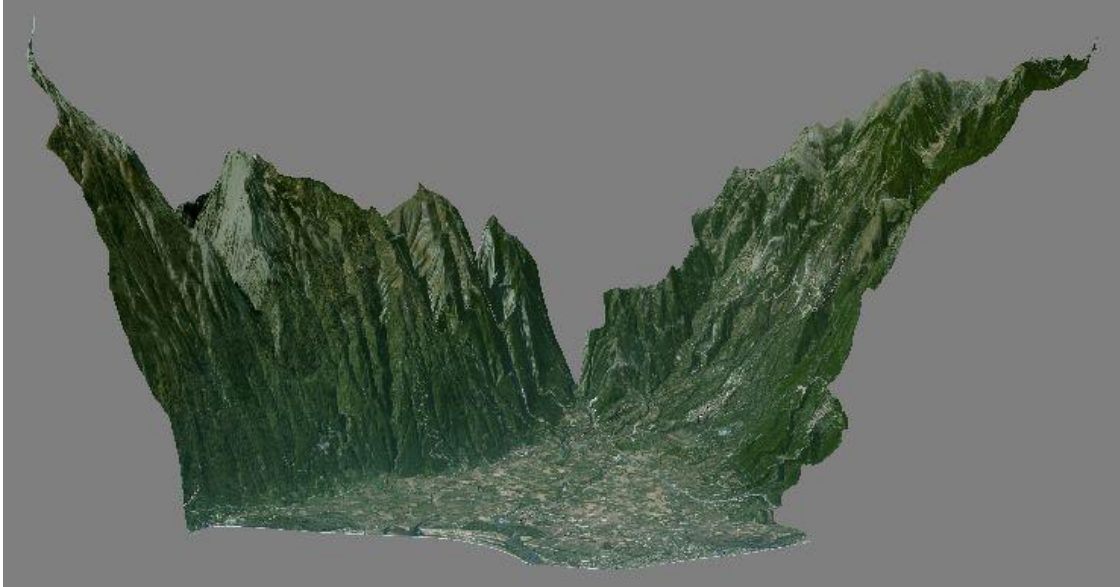




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»



Συγκριτική αξιολόγηση μεθοδολογιών κατάρτισης χαρτών
πλημμύρας· Η περίπτωση του Πηνειού Θεσσαλίας.

Αχιλλέας Θ. Θεοδορούλης

Αθήνα, Φεβρουάριος 2015

Επιβλέπων Καθηγητής: Νίκος Μαμάσης

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	σελ. 1
Περίληψη	σελ. 4
Extended abstract	σελ. 5
1 Εισαγωγή	σελ. 14
1.1. Αντικείμενο Διπλωματικής.....	σελ. 14
1.2. Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας.....	σελ. 14
1.3. Οι πλημμύρες.....	σελ. 14
1.4. Περιοχή μελέτης.....	σελ. 17
1.5. Ιστορικές, γεωφυσικές και αναπτυξιακές μεταβολές.....	σελ. 17
1.6. Η σημασία του Δέλτα Πηνειού.....	σελ. 19
1.7. Ο Πηνειός ποταμός.....	σελ. 20
1.7. 1. Ιστορία-Μυθολογία.....	σελ. 21
1.7.2. Μορφολογία-Χρήση.....	σελ. 21
2 Μεθοδολογία προσομοίωσης ανά υδρολογικό μοντέλο	σελ. 23
2.1. HecRas.....	σελ. 23
2.2. GSSHA.....	σελ. 24
2.3. TufLOW.....	σελ. 25
3 Ψηφιακή χαρτογράφηση	σελ. 26
4 Γεωαναφορά Χαρτών-Εικόνων	σελ. 27
5 Δημιουργία του Υδροκρίτη της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού	σελ. 30
6 Δημιουργία του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους	σελ. 32
7 Εισαγωγή κοινών συντελεστών τραχύτητας (Manning's n)	σελ. 36
8 Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας από μοντέλα λογισμικού	σελ. 39
8.1. WMS (Watershed Modeling System)	σελ. 39
8.1.1. Hec-Ras.....	σελ. 39
8.1.2. GSSHA.....	σελ. 44

8.2. SMS (Surface Modeling System)	σελ. 48
8.2.1. TufLOW.....	σελ. 48
9 Γενικός υπολογισμός υδρολογικών παραμέτρων	σελ. 51
9.1. Διάρκεια καταγίδας σχεδιασμού.....	σελ. 52
9.2. Όμβριες καμπύλες.....	σελ. 52
9.3. Επιλογή Περιόδων Επαναφοράς Καταγίδων Σχεδιασμού.....	σελ. 53
9.4. Δείκτης φ.....	σελ. 53
9.5. Υπολογισμός Διήθησης-Απωλειών Βροχόπτωσης.....	σελ. 54
9.6. Υπολογισμός Μοναδιαίου Υδρογραφήματος.....	σελ. 57
10 Εισαγωγή Δεδομένων ανά Μοντέλο	σελ. 58
10.1. Εισαγωγή δεδομένων στο Hec-Ras	σελ. 58
10.1.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών.....	σελ. 60
10.1.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών.....	σελ. 64
10.1.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών.....	σελ. 67
10.2. Εισαγωγή δεδομένων στο GSSHA	σελ. 71
10.2.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών.....	σελ. 72
10.2.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών.....	σελ. 73
10.2.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών.....	σελ. 73
10.3. Εισαγωγή δεδομένων στο TufLOW	σελ. 74
10.3.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών.....	σελ. 75
10.3.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών.....	σελ. 75
10.3.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών.....	σελ. 76
11 Εξαγωγή αποτελεσμάτων ανά μοντέλο	σελ. 77
11.1. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από το Hec-Ras	σελ. 77
11.1.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών.....	σελ. 77
11.1.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών.....	σελ. 79
11.1.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών.....	σελ. 81

11.2. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από το GSSHA.....σελ.	83
11.2.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών.....σελ.	83
11.2.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών.....σελ.	85
11.2.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών.....σελ.	87
11.3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από το Tuflow.....σελ.	89
11.3.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών.....σελ.	89
11.3.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών.....σελ.	91
11.3.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών.....σελ.	92
12 Συγκριτική αξιολόγηση αποτελεσμάτων μοντελοποίησης.....σελ.	94
Παράρτημα I.....σελ.	97
Παράρτημα II.....σελ.	102
Παράρτημα III.....σελ.	103
Παράρτημα IV.....σελ.	104
Παράρτημα V.....σελ.	105
Βιβλιογραφία.....σελ.	124

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική έχει ως στόχο την συγκριτική αξιολόγηση μεθοδολογιών κατάρτισης χαρτών πλημμύρας και στην προκειμένη περίπτωση την περιοχή του Πηνειού Θεσσαλίας. Πιο συγκεκριμένα μελετάται μια υπολεκάνη πολλαπλών εξόδων, όπως είναι οι περιπτώσεις Δέλτα ποταμών και στην προκειμένη μελέτη, την περίπτωση της υπολεκάνης του Δέλτα του Πηνειού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δύο λογισμικά της Aquaveo, με χρήση των δωρεάν δοκιμαστικών εκδόσεών τους. Τα λογισμικά αυτά είναι το WMS και το SMS. Το λογισμικό WMS διαθέτει δυο μοντέλα πλημμυρών, το HecRas και το GSSHA. Το λογισμικό SMS παρέχει τη χρήση ενός μοντέλου πλημμύρας, γνωστό ως Tuflow. Τα τρία αυτά μοντέλα δοκιμάζονται στην μοντελοποίηση πλημμυρών διάφορων περιόδων σχεδιασμού. Τα δεδομένα που απαιτούνται για την εκτέλεση της μοντελοποίησης, άλλοτε λαμβάνονται βιβλιογραφικά και άλλοτε υπολογίζονται. Στο παρόν τεύχος παρουσιάζεται μια συνοπτική διαδικασία εκτέλεσης των τριών μοντέλων, καθώς επίσης και οι παραδοχές ή οι υπολογισμοί, οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν. Το HecRas είναι ένα μονοδιάστατο μοντέλο, ενώ το GSSHA και το TUFLOW λειτουργούν τόσο μονοδιάστατα, όσο και διδιάστατα. Συνολικά τα μοντέλα παρέχουν αποτελέσματα χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας διδιάστατης προβολής, καθένα με διαφορετική προβολή και διαφορετικές τελικές απεικονίσεις. Τα τελικά αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά, καθώς παραλείπεται, για λόγους ευνότητος, ένας μεγάλος αριθμός στιγμιότυπων, όσον αφορά τα μοντέλα GSSHA και TUFLOW. Στο τέλος τα μοντέλα αξιολογούνται μεμονωμένα και συγκριτικά, βάσει προσωπικής εμπειρίας χρήσης και σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους. Συμπερασματικά, το μοντέλο του HecRas αδυνατεί να μοντελοποιήσει υπολεκάνη πολλαπλών εξόδων, ενώ τα μοντέλα GSSHA και TUFLOW το κατορθώνουν επιτυχώς, αλλά μόνο για τα πλημμυρικά βάθη, καθώς το TUFLOW είναι το μόνο που παρήγαγε επιτυχώς (χωρίς σφάλματα) χάρτες με ταχύτητες ροής και χάρτες παροχών. Συνεπώς, το μόνο μοντέλο που παρήγαγε χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας σε υπολεκάνη πολλαπλών εξόδων είναι το μοντέλο TUFLOW. Στο τέλος του τεύχους παρατίθενται παραρτήματα, σχετικά με ορισμένες επεξεργασίες που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και πληροφορίες που αφορούν την περιοχή του Δέλτα Πηνειού, όπως επίσης την σημασία προστασίας του Δέλτα Πηνειού από ενδεχόμενες πλημμύρες.

[19] [20][30]

Extended Abstract

Introduction

This postgraduate diploma is aimed at benchmarking flood maps training methodologies and in this case the area of Pinios Thessaly. More specifically it has been studied a sub-multiple output, such as cases River Delta and in this study the case of sub Delta Pinios. For this purpose, were used two software of Aquaveo, using the free trial versions. These software are the WMS and the SMS. The WMS software features two models flood the HecRas and GSSHA. The SMS software provides the use of a flooding model, known as TufLOW. These three models tested in flood modeling within various planning periods. The data required to perform modeling, sometimes were taken from literature and sometimes they were calculated. This issue presents a brief procedure for the execution of the three models, and the assumptions or the calculations, which were performed. HecRas is a one-dimensional model, while GSSHA and TUFLOW function are both one-dimensional, and two-dimensional. Overall, the models provide flood hazard maps results dimensional projection, each with a different view and different end displays. The final results are summarized as omitted for obvious reasons, a large number of instances, regarding GSSHA models and TUFLOW. End models are evaluated individually and comparatively under the personal experience of use and according to their results. In conclusion, the model HecRas was unable to model sub-multiple output while GSSHA models and TUFLOW manage it successfully, but only for flood depths, as TUFLOW has only produced successfully (without errors) maps with flow rates and velocities maps. Therefore, the only model produced flood hazard maps to multiple output sub is the model TUFLOW. At the end of this publication listed annexes on the certain data analysis and information on the Delta region Pinios, as well as the importance of protecting the Delta Pinios from possible flooding.

Flood Hazard Maps

"Flood Hazard": The display of flooding in this area (through water depth, flow velocity or other characteristic hydrologic or hydraulic size) corresponding to a given probability of exceedance.

Member States shall, at the level of the river basin district or unit of management of the flood hazard maps, the most appropriate scale for the areas identified on the basis of the preliminary flood Risk assessment. For each river basin district or unit of management or portion of an international river basin district lying within their territory, undertake a preliminary flood risk assessment for the preparation of flood hazard maps and flood risk maps made in advance information exchange, between the Member States concerned.

Flood hazard maps shall cover the geographical areas which could be flooded according to the following scenarios:

- a) floods with a low probability, or extreme event scenarios;
- b) the average probability floods (likely return period > 100 years);
- c) floods with a high probability, where appropriate.

For each scenario set out the following information:

- a) the flood extent;
- b) water depths or water level, as appropriate;
- c) where appropriate, the flow velocity or the relevant water flow.

Study Area

In the northern side of the Municipality of Agia near the settlements of Omolio and the old tower is the Delta Pinios River, which is a wetland and a shelter. For these areas, reference to international and European lists habitats-wetlands.

The area, because of its rich flora and fauna hosting, has great ecological and socio-economic value. Today, the Delta of the Pinios River constitutes of a wetland that plays an important role in biodiversity conservation and the preservation of ecological balance. Specifically, the area of Pinios Delta:

- It has all the physical - biological characteristics, to include in the regions shall have the status of protection of international conventions of Bonn, Bern, Barcelona, Washington (CITES).
- It is described as a Landscape of Outstanding Natural Beauty. It belongs to the list of CORINE biotopes (1988) and an area "special protection" according to Directive 79/409 / EEC and areas Natura 2000 (GR1420002). Includes wetland habitats, groves of wild olive trees, cultivated olive groves, pastures, coastal and riverine forests, dunes and sandy heaths.
- Internationally belongs to Important Bird Areas (SPP), (ICBP-IWRB) since many wild birds nest there and many species of wading birds use the marshes. Under observed 226 species of birds belonging to more than 50 genera.
- It is described as a shelter or kennel game, and fishing is prohibited during the breeding season.

From fish aspect, the fish fauna of river and sea area is rich in populations and species. The freshwater fish fauna includes 37 species of fish and other 11 possible presences, while the fish fauna of the sea area, comprising 123 species of which only 10 of them have possible presence today.

- Geologically, belongs to Pelagonian zone and consists mainly of deposits of sand, clay and conglomerate rocks.

Apart from the ecological value of the area, the Delta is important for irrigation, farming, logging, removal of sand, water, recreation, tourism, education and science.

Also, Delta Pinios river shows and cultural value as defined between the three important mythical and historical sites of Greece: Olympus, Ossa and Tempe. In this area exists the

archaeological site of Omolio, and spout the great architectural importance Monastery Ag. Dimitrios. Figure 1 shows the location of Pinios Delta in relation to the city of Larissa. The image is an aerial photograph of the application Google Earth.



Figure 1: Location of Delta Pinios compared with Larissa

Simulation Methodology per hydrological model

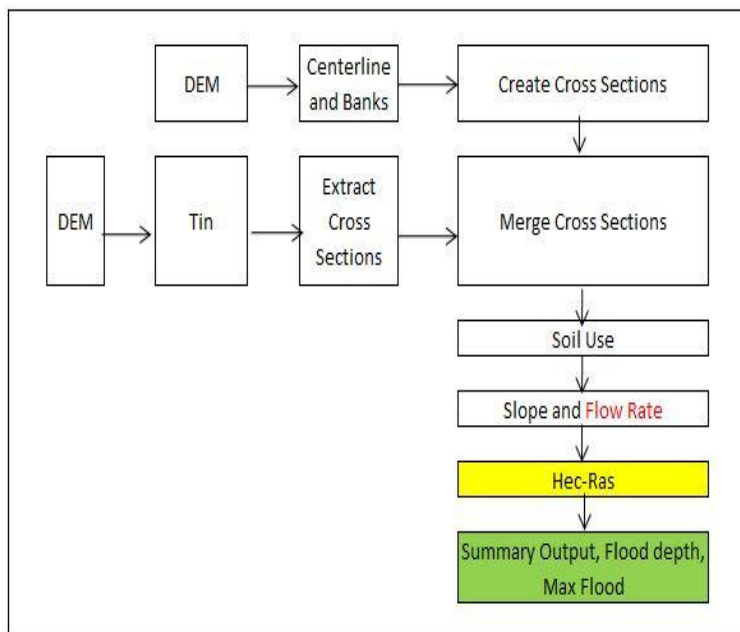


Figure 2: Flow Chart for modeling in Hec-Ras

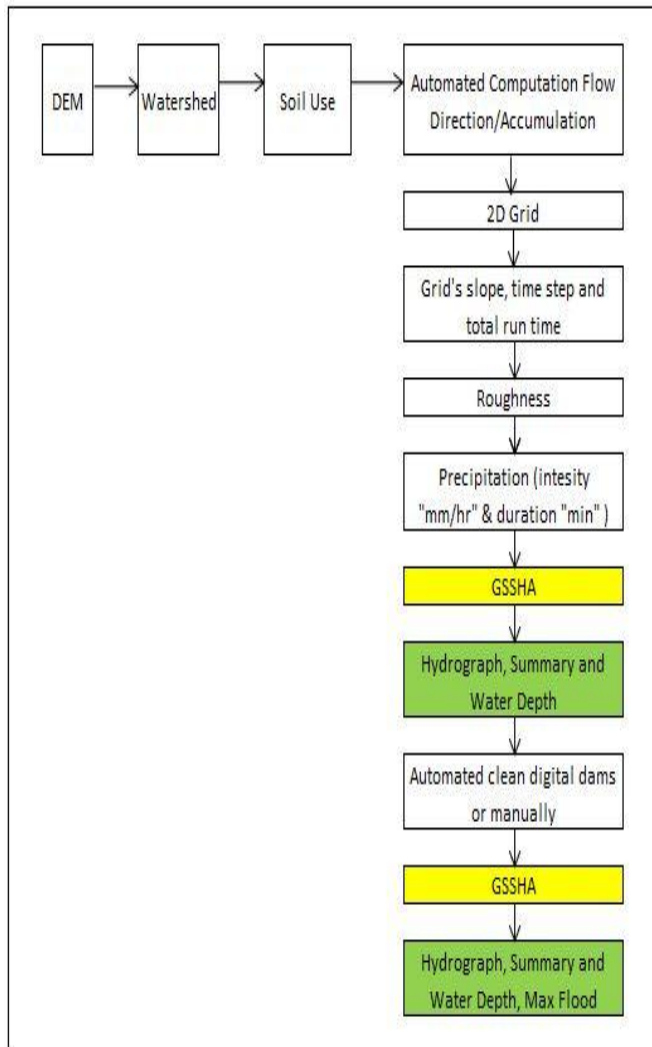
The purpose of the digital terrain model is the creation of auxiliary longitudinal profile with altitude terrain and therefore the course of flood runoff. To perform the modeling we will need to provide input prices of roughness. For values of roughness coefficients it has been introduced a land use map (CORINE 2000) and attributed to this literature, roughness values

HecRas

The flowchart, right on the left Figure 2, illustrates, in summary, the course export flood hazard map, using the model HecRas. Initially need a digital elevation model (DEM). The digital terrain model is necessary for two reasons:

1. The creation of principal axis river and secondary axes (the banks), with the ultimate aim of drawing cross sections along the river.
2. The creation of a network of irregular Triangles (Tin), from which it will be exported cross sections along the river.

(manning). The previous run in WMS software environment and upon complete, was imported from the model HecRas. In HecRas has been inserted further the slope of the river and the mean flood flow rate, which should be calculated according to the IDF curves region. After running HecRas, the data is entered into the environment of WMS and with a mandate contrast, the data of one dimension HecRas converted into a two-dimensional risk map. Finally, the map is exported and it is presented only the maximum flood, while the speed data and supply of the various required positions can be learned from the HecRas.

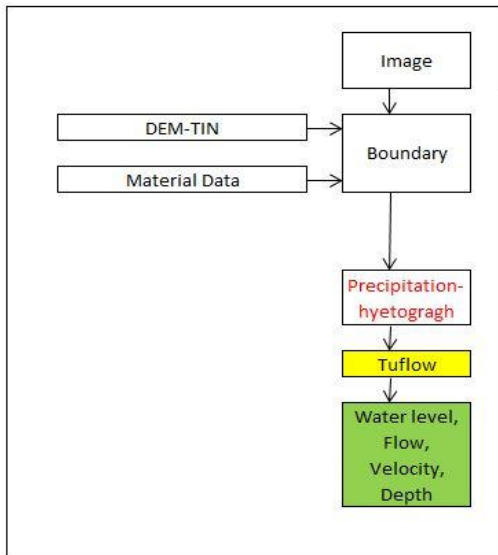


GSSHA

The flow diagram, right on the left Figure, illustrates, in summary, the course export flood hazard map, using the model GSSHA. Initially a digital elevation model (DEM) is needed. With help from the digital terrain model we will create the watersheds of sub basin Delta. Delta has several rivers and watersheds outputs that they will form respective basins. Then introduced roughness coefficients corresponding manner as previously explained for HecRas. The difference is that in this software they have been created automatically, based on the rivers DTM. Final product of the preceding is a two-dimensional grid, in which the roughness coefficients are introduced along with a continuous surface rain over a certain period, depending on the design storm. After follows the execution of GSSHA, unless you first need to correct some flaws in the two-dimensional grid.

Figure 3: Flow Chart for modeling in GSSHA

Corrections shall be made either manually or automatically and runs the model GSSHA. The results, which are exported onto the two-dimensional grid, are: flood hydrograph output, screenshots of flood sprawling, maximum flood snapshot, velocities and benefits.



Tuflow

In the flowchart, right on the left Figure 4, it is presented, briefly, the course export flood hazard map, using the model Tuflow. Initially need a digital terrain model and its transformation into a TIN. Also is needed the roughness data which will be drawn in a corresponding manner as previously described. Here is only one watershed and the introduction to that of a surface hyetograph specified design storm. Followed by the execution of Tuflow and the results obtained are the flood depth snapshots, speed and provide a TIN dimensional appearance.

Figure 4: Flow Chart for modeling in Tuflow

General estimate hydrological parameters

For the performance of the models required the calculation of hydrological characteristics Basin Pinios Delta. The most reliable method of calculation of the parameters is the existence of a historic flood hydrograph and the corresponding rainfall event. Then the unit hydrograph is calculated. In combination with a hyetograph design, calculate the desired flood hydrograph design. In the absence of historical data on flood hydrograph, Delta region Pinios followed another process of finding the unit hydrograph. Select the method of the British Institute of Hydrology for the calculation of unit hydrograph. To find the flood hydrograph design required a hyetographs of various return periods. Hyetographs design can be calculated by the method of partial heights. Then original selected during the design storm. Then sought or designing the IDF curves and the latest is the rain various return

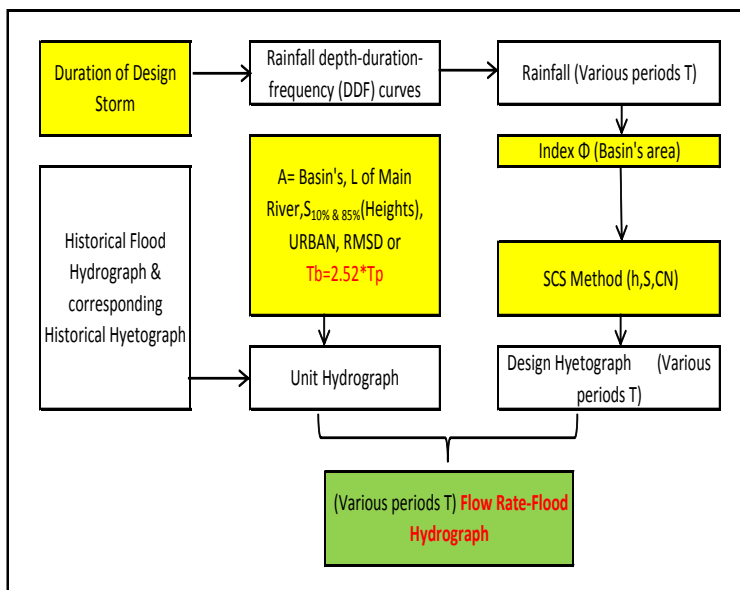


Figure 5: Flow Chart for exporting flood hydrograph which in combination with the unit hydrograph, calculates the corresponding flood hydrograph design. Figure 5 illustrates the previous description process with a flow diagram.

Evaluating HecRas

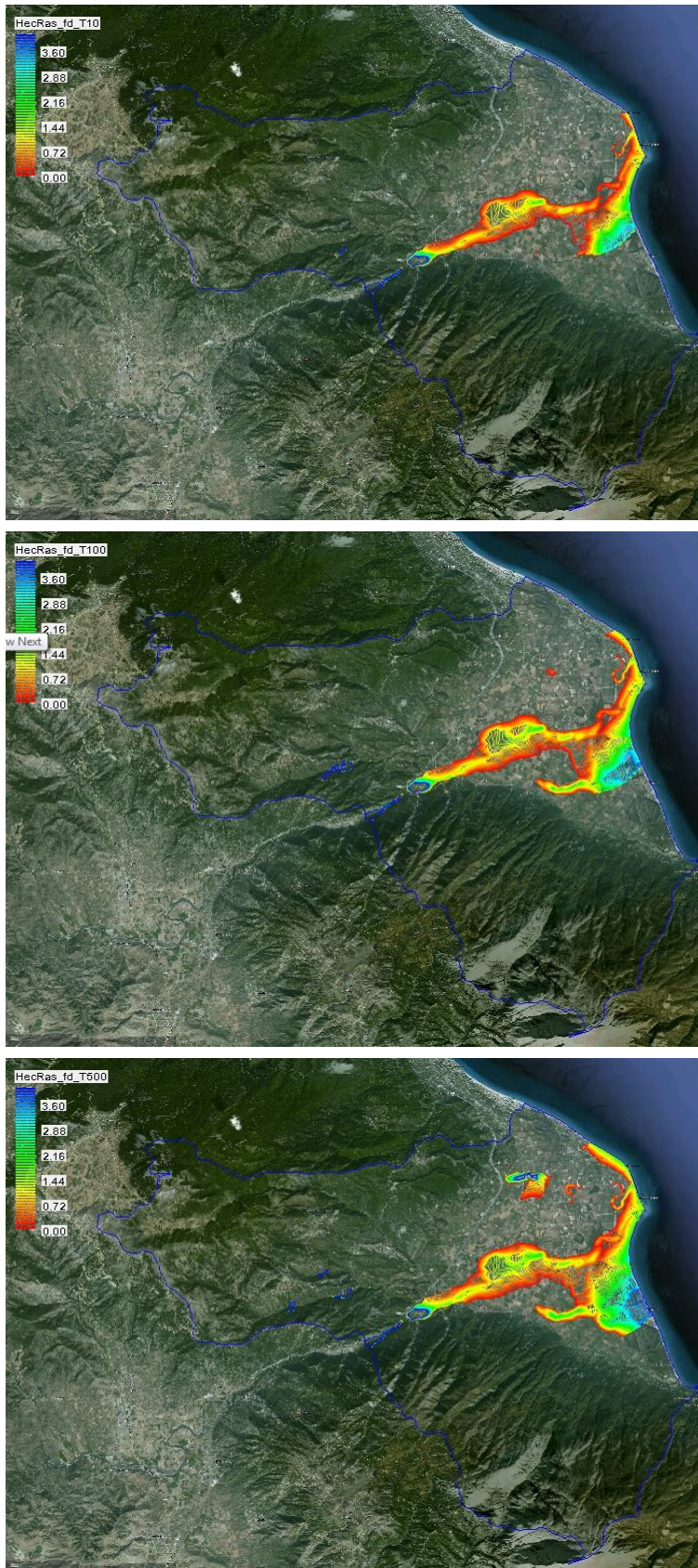


Figure 6, 7 & 8: Flood depths for the periods of 10, 100 & 500 years, respectively from up to down.

HecRas is the fastest in the simulation (less than one minute calculations). It is the easiest to use, but if an error occurs, you risk losing the data as you work. This is avoided by frequent saving files. The HecRas requires more data for its execution. These data are hydrological and mainly finding flood hydrographs. The model through the WMS software is more promising in perspective, as from the one-dimensional projection model is converted into one-dimensional model of two-dimensional results.

However, the benefits, the slopes, speeds and the Froude number are displayed in tabular form. The WMS gives effect only the maximum flood and possibly the one-dimensional steady flow stream to overstate the results. The HecRas via WMS is the least flexible. The reason is that it only simulates a river time, i.e. no multi-outlet faces problems such as river delta cases. The performance of the model usually requires flood hydrograph and probably flood hydrograph-levels. Unable to import some hyetographs and the results are limited to the river was designed for simulation.

Evaluating GSSHA

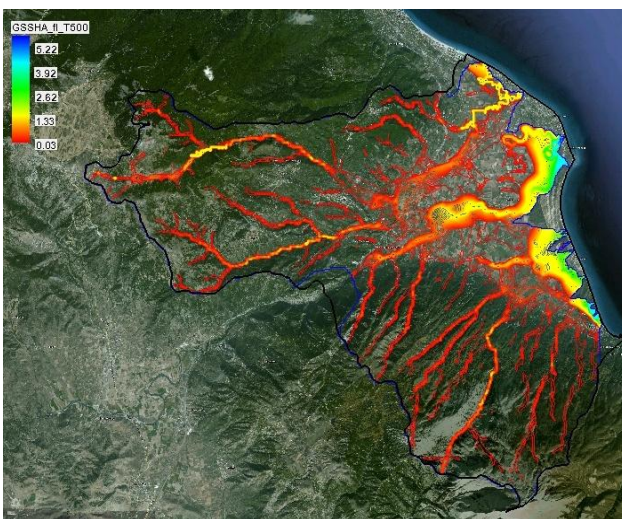
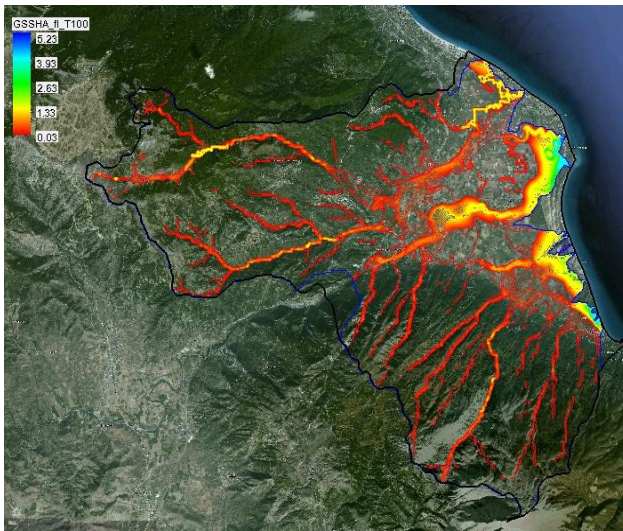
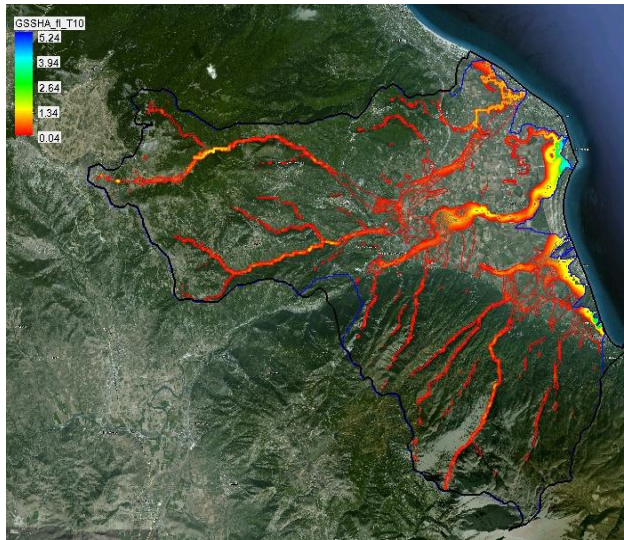


Figure 9, 10 & 11: Flood depths for the periods of 10, 100 & 500 years, respectively from up to down.

The GSSHA model is the slowest model, referring to the execution time of the simulation. The last fact is not reversed nor a computer multicore processors. The calculations can distract the 98-100% of CPU. In this case, the results for each period of design emerged after one and a half or two days simulation. (without interruption). It is quite easy to handle, but if an error occurs, you risk losing the data as you work. This is avoided by frequent saving files. The GSSHA requires relatively few data for its execution. The projection results are two-dimensional. The limit of the given basin does not have a good image. This is because the digital terrain model has the highest accuracy and the model has the possibility of automatic formation watershed, thereby changing and reduces marine boundaries of sub-basin (omitted settlements as given TIN converted to 2D Grid). The GSSHA model enables two-dimensional projection of flood depths, velocities and benefits. However an error that always arising at the exported results, prevented the appearance of speed and benefits. Also outputs a summary text for the simulation and flood hydrograph output. The GSSHA is quite flexible. It can simulate basin with multiple outputs, such as river delta cases. To GSSHA can provide results either adding flood hydrograph either by combining flood hydrograph-water channels, or by adding hyetographs. The introduction hyetographs are perhaps controversial and may cause the user questions. Charging with constant rainfall intensity and duration proves an easy and handy option.

Evaluating Tuflow

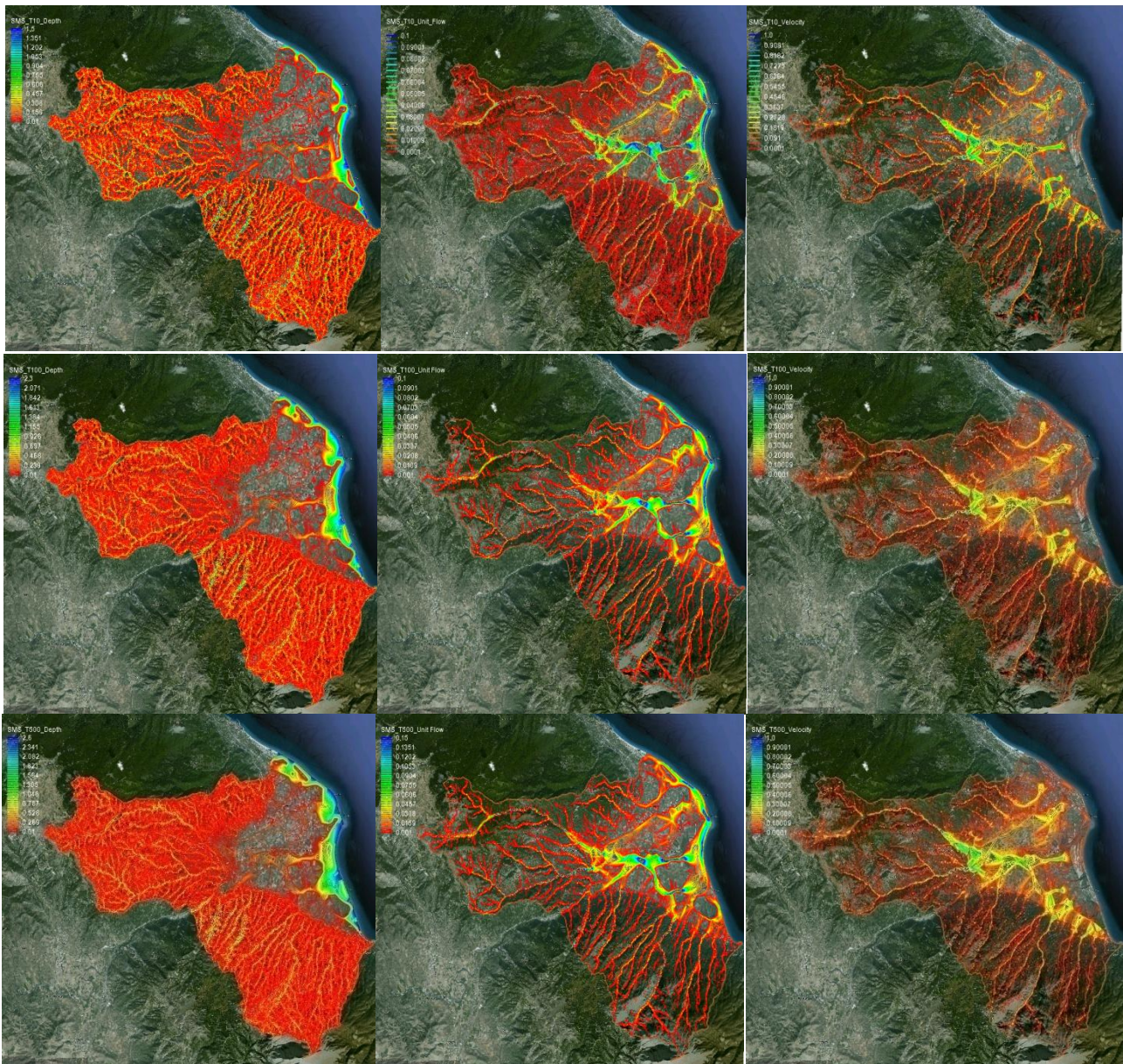


Figure 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 & 20: Flood depths for the periods of 10, 100 & 500 years, respectively from up to down for the left figures· **Unit Flows** for the periods of 10, 100 & 500 years, respectively from up to down for the central figures· **Velocities** for the periods of 10, 100 & 500 years, respectively from up to down for the right figures.

The TUFLOW model presents the average minimum speed performance simulation. The last fact is not reversed nor a computer multicore processor. The calculations can distract the 50-52% of the CPU. In this case, the results for each period of design, emerged after one and a half or two days simulation. (without interruption). It is very easy to handle, but if an error occurs, you risk losing the data as you work. This is avoided by frequent saving files. We need less data for the simulation. It does not require any form of rivers and instead calculates the flow in accordance with the given digital terrain model. The model displayed two-dimensional and because the operation of the model sufficient a TIN and not converting to a grid, the border of the given basin DTM presented

unchanged. Displays video snapshots of flooding and also shows the two-dimensional flood depths, flow rates and velocities.

It was not extracted a flood hydrograph nor any summary of the simulation and for this reason it is not possible to compare it with HecRas. The only way is the indirect comparison GSSHA, as the flood depths show a similar picture. Even with GSSHA comparison is incomplete as the latter did not provide snapshots flows and velocities. In this way, the comparison is limited to flood depths. The TUFLOW model is quite flexible and operates in a pan with multiple outputs, such as river delta cases.

Those mentioned hereinbefore, for the evaluation of the models, summarized in Figure 21

Figure 21: Comparative evaluation of models of software WMS and SMS

	WMS		SMS
	Hec Ras	GSSHA	Tuflow
Speed	Max speed to run model (maybe less than 1 minute)	Min speed to run model even with a multiple core processor (maybe CPU rise at 98-100% of use and results may take 1.5 to 2 days)	Moderate to min speed to run model even with a multiple core processor (maybe CPU rise at 50-52% of use and results may take 1.5 to 2 days)
Handling	Easiest to handle, but if you make a mistake, maybe you are in danger of loose your data (as an experience, saving before another step is necessary)	Easy enough to handle, but if you make a mistake, maybe you are in danger of loose your data (as an experience, saving before another step is necessary)	Too easy to handle, but if you make a mistake, maybe you are in danger of loose your data (as an experience, saving before another step is necessary)
Data	Max data need (estimation of hydrograph input)	Moderate to min data need (needs river creation)	Min data need (no river creation)
View	More promising than waiting (1D model is transformed to 2D view), but it's view is limited to the 1D data. Best view for the boundary. No video frames is able (Only max flood 2D view). Velocities and flow rates are 1D and are viewed on tables	2D view. Worst view for the boundary. Best video frames. 2D view for flood depths. Velocities and flow rates are able to see in 2D, but in this study an error made the velocities and flow rates disable to view	2D view. Best view for the boundary. Good video frames. 2D view for flood depths, velocities and flow rates. Max Flood is not able to see, unless you can find it by experience or by "eye" choice.
Results	Limited to the 1D data (maybe overestimated in a steady state). Max flood 2D. Table of flows, slopes, velocities, Froude in the points of cross sections	Max Flood in 2D view, 2D flood depths frames, summary output, hydrograph output, velocities and flows. Repeated model error disabled the view of velocities and flow rates	2D flood depth frames, 2D velocity frames, 2D flow rate frames. Max flood is not a given option. No hydrograph output. No summary output.
Flexibility	Less flexible. Only one river at a time with one exit. Works only with hydrographs and maybe hydrographs-stages. No hyetograph input	Flexible enough. Multiple rivers with multiple exits. Works with hydrographs, stages, hyetographs. Maybe hyetograph is little complex for the user. Steady rain is much easier option	Flexible enough. Multiple rivers with multiple exits. Works with hydrographs, stages, hyetographs.

1 Εισαγωγή

1.1. Αντικείμενο Διπλωματικής

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται μια σύγκριση μοντέλων λογισμικού, ύστερα από την εισαγωγή σε αυτά, ίδιων δεδομένων. Τέλος αξιολογούνται τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης, μεμονωμένα και συγκριτικά. Τα τελικά αποτελέσματα είναι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για διάφορες περιόδους επαναφοράς. Το πρωτότυπο της παρούσας μελέτης είναι η προσπάθεια μοντελοποίησης σε υπολεκάνη πολλαπλών εξόδων, όπως η περίπτωση Δέλτα ποταμών και στην προκειμένη περίπτωση, του Δέλτα Πηνειού Θεσσαλίας.

1.2. Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας

«Επικινδυνότητα πλημμύρας»: Η δυνατότητα εμφάνισης πλημμύρας σε συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους) που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης.

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν, σε επίπεδο περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού ή της μονάδας διαχείρισης χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας, στην πλέον κατάλληλη κλίμακα για τις περιοχές που προσδιορίζονται, βάσει της προκαταρκτικής αξιολόγησης των κινδύνων πλημμύρας. Για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού ή μονάδα διαχείρισης ή τμήμα διεθνούς περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού, που βρίσκεται στην επικράτειά τους, τα κράτη μέλη διεξάγουν προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας. Για την κατάρτιση των χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας και των χαρτών κινδύνων πλημμύρας πραγματοποιείται εκ των προτέρων ανταλλαγή πληροφοριών, μεταξύ των ενδιαφερόμενων κρατών μελών.

Οι χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας, καλύπτουν τις γεωγραφικές περιοχές, που θα μπορούσαν να πλημμυρήσουν, σύμφωνα με τα ακόλουθα σενάρια:

- α) πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας ή σενάρια ακραίων φαινομένων·
- β) πλημμύρες μέσης πιθανότητας (με πιθανή περίοδο επαναφοράς ≥ 100 χρόνια)·
- γ) πλημμύρες υψηλής πιθανότητας, ανάλογα με την περίπτωση.

Για κάθε σενάριο παρατίθενται τα ακόλουθα στοιχεία:

- α) η έκταση της πλημμύρας·
- β) το βάθος νερού ή η στάθμη νερού ανάλογα με την περίπτωση·
- γ) ανάλογα με την περίπτωση, η ταχύτητα ροής ή η σχετική ροή των υδάτων.

1.3. Οι πλημμύρες

Στις 18/9/2007, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε τη νέα Κοινοτική Οδηγία “για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας” (Directive of the European Parliament and of the Council “on the assessment and management of flood risks”)

Ο βασικός στόχος της Οδηγίας 2007/60/EK είναι να βοηθήσει τα Κράτη Μέλη στην πρόληψη, τον περιορισμό και την αντιμετώπιση των πλημμυρών. Με την Οδηγία δημιουργείται το ευρωπαϊκό πλαίσιο για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, το οποίο

επεκτείνει και συντονίζεται στενά με την Οδηγία Πλαίσιο (2000/60/EK) για τα Νερά. Η νέα αυτή Οδηγία προβλέπει, στο πλαίσιο μιας προσέγγισης μακροπρόθεσμου σχεδιασμού, μια διαδικασία διαχείρισης του κινδύνου πλημμυρών, η οποία υλοποιείται σε τρία στάδια:

Μέχρι το τέλος του 2011 τα Κράτη Μέλη θα πρέπει έχουν προβεί σε προκαταρκτική εκτίμηση των κινδύνων πλημμύρας για τις λεκάνες απορροής ποταμών και να προσδιορίσουν, με τον τρόπο αυτό, τις περιοχές με σοβαρή πιθανότητα πλημμύρας.

Σε περιοχές, στις οποίες υφίστανται όντως κίνδυνοι για ζημιές από πλημμύρες, τα Κράτη Μέλη οφείλουν να εκπονήσουν, μέχρι το τέλος του 2013, χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας, στους οποίους θα αποτυπώνονται οι αρνητικές συνέπειες των πλημμυρών (σε πληθυσμό, εγκαταστάσεις, κλπ.).

Το αργότερο μέχρι το 2015, για τις περιοχές αυτές πρέπει να καταρτισθούν σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας. Τα σχέδια διαχείρισης πρέπει να περιλαμβάνουν μέτρα για τη μείωση της πιθανότητας πλημμύρας και τον περιορισμό των πιθανών της επιπτώσεων. Τα σχέδια αυτά θα καλύπτουν μεν όλες τις φάσεις του κύκλου διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας αλλά θα εστιάζονται ιδίως στην πρόληψη (όπως πρόληψη των ζημιών από πλημμύρες, με την αποφυγή κατασκευής οικιών και βιομηχανιών σε περιοχές που απειλούνται σήμερα ή που θα απειληθούν στο μέλλον από πλημμύρες ή προσαρμογή των μελλοντικών αναπτυξιακών προγραμμάτων στους κινδύνους πλημμύρας), την προστασία (με την λήψη μέτρων μείωσης της πιθανότητας πλημμυρών ή/και περιορισμού των επιπτώσεων των πλημμυρών σε συγκεκριμένες τοποθεσίες όπως π.χ. με αποκατάσταση κατακλυσμένων περιοχών και υγροτόπων) και την ετοιμότητα (π.χ. μέσω της παροχής οδηγιών στο κοινό σχετικά με το τι πρέπει να κάνει σε περίπτωση πλημμύρας).

Τα τρία αυτά στάδια θα επαναλαμβάνονται σε εξαετείς κύκλους, ώστε να εξασφαλιστεί η συνεκτίμηση των μακροπρόθεσμων εξελίξεων. Στις περιπτώσεις διεθνών λεκανών απορροής ποταμών, για τα στάδια αυτά πρέπει να υπάρξει συντονισμός μεταξύ των εμπλεκόμενων χωρών για να μην μετατεθούν τα προβλήματα από τη μια περιοχή στην άλλη. Τέλος, θα πρέπει να εξασφαλιστεί η ενεργός συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων μερών στην κατάρτιση και επικαιροποίηση των σχεδίων διαχείρισης κινδύνου πλημμυρών και τα σχέδια, οι εκτιμήσεις και οι χάρτες κινδύνου θα πρέπει να δημοσιοποιούνται.

Η προκαταρκτική εκτίμηση των κινδύνων πλημμύρας για τις λεκάνες απορροής ποταμών της χώρας άρχισε στις 16-02-2012.

Με έργο που ανατίθεται από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων του ΥΠΕΚΑ και χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη αρχίζει η εκπόνηση της πρώτης δράσης που προβλέπεται από την Κοινοτική Οδηγία 2007/60/EK για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Η δράση αφορά στην προκαταρκτική εκτίμηση των κινδύνων πλημμύρας για τις λεκάνες απορροής ποταμών και το προσδιορισμό των περιοχών με σοβαρή πιθανότητα πλημμύρας. Η ολοκλήρωσή της αναμένεται εντός του Απριλίου 2012 και τα πορίσματα θα υποβληθούν στα αρμόδια όργανα της Κοινότητας.

Σε συνέχεια του προσδιορισμού των περιοχών στις οποίες υφίστανται κίνδυνοι για ζημιές από πλημμύρες, θα εκπονηθούν μέχρι το τέλος του 2013 (σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα της Οδηγίας), χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας, στους οποίους θα αποτυπώνονται οι αρνητικές συνέπειες των πλημμυρών (σε πληθυσμό, εγκαταστάσεις, κλπ.).

Ολοκλήρωση και υποβολή στην ΕΕ έκθεση προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας (23-03-2012)

Σε εφαρμογή της ΚΥΑ 31822/1542/Ε103 (ΦΕΚ1108/Β/21-07-2010) με την οποία ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο η Κοινοτική Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007 για την «Αξιολόγηση και Διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», το ΥΠΕΚΑ ανακοινώνει την ολοκλήρωση και υποβολή στην ευρωπαϊκή βάση δεδομένων ΕΙΟΝΕΤ των διαθέσιμων πληροφοριών-καταγραφών πλημμυρών που σημειώθηκαν στο παρελθόν (ιστορικές πλημμύρες) και προκάλεσαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν το πρώτο στάδιο εφαρμογής της εν λόγω ΚΥΑ και Οδηγίας που αφορά στην «Προκαταρκτική αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας» ανά Υδατικό Διαμέρισμα.

Βάσει της Προκαταρκτικής αξιολόγησης θα καταρτισθούν στη συνέχεια οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, καθώς και οι Χάρτες Επικινδυνότητας και Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας, οι οποίοι πρέπει να ολοκληρωθούν και να υποβληθούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι 22 Μαρτίου 2014.

Ελληνική συμμετοχή σε συνάντηση εργασίας για την εμπλοκή των αρμόδιων Φορέων στη Διαχείριση του Πλημμυρικού Κινδύνου, Βουκουρέστι 17-19 Απριλίου 2012 (8-6-2012)

Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων συμμετείχε με εκπροσώπους της σε συνάντηση εργασίας (Workshop) που πραγματοποιήθηκε στο Βουκουρέστι της Ρουμανίας στις 17 έως 18 Απριλίου 2012 με αντικείμενο την εμπλοκή των αρμόδιων φορέων και του πληθυσμού στη διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου «Stakeholder Involvement in Flood Risk Management».

Στη συνάντηση παρουσιάστηκαν 36 εισηγήσεις και 28 πόστερ (177 συμμετοχές από 29 χώρες). Οι εισηγήσεις βρίσκονται αναρτημένες στο site <http://www.danube-floodrisk.eu/2012/01/wff-workshop/>.

Εκπρόσωποι της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων συμμετείχαν και στην 11η Συνάντηση της Ομάδας Εργασίας των Πλημμυρών (11th Meeting of Working Group F on Floods) με εκπροσώπους από τις αρμόδιες επιτελικές αρχές των Κρατών Μελών για την εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Κύριο αντικείμενο της συζήτησης ήταν μεταξύ άλλων η ανταλλαγή τεχνογνωσίας για τα θέματα της προκαταρκτικής αξιολόγησης των πλημμυρών, της παραγωγής των χαρτών επικινδυνότητας και κινδύνου πλημμύρας, της σύνδεση της Οδηγίας με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά και με τις Οδηγίες προστασίας της φύσης καθώς και την εμπλοκή και ενημέρωση άλλων συναρμόδιων φορέων, όπως οι υπηρεσίες πολιτικής προστασίας.

Ολοκληρώθηκε ο Προσδιορισμός των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας στα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας και υποβλήθηκε στην ΕΕ επικαιροποίηση της έκθεσης Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας (22-11-2012).

Σε εφαρμογή της ΚΥΑ 31822/1542/Ε103 (ΦΕΚ1108/Β/21-07-2010) με την οποία ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο η Κοινοτική Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007 για την «Αξιολόγηση και Διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», το ΥΠΕΚΑ ανακοινώνει την ολοκλήρωση και υποβολή στην ευρωπαϊκή βάση ΕΙΟΝΕΤ:

Α) επικαιροποιημένων δεδομένων για τις ιστορικές πλημμύρες που καταγράφονται στα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας και έχουν προκάλεσαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις.

Β) των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας για το σύνολο της επικράτειας

Τα στοιχεία αυτά αποτελούν το πρώτο στάδιο εφαρμογής της εν λόγω ΚΥΑ και Οδηγίας που αφορά στην «Προκαταρκτική αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας» και τον προσδιορισμό των «Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας» ανά Υδατικό Διαμέρισμα.

Για την εφαρμογή των επόμενων σταδίων της Οδηγίας έχουν ενταχθεί στο ΕΠΕΡΑΑ και δρομολογείται από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων η Προκήρυξη 5 μελετών σε επίπεδο Υδατικού Διαμερίσματος, οι οποίες θα καλύπτουν το σύνολο της χώρας και θα περιλαμβάνουν για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, τους Χάρτες Κινδύνου Πλημμύρας, τους Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας και τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας.

Επιπλέον έχει δημοπρατηθεί και εκπονείται από 28-9-2012 πιλοτική μελέτη, με το σύνολο των δράσεων που προβλέπονται από την Οδηγία, για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Έβρου με τίτλο «Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής π. Έβρου, εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ».

1.4. Περιοχή μελέτης

Στην Βόρεια πλευρά του Δήμου Αγίας κοντά στους οικισμούς του Ομολίου και του Παλαιόπυργου βρίσκεται το **Δέλτα του Πηνειού ποταμού**, το οποίο αποτελεί υγροβιότοπο και καταφύγιο θηραμάτων. Για τις περιοχές αυτές γίνεται αναφορά σε διεθνείς και ευρωπαϊκούς καταλόγους βιότοπων-υγρότοπων.

1.5. Ιστορικές, γεωφυσικές και αναπτυξιακές μεταβολές

Η πεδινή περιοχή του Δέλτα του Πηνειού ποταμού δημιουργήθηκε από την προσχωματική δράση του Πηνειού μετά το γεωλογικό ρήγμα μεταξύ της Οροσειράς του

Ολύμπου και του Κισσάβου όπου τα νερά της Θεσσαλικής λίμνης βρήκαν διέξοδο προς τη θάλασσα, και είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της Θεσσαλικής πεδιάδας.

Σύμφωνα με τον Ιστορικό Ηρόδοτο, ο οικισμός του Ομολίου ήταν παραθαλάσσιος και οι εκβολές του Πηνειού ποταμού ήταν στο ύψος του υπόψη οικισμού ενώ κατά τη διάρκεια της μυθικής Αργοναυτικής εκστρατείας (8ο περίπου αιώνα π.Χ.) οι εκβολές του Πηνειού ποταμού είχαν φθάσει στο ύψος του οικισμού της Αιγάνης. Σήμερα, από τα φερτά υλικά της Θεσσαλικής πεδιάδας που μεταφέρει ο Πηνειός ποταμός και από τις αποπλύσεις των γειτονικών οροσειρών, οι εκβολές του Πηνειού έχουν φτάσει μέχρι το ύψος του οικισμού του Στομίου.

Σύμφωνα επίσης με πρόσφατα στοιχεία των νεώτερων αρχαιολογικών ερευνών στη Θεσσαλία (1957 -1959 μ.Χ.) από τον αρχαιολόγο Μιλίοσιτς και άλλους, η περιοχή κατοικούνταν από την παλαιολιθική εποχή. Η ύπαρξη αρχέγονου παλαιολιθικού πολιτισμού πριν 30.000 – 100.000 ή και 250.000 χρόνων, αποδεικνύεται με βάση τα λίθινα εργαλεία που βρέθηκαν εκεί. Στο τμήμα των εκβολών του Πηνειού (ανατολική και βόρεια Θεσσαλία) κατοικούσαν οι Πελασγοί (Αιολείς) και στη συνέχεια, στις πλαγιές του Ολύμπου και της Όσσας, εκατέρωθεν των εκβολών του Πηνειού ποταμού, εγκαταστάθηκαν οι Δωριείς.

Η περιοχή των εκβολών του Πηνειού Ποταμού κατοικήθηκε και από Ρωμαίους, Γότθους (395 μ.Χ.), Νορμανδούς (1083 μ.Χ.), και Τούρκους (από τους πρώτους χρόνους κατάκτησης της Θεσσαλίας μέχρι το 1923 με την εφαρμογή της συμφωνίας ανταλλαγής των πληθυσμών).

Η φυσική ενότητα του Δέλτα Πηνειού διατηρήθηκε μέχρι το 1930. Στη συνέχεια, η αγροτική πολιτική που εφαρμόστηκε από το Υπουργείο Γεωργίας, που είχε ως στόχο την αύξηση της αγροτικής γης, είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή ενός μεγάλου μέρους της δασικής έκτασης και τη μετατροπή της σε γεωργική γη, η οποία διανεμήθηκε στους αγρότες της περιοχής το 1932.

Μέχρι το 1940, η χωροταξική δομή σε τοπικό επίπεδο διακρινόταν από την κοινωνική και οικονομική συσπείρωση στην περιμετρική και επιτόπια ημιορεινή ζώνη με δευτερεύοντα οικονομικό ρόλο την πεδινή περιοχή του Δέλτα Πηνειού. Μεταπολεμικά, με την εγκατάλειψη των ορεινών περιοχών, το οικονομικό ενδιαφέρον εστιάζεται στη γεωργική εκμετάλλευση της πεδιάδας του Δέλτα Πηνειού. Την ίδια περίοδο, κατασκευάστηκε η τάφρος Σμίξη, μέσω της οποίας παροχετεύονταν στον Πηνειό ποταμό ποσότητες νερού από τη λεκάνη απορροής του κάτω Ολύμπου με στόχο την αντιπλημμυρική προστασία της βόρειας κοίτης του Πηνειού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση των υγρότοπων στο συγκεκριμένο τμήμα του Δέλτα, καθώς μειώθηκαν οι ποσότητες του νερού.

1.6. Η σημασία του Δέλτα Πηνειού

Η περιοχή, λόγω της πλούσιας χλωρίδας και πανίδας που φιλοξενεί, έχει μεγάλη οικολογική και κοινωνικοοικονομική αξία. Σήμερα, οι εκβολές του Πηνειού Ποταμού αποτελούν έναν υγρότοπο που παίζει σημαντικό ρόλο στη διαφύλαξη της βιολογικής ποικιλότητας και στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του. Συγκεκριμένα η περιοχή του Δέλτα Πηνειού:

- Διαθέτει όλα τα φυσικό – βιολογικά χαρακτηριστικά, ώστε να περιλαμβάνεται στις περιοχές που ισχύει το καθεστώς προστασίας των διεθνών συμβάσεων της Βόννης, της Βέρνης, της Βαρκελώνης, της Ουάσιγκτον (CITES).
- Έχει χαρακτηριστεί ως Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ). Ανήκει στη λίστα των βιοτόπων CORINE (1988) και αποτελεί περιοχή "ειδικής προστασίας" σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ, και στις περιοχές Natura 2000 (GR1420002). Περιλαμβάνει υγροτοπικούς οικοτόπους, δασάκια από άγριες ελιές, καλλιεργούμενους ελαιώνες, βοσκότοπους, παράκτια και παραποτάμια δάση, θίνες και αμμώδεις χερσότοπους.
- Σε διεθνές επίπεδο ανήκει στις Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά (ΣΣΠ), (ICBP-IWRB) εφόσον πολλά αρπακτικά πουλιά φωλιάζουν εκεί και πολλά παρυδάτια είδη πτηνών χρησιμοποιούν τα έλη του. Στην περιοχή παρατηρήθηκαν 226 είδη πουλιών που ανήκουν σε περισσότερα από 50 γένη.
- Έχει χαρακτηριστεί ως καταφύγιο ή εκτροφείο θηραμάτων, και απαγορεύεται η αλιεία κατά την περίοδο της αναπαραγωγής. Από ιχθυολογική άποψη, η ιχθυοπανίδα των γλυκών νερών του ποταμού και της θαλάσσιας περιοχής είναι πλούσια σε πληθυσμούς και σε είδη. Η ιχθυοπανίδα των γλυκών νερών περιλαμβάνει 37 είδη ψαριών και άλλα 11 με πιθανή παρουσία, ενώ η ιχθυοπανίδα της θαλάσσιας περιοχής, περιλαμβάνει 123 είδη ψαριών από τα οποία μόνο τα 10 από αυτά έχουν πιθανή παρουσία σήμερα.
- Από γεωλογική άποψη, ανήκει στην πελαγονική ζώνη και αποτελείται κυρίως από αποθέσεις άμμου, αργίλου, και κροκαλοπαγή πετρώματα.

Εκτός από την οικολογική αξία της περιοχής, το Δέλτα έχει μεγάλη σημασία για την άρδευση, την κτηνοτροφία, την υλοτομία, την αμμοληψία, την ύδρευση, την αναψυχή, τον τουρισμό, την εκπαίδευση και την επιστήμη.

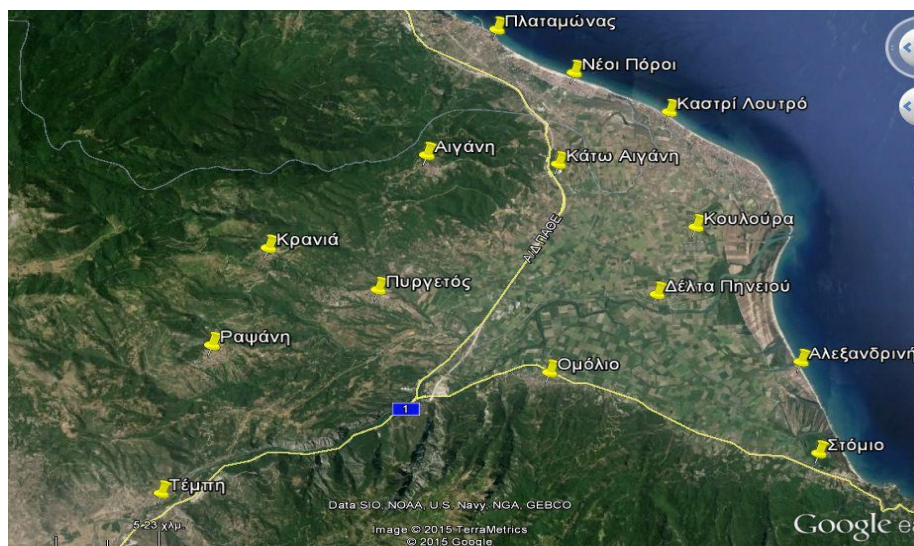
Επίσης, το Δέλτα του Πηνειού ποταμού παρουσιάζει και πολιτιστική αξία διότι οριοθετείται μεταξύ των τριών σημαντικών μυθικών και ιστορικών τόπων της Ελλάδας: του Ολύμπου, της Όσσας και των Τεμπών. Στην περιοχή υπάρχει ο αρχαιολογικός χώρος του Ομολίου, και στο Στόμιο η μεγάλης αρχιτεκτονικής σημασίας Ιερά Μονή Αγ. Δημητρίου.

Στην εικόνα 1, παρουσιάζεται η θέση του Δέλτα Πηνειού σε σχέση με την πόλη της Λάρισας. Η εικόνα είναι μια αεροφωτογραφία από την εφαρμογή Google Earth.



Εικόνα 1: Θέση του Δέλτα Πηνειού σε σχέση με την Λάρισα [23]

Στην εικόνα 2, παρουσιάζεται η περιοχή του Δέλτα Πηνειού με ορισμένους από τους οικισμούς που θα μπορούσαν να πληγούν από ενδεχόμενες πλημμύρες, αλλά και επισημαίνονται οικισμοί γνωστών τόπων προορισμού, με σκοπό την αντίληψη της χωροθέτησης της εξεταζόμενης περιοχής.



Εικόνα 2: Περιοχή Δέλτα Πηνειού με μερικούς από τους κατοικημένους οικισμούς [23]

1.7. Ο Πηνειός ποταμός

Ο Πηνειός είναι ο κύριος και ο πιο αξιόλογος ποταμός της Θεσσαλίας. Πηγάζει από την Πίνδο, περνάει κοντά στην Καλαμπάκα και βγαίνει στη Θεσσαλική πεδιάδα. Ο Πηνειός ποταμός βρίσκεται στο κεντρικό διαμέρισμα της ηπειρωτικής Ελλάδας, στη Θεσσαλία. Το

συνολικό μήκος του ποταμού είναι 216km και η συνολική του επιφάνεια 9.500 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Σε όλο το μήκος του ποταμού ενσωματώνονται πάρα πολλοί παραπόταμοι, με κυριότερους τον Τιταρήσιο, τον Εννιπέα, τον Καλέτζη και τον Ληθαίο.

Ο Πηνειός, μαζί με τους παραπόταμούς του, αποτελεί για τη Θεσσαλία το μοναδικό υδάτινο αποδέκτη. Η Θεσσαλική περιοχή, με έναν πληθυσμό περίπου 500.000 κατοίκων, είναι κυρίως γεωργική, με μικρή βιομηχανική δραστηριότητα.

Οι ανάγκες πόσιμου νερού της Λάρισας καλύπτονταν, μέχρι το 1986, αποκλειστικά από τον Πηνειό. Όμως η συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση νερού και η αύξηση της καλλιέργειας βαμβακιού στη θεσσαλική πεδιάδα, η οποία απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, σε συνδυασμό με τη ρύπανση του ποταμού από φυτοφάρμακα, οδήγησε στην αναζήτηση νέων πηγών νερού. Έτσι από το 1990, οι ανάγκες πόσιμου νερού της Λάρισας καλύπτονται 100% από υπόγεια νερά που προέρχονται από γεωτρήσεις.

1.7.1. Ιστορία-Μυθολογία

Ποτάμι της Θεσσαλίας, ο Πηνειός (αργυροδίνης, δινήης κατά τον Όμηρο) έλαβε τη σημερινή μορφή, μετά την απομάκρυνση των υδάτων της άλλοτε μεγάλης θεσσαλικής λίμνης, από ρήγμα που δημιουργήθηκε στην κοιλάδα των Τεμπών. Σύμφωνα με τη μυθολογία ήταν γιος του Ωκεανού και της Τιθύος και πατέρας της νύμφης Δάφνης, ιέρειας της Μητέρας Γης. Τη Δάφνη την κυνήγησε ο Απόλλων και όταν την έφθασε, εκείνη επικαλέστηκε τη Μητέρα Γη, η οποία την εξαφάνισε και στη θέση της άφησε το φυτό δάφνη. Ο Πηνειός ήταν, επίσης, ο πατέρας του βασιλιά των Λαπιθών, Υψέα.

1.7.2. Μορφολογία-Χρήση

Ο Πηνειός σχηματίζεται από τη συμβολή του Μαλακασιώτικου ρέματος που πηγάζει από το βουνό Λάκμος και του ρέματος Μουργκάνι που πηγάζει από την Αντιχάσια. Το μήκος του φτάνει τα 205m και είναι ο τρίτος σε μήκος ποταμός της χώρας. Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 10.700 τετραγωνικά χιλιόμετρα, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 779mm, ο μέσος ετήσιος όγκος νετού 7.965 x 1.000.000 κυβικά μέτρα και η μέση ετήσια απορροή εκτιμάται σε 3.500 x 1.000.000 κυβικά μέτρα. Διαρρέει τη θεσσαλική πεδιάδα και τροφοδοτείται από τα νερά των παραποτάμων: Ληθαίου, Πορταϊκού, Παμίσου, Σοφαδίτικου, Ενιπέα, Τιταρησίου καθώς και τα νερά από την εκτροπή του Ταυρωπού στην περιοχή Καρδίτσας. Μετά τη Λάρισα δημιουργεί έντονους μαιανδρισμούς, διέρχεται την κοιλάδα των Τεμπών και εκβάλλει στο Αιγαίο σχηματίζοντας μικρό Δέλτα. Παρουσιάζει ήρεμη ροή, η οποία δημιουργεί προσχώσεις και συχνά προκαλεί πλημμύρες στις περιοχές Ζάρκου και Γόνων κυρίως.

Παλαιότερα, με τα πλημμυρικά νερά του, τροφοδοτούνταν η λίμνη Κάρλα, της οποίας η έκταση έφτανε και μέχρι τα 180 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Μετά τη δημιουργία του αναχώματος στην κοίτη του Πηνειού, η Κάρλα απέκτησε δική της υδρολογική λεκάνη.

Δέχεται σημαντική ρύπανση από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα καθώς και από την εντατική γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα που χαρακτηρίζει τη θεσσαλική πεδιάδα. Έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις από τον εγκιβωτισμό της κοίτης του, την κατασκευή αρδευτικών δικτύων, των προσωρινών φραγμάτων και τις υπεραντλήσεις.

Κατά τους θερινούς μήνες που οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες και υπάρχει και μείωση της παροχής του ποταμού, οι συνέπειες από τη ρύπανση είναι πλέον εμφανείς και έντονες. Με τα νερά του αρδεύονται περί τα 80.000 στρέμματα και παράλληλα υδροδοτούνται οικισμοί της Θεσσαλίας. Διαθέτει σημαντικά παραποτάμια δάση, μεγάλη ποικιλότητα στην πανίδα και εκτεταμένες θίνες στο Δέλτα του.

[12] [13] [26] [34]

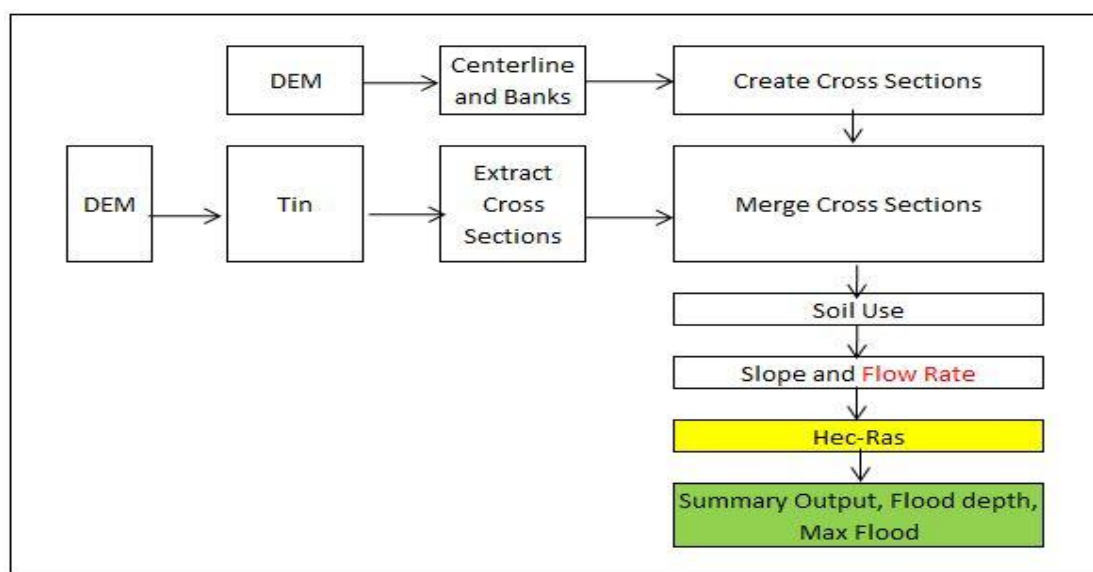
2 Μεθοδολογία προσομοίωσης ανά υδρολογικό μοντέλο

2.1. HecRas

Στο διάγραμμα ροής της εικόνας 3, παρουσιάζεται, συνοπτικά, η πορεία εξαγωγής χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας, με χρήση του μοντέλου HecRas. Αρχικά χρειάζεται η δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM). Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι απαραίτητο για δύο λόγους:

1. Τη δημιουργία κύριου άξονα ποταμού και των δευτερευόντων αξόνων (όχθες), με τελικό στόχο την εξαγωγή εγκάρσιων μηκοτομών κατά μήκος του ποταμού
2. Τη δημιουργία ενός Δικτύου Ακανόνιστων Τριγώνων (Tin), από το οποίο θα εξαχθούν εγκάρσιες μηκοτομές κατά μήκος του ποταμού

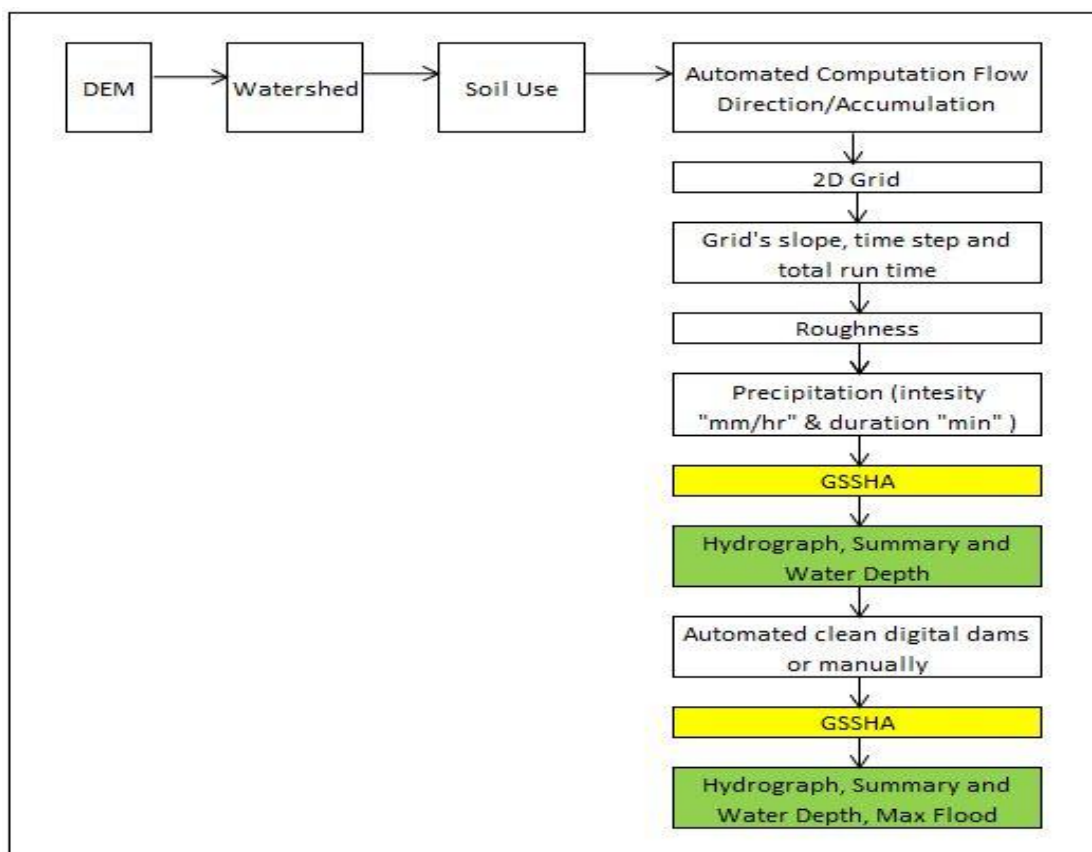
Σκοπός του ψηφιακού μοντέλου εδάφους είναι η δημιουργία βοηθητικών μηκοτομών με υψόμετρα αναγλύφου και συνεπώς πορεία της πλημμυρικής απορροής. Για την εκτέλεση της μοντελοποίησης θα χρειαστεί να δοθούν τιμές συντελεστών τραχύτητας. Για τις τιμές των συντελεστών τραχύτητας εισάγεται ένας χάρτης χρήσεων γης (CORINE 2000) και αποδίδονται σε αυτό, βιβλιογραφικά, τιμές τραχύτητας (mapping). Τα προηγούμενα εκτελούνται στο περιβάλλον του λογισμικού WMS και αφού ολοκληρωθούν, εισάγονται στο μοντέλο του HecRas. Στο HecRas εισάγονται, επιπλέον, η κλίση του ποταμού και η μέση πλημμυρική παροχή, η οποία θα πρέπει να υπολογιστεί σύμφωνα με τις όμβριες καμπύλες της περιοχής. Μετά την εκτέλεση του HecRas, τα δεδομένα εισάγονται στο περιβάλλον του WMS και με μια εντολή σκιαγράφησης, τα δεδομένα μίας διάστασης του HecRas μετατρέπονται σε δισδιάστατο χάρτη επικινδυνότητας. Τέλος, στον χάρτη που εξάγεται, παρουσιάζεται μόνο η μέγιστη πλημμύρα, ενώ τα δεδομένα ταχύτητας και παροχής στις διάφορες ζητούμενες θέσεις, μπορούν να αντληθούν από το HecRas.



Εικόνα 3: Συνοπτικό διάγραμμα ροής για την εξαγωγή χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας

2.2. GSSHA

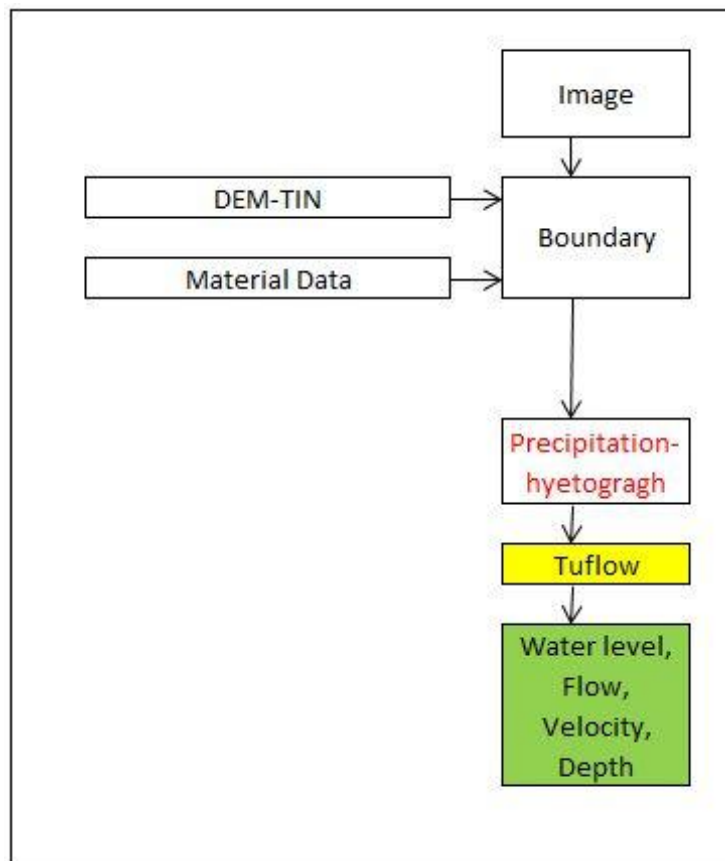
Στο διάγραμμα ροής της εικόνας 4, παρουσιάζεται, συνοπτικά, η πορεία εξαγωγής χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας, με χρήση του μοντέλου GSSHA. Αρχικά χρειάζεται η δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM). Με την βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους θα δημιουργηθούν οι υδροκρίτες των υπολεκανών της λεκάνης του Δέλτα. Το Δέλτα διαθέτει αρκετές εξόδους ποταμών και οι υδροκρίτες θα σχηματίσουν αντίστοιχες λεκάνες. Στην συνέχεια εισάγονται συντελεστές τραχύτητας με αντίστοιχο τρόπο, όπως εξηγήθηκε προηγουμένως για το HecRas. Η διαφορά είναι ότι στο συγκεκριμένο λογισμικό δημιουργούνται, αυτόματα, οι ποταμοί, βάσει ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Τελικό προϊόν των προηγούμενων είναι ένας δισδιάστατος κানাβος, στον οποίο εισάγονται οι συντελεστές τραχύτητας και μια συνεχής επιφανειακή βροχή ορισμένης διάρκειας, αναλόγως της καταίγιδας σχεδιασμού. Ακολουθεί η εκτέλεση του GSSHA, εκτός και χρειάζεται πρώτα να διορθωθούν κάποιες ατέλειες στον δισδιάστατο κানাβο. Οι διορθώσεις πραγματοποιούνται είτε χειροκίνητα, είτε αυτόματα και εκτελείται το μοντέλο GSSHA. Τα αποτελέσματα, τα οποία εξάγονται πάνω στον δισδιάστατο κানাβο, είναι: το πλημμυρογράφημα εξόδου, τα στιγμιότυπα της πλημμυρικής κατάκλισης, το μέγιστο στιγμιότυπο πλημμύρας, οι ταχύτητες και οι παροχές.



Εικόνα 4: Συνοπτικό διάγραμμα ροής για την εξαγωγή χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας

2.3. Tuflow

Στο διάγραμμα ροής της εικόνας 5, παρουσιάζεται, συνοπτικά, η πορεία εξαγωγής χάρτη επικινδυνότητας πλημμύρας, με χρήση του μοντέλου Tuflow. Αρχικά χρειάζεται η δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους και η μετατροπή του σε TIN. Χρειάζονται επίσης δεδομένα τραχύτητας, τα οποία θα αντληθούν με αντίστοιχο τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως. Εδώ χρειάζεται μόνο ένας υδροκρίτης και η εισαγωγή σε αυτόν ενός επιφανειακού νετογράμματος ορισμένης καταίγιδας σχεδιασμού. Ακολουθεί η εκτέλεση του Tuflow και τα εξαγόμενα αποτελέσματα είναι τα στιγμιότυπα πλημμυρικού βάθους, ταχύτητας και παροχής σε ένα TIN δισδιάστατης εμφάνισης.

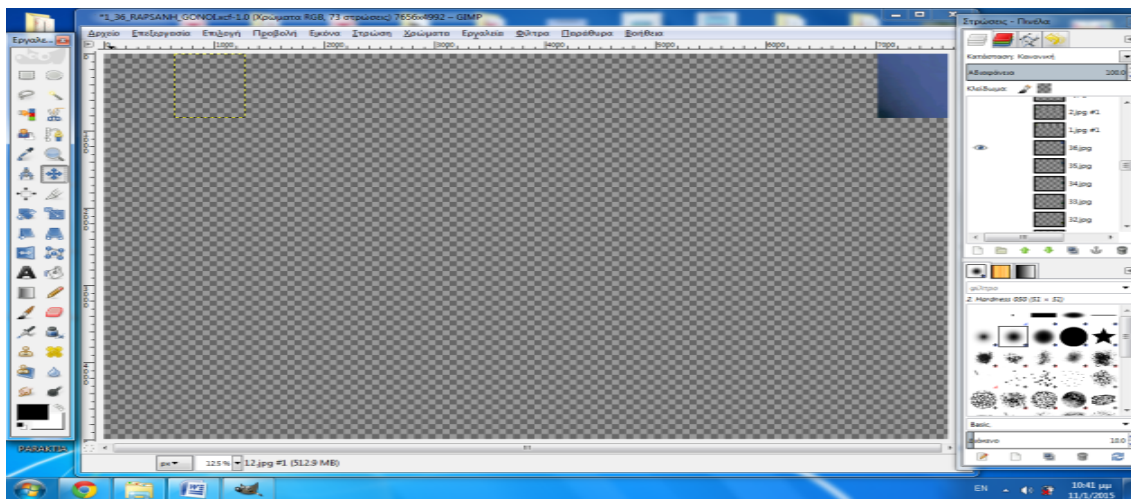


Εικόνα 5: Συνοπτικό διάγραμμα ροής για την εξαγωγή χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας

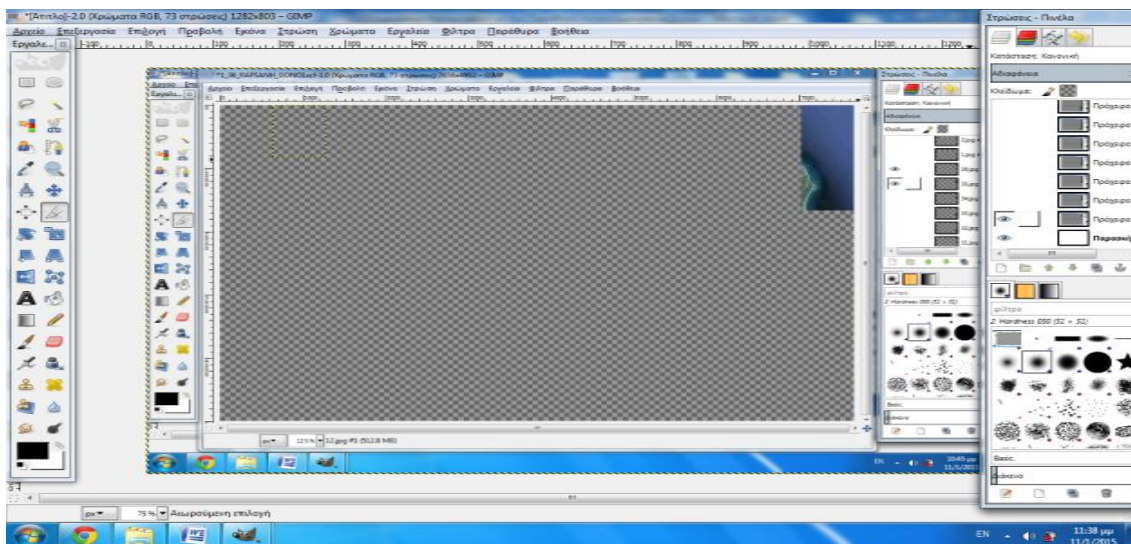
[31] [33] [32]

3 Ψηφιακή χαρτογράφηση

Για την δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, θα χρειαστούν χάρτες με ισοϋψείς καμπύλες και για την χάραξη των ποταμών και των υδρολογικών στοιχείων, θα χρειαστούν χάρτες αντίστοιχης πληροφορίας. Ορισμένοι χάρτες είναι ικανοποιητικού μεγέθους (περιλαμβάνουν το σύνολο της ενδιαφερόμενης περιοχής) και διατίθενται από δημόσιες υπηρεσίες, ενώ άλλοι χάρτες δημιουργούνται με χειροκίνητο τρόπο. Από την εφαρμογή του Google Earth και του διαδικτυακού ιστότοπου του Openstreetmaps εξάγονται με την εντολή Print Screen εικόνες μεγέθους, που να ικανοποιούν την οπτική ανάλυση του χρήστη. Αυτές εισάγονται στο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας, Gimp. Στο Gimp επικολλάται η μια εικόνα δίπλα στην άλλη, μέχρι να σχηματιστεί η τελική ενοποιημένη εικόνα ικανοποιητικού οπτικού μεγέθους. Για την αποφυγή διατάραