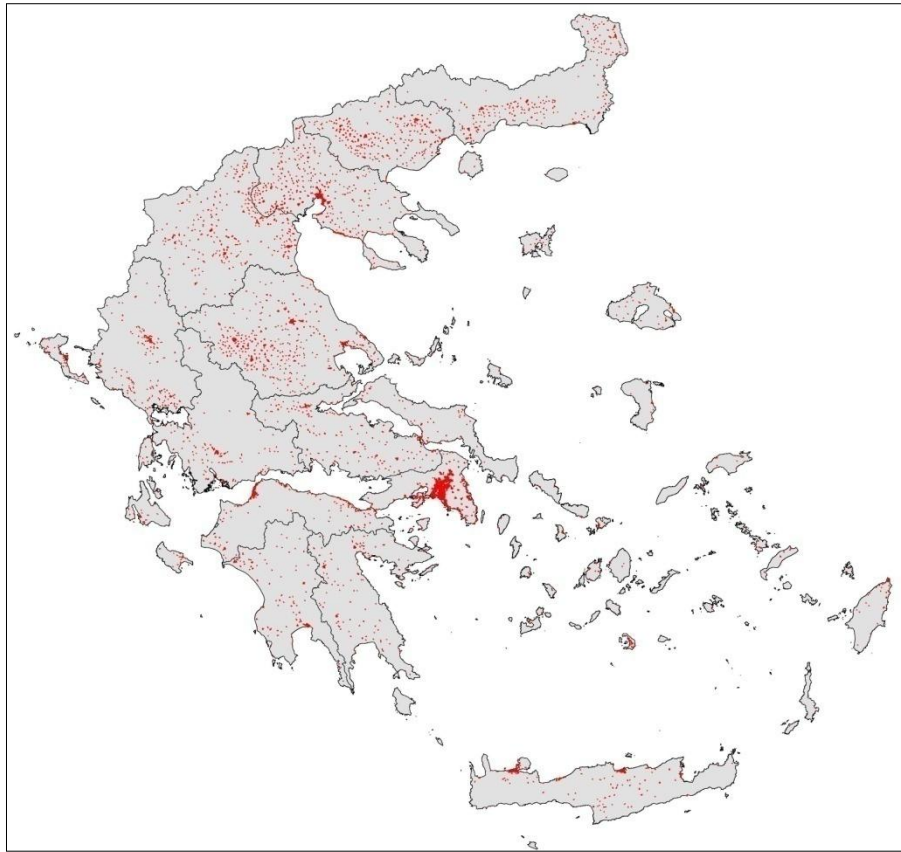
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Η εξέλιξη του αστικού ιστού στον ελληνικό χώρο μελετήθηκε χρησιμοποιώντας τις βασικές σχέσεις που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Οι σχέσεις της κατανάλωσης C, της διαμόρφωσης F, της καθαρής διαμόρφωσης NF (ως η διαφορά μεταξύ κατανάλωσης και διαμόρφωσης) καθώς και ο ετήσιος ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR, εφαρμόστηκαν απ' ευθείας στα δεδομένα CORINE που αφορούν στους τύπους του αστικού ιστού. Στην ονοματολογία CORINE, ο συνεχής αστικός ιστός συμβολίζεται με CLC 1.1.1 ενώ ο ασυνεχής με CLC 1.1.2. Στον Πίνακα Π.ΙΙΙ.1 που ακολουθεί ο αστικός ιστός αντιμετωπίζεται αθροιστικά για τους δυο τύπους και παρουσιάζεται η εξέλιξη της έκτασης που καταλαμβάνει κατά τη διάρκεια της περιόδου παρατήρησης.

Πίνακας Π.ΙΙΙ.1: Υπολογισμός της εξέλιξης του αστικού ιστού στην Ελλάδα

Εξέλιξη αστικού ιστού (km²)

| | 1990 - 2000 | 2000 - 2006 | 2006 - 2012 |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Αρχική κάλυψη γης LC₁₁ | <u>1747.9</u> | <u>1799.3</u> | <u>1846.2</u> |
| Κατανάλωση C προς άλλες κλάσεις | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Διαμόρφωση F από άλλες κλάσεις | 49.6 | 46.1 | 14.4 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF (άλλες κλάσεις) | 49.6 | 46.1 | 14.4 |
| Κατανάλωση C εντός των τεχνητών επιφανειών | 0.2 | 8.4 | 0.3 |
| Διαμόρφωση F εντός των τεχνητών επιφανειών | 2.0 | 9.2 | 7.1 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF εντός των τεχνητών επιφανειών | 1.8 | 0.8 | 6.9 |
| Συνολική καθαρή διαμόρφωση (NF) αστικού ιστού | 51.4 | 46.9 | 21.3 |
| Ετήσιος ρυθμός συνολικής καθαρής διαμόρφωσης (NFR) αστικού ιστού | 5.1 (km²/year) | 7.8 (km²/year) | 3.6 (km²/year) |
| Τελική κάλυψη γης LC₁₂ | <u>1799.3</u> | <u>1846.2</u> | <u>1867.5</u> |

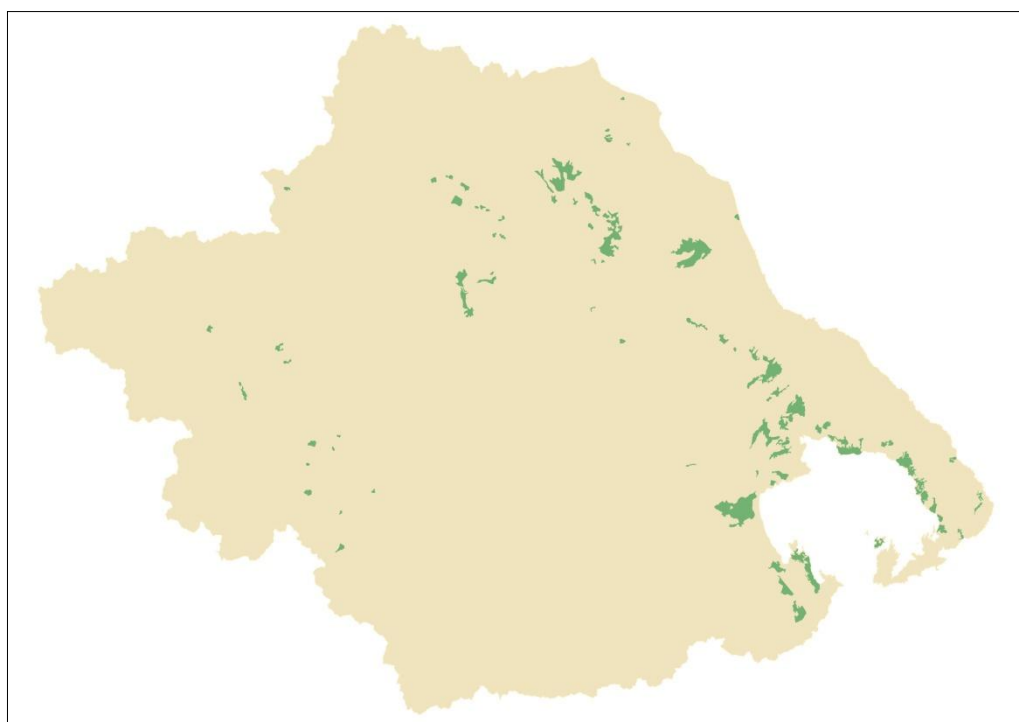


Εικόνα Π.ΙΙΙ.1: Ο αστικός ιστός σύμφωνα με τα δεδομένα CORINE κατά το έτος 1990

Παρόμοια προσέγγιση ακολουθήσαμε και στις περιπτώσεις των Υδατικών Διαμερισμάτων της Θεσσαλίας, της Θράκης και της Δ. Πελοποννήσου. Στους Πίνακες Π.ΙΙΙ.2 –Π.ΙΙΙ.4, παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί της εξέλιξης των εκτάσεων για τους 4 τύπους καλλιέργειας που μελετήθηκαν.

Πίνακας Π.ΙΙΙ.2: Η εξέλιξη των καλλιεργήσιμων εκτάσεων στο ΥΔ Θεσσαλίας

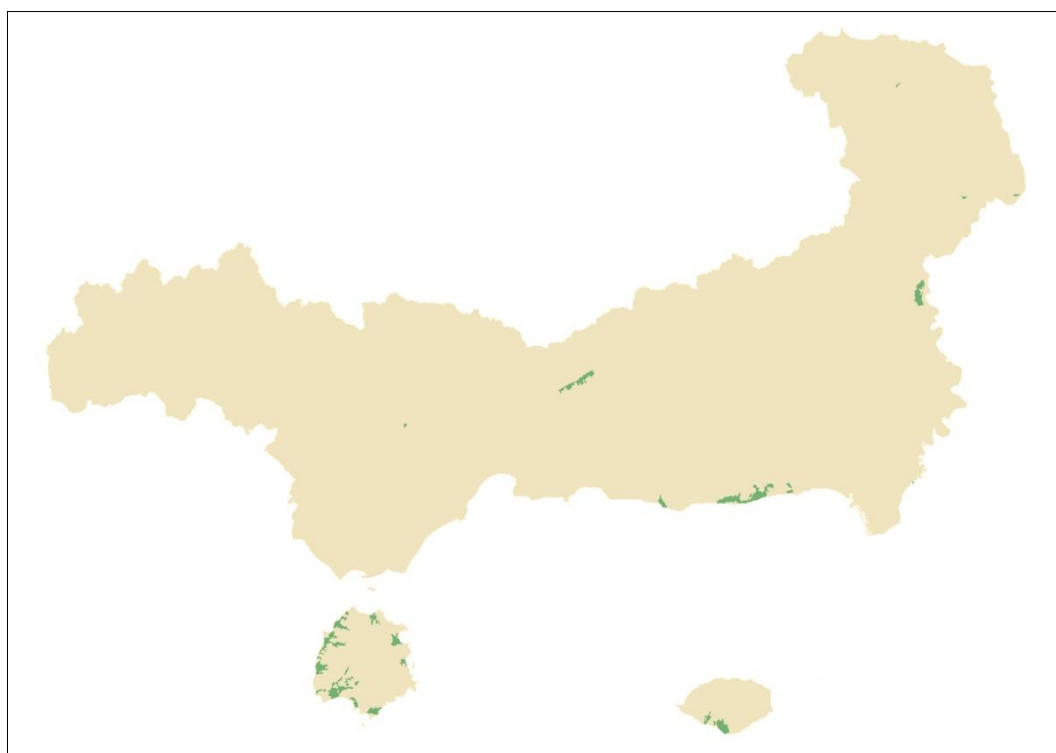
| Είδη Καλλιέργειας ΥΔ Θεσσαλίας (έκταση σε km ²) | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | CLC 213 (Ορυζώνες) | CLC 221 (Αμπελώνες) | CLC 222 (Οπωροφόρα) | CLC 223 (Ελαιώνες) |
| Κάλυψη γης 1990 | 1.59 | 25.99 | 104.19 | 101.61 |
| Κατανάλωση C | 0 | 3.29 | 0.16 | 0.23 |
| Διαμόρφωση F | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | 0 | -3.29 | -0.16 | -0.23 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | 0 (km ² /year) | -0.33 (km ² /year) | -0.02 (km ² /year) | -0.02 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2000 | 1.59 | 22.70 | 104.03 | 101.38 |
| Κατανάλωση C | 0 | 0.04 | 1.98 | 0.13 |
| Διαμόρφωση F | 0 | 0 | 0.53 | 0 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | 0 | -0.04 | -1.45 | -0.13 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | 0 (km ² /year) | -0.01 (km ² /year) | -0.24 (km ² /year) | -0.02 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2006 | 1.59 | 22.67 | 102.57 | 101.25 |
| Κατανάλωση C | 0 | 0 | 0 | 0.07 |
| Διαμόρφωση F | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | 0 | 0 | 0 | -0.07 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | 0 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | -0.01 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2012 | 1.59 | 22.67 | 102.57 | 101.18 |



Εικόνα Π.ΙΙΙ.2: Οι αθροιστικές εκτάσεις των καλλιεργειών το 1990 (ΥΔ Θεσσαλίας)

Πίνακας Π.ΙΙΙ.3: Η εξέλιξη των καλλιεργήσιμων εκτάσεων στο ΥΔ Θράκης

| | Είδη Καλλιέργειας ΥΔ Θράκης (έκταση σε km ²) | | | |
|-----------------------------------|--|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | CLC 213 (Ορυζώνες) | CLC 221 (Αμπελώνες) | CLC 222 (Οπωροφόρα) | CLC 223 (Ελαιώνες) |
| Κάλυψη γης 1990 | 0.40 | 8.48 | 0.78 | 76.20 |
| Κατανάλωση C | 0.06 | 0 | 0 | 0.70 |
| Διαμόρφωση F | 4.61 | 0 | 0 | 0.06 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | 4.56 | 0 | 0 | -0.64 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | 0.46 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | -0.06 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2000 | 4.96 | 8.48 | 0.78 | 75.56 |
| Κατανάλωση C | 1.36 | 0 | 0 | 0 |
| Διαμόρφωση F | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | -1.36 | 0 | 0 | 0 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | -0.23 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | 0 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2006 | 3.59 | 8.48 | 0.78 | 75.56 |
| Κατανάλωση C | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Διαμόρφωση F | 0.024 | 0 | 0.0008 | 0 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | 0.024 | 0 | 0.0008 | 0 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | 0.004 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | 0.0001 (km ² /year) | 0 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2012 | 3.62 | 8.48 | 0.79 | 75.56 |

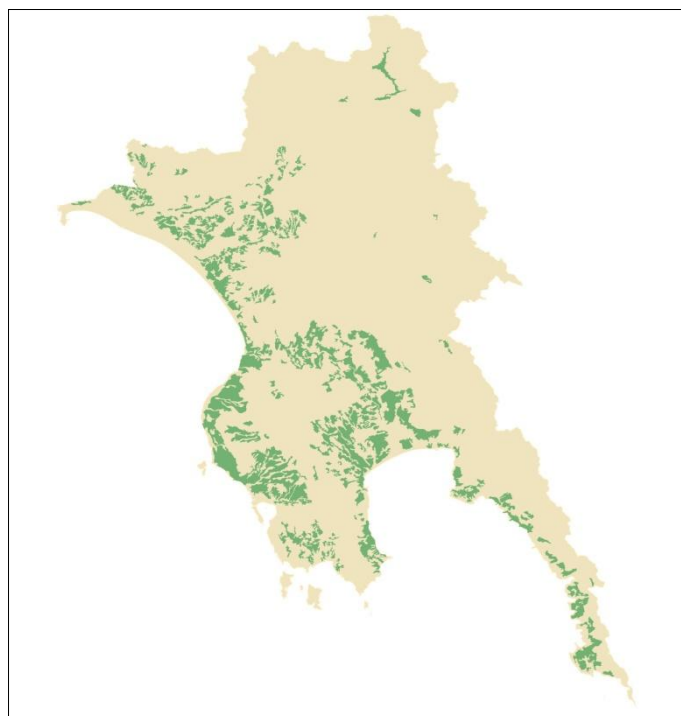


Εικόνα Π.ΙΙΙ.3: Οι αθροιστικές εκτάσεις των καλλιεργειών το 1990 (ΥΔ Θράκης)

Πίνακας Π.ΙΙΙ.4: Η εξέλιξη των καλλιεργήσιμων εκτάσεων στο ΥΔ Δ. Πελοποννήσου

Είδη Καλλιέργειας ΥΔ Δ. Πελοποννήσου (έκταση σε km²)

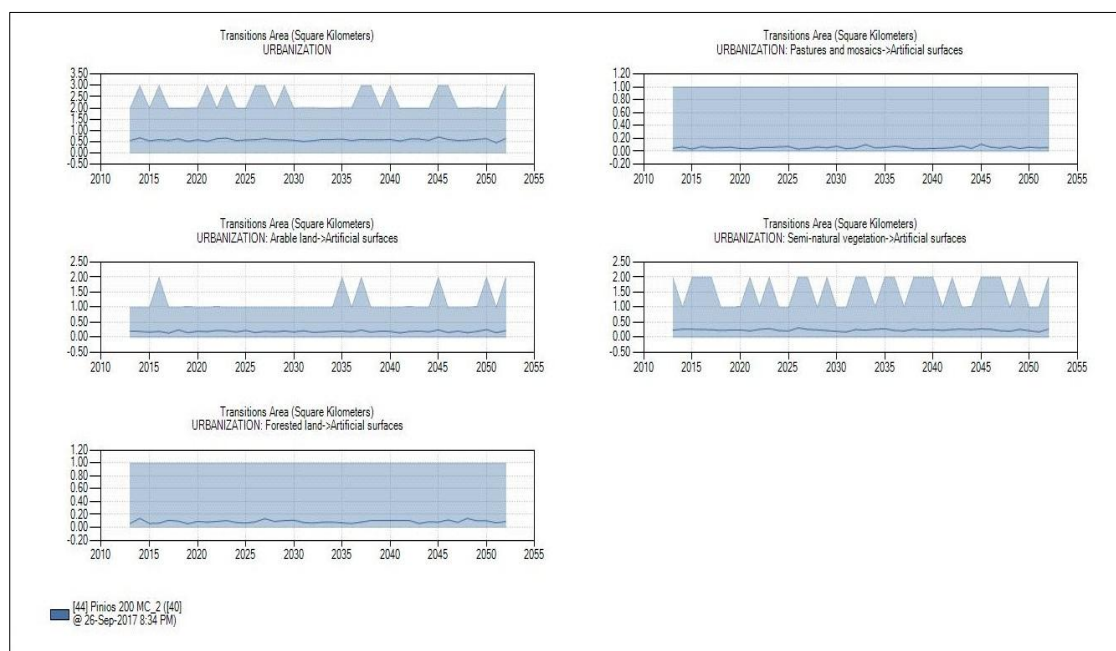
| | CLC 213 (Ορυζώνες) | CLC 221 (Αμπελώνες) | CLC 222 (Οπωροφόρα) | CLC 223 (Ελαιώνες) |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Κάλυψη γης 1990 | 5.33 | 30.32 | 13.55 | 874.81 |
| Κατανάλωση C | 0 | 1.16 | 0.74 | 0.09 |
| Διαμόρφωση F | 0 | 0 | 0 | 0.57 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | 0 | -1.16 | -0.74 | 0.48 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | 0 (km ² /year) | -0.12 (km ² /year) | -0.07 (km ² /year) | 0.05 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2000 | 5.33 | 29.16 | 12.81 | 875.29 |
| Κατανάλωση C | 0.26 | 0 | 0.11 | 0.01 |
| Διαμόρφωση F | 0 | 0 | 0 | 0.31 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | -0.26 | 0 | -0.11 | 0.30 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | -0.04 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | -0.02 (km ² /year) | 0.05 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2006 | 5.08 | 29.16 | 12.71 | 875.59 |
| Κατανάλωση C | 2.77 | 0 | 0 | 0 |
| Διαμόρφωση F | 0.36 | 0 | 0 | 0 |
| Καθαρή διαμόρφωση NF | -2.41 | 0 | 0 | 0 |
| Ρυθμός καθαρής διαμόρφωσης NFR | -0.40 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | 0 (km ² /year) | 0 (km ² /year) |
| Κάλυψη γης 2012 | 2.66 | 29.16 | 12.71 | 875.59 |



Εικόνα Π.ΙΙΙ.4: Οι αθροιστικές εκτάσεις των καλλιεργειών το 1990 (ΥΔ Δ. Πελοποννήσου)

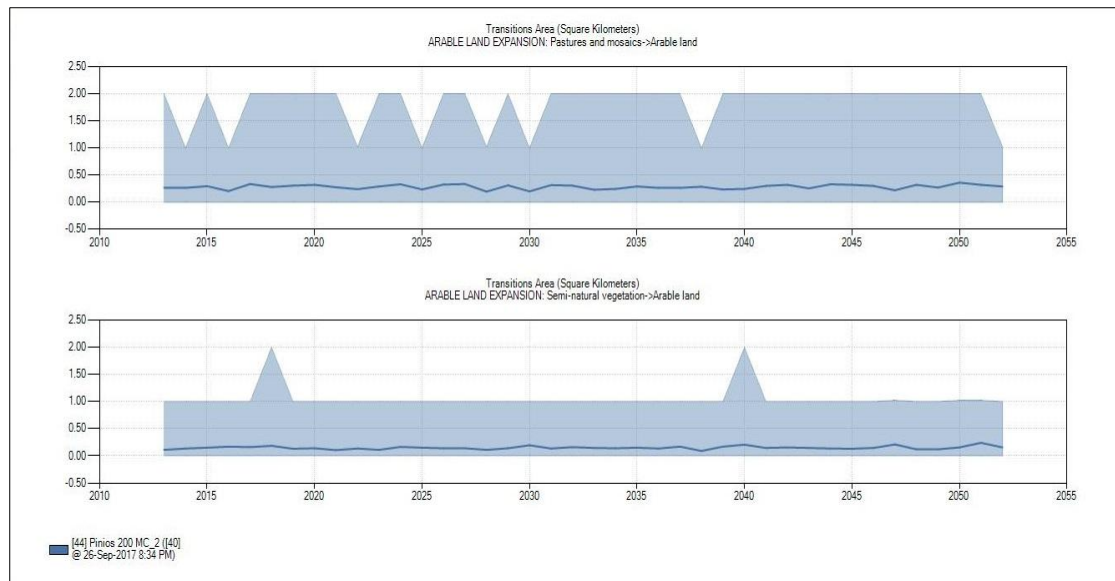
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

Η αστικοποίηση εκφράστηκε ως η εξάπλωση των τεχνητών επιφανειών εις βάρος των υπόλοιπων κατηγοριών κάλυψης/χρήσης γης. Στο Κεφάλαιο των αποτελεσμάτων παρουσιάστηκε το μέσο ετήσιο μέγεθος της αστικοποίησης όπως προέκυψε από τη διαδικασία της προσομοίωσης. Στην Εικόνα Π.IV.1, παρουσιάζονται οι ποσότητες έκτασης που απώλεσαν οι βασικοί τροφοδοτές των τεχνητών επιφανειών (Λιβαδικές εκτάσεις, Αρόσιμη γη, σκληροφυλλική βλάστηση και δασώδεις εκτάσεις).



Εικόνα Π.IV.1: Η συμμετοχή των τύπων κάλυψης στη διαδικασία της αστικοποίησης (αποτελέσματα της προσομοίωσης)

Αντίστοιχα στην επέκταση των καλλιεργήσιμων περιοχών συνέβαλλαν οι εκτάσεις σκληροφυλλικής βλάστησης και οι αγροτικές – λιβαδικές εκτάσεις (Εικόνα Π.IV.2).



Εικόνα Π.ΙV.2: Η επέκταση της καλλιεργήσιμης γης (αποτελέσματα προσομοίωσης)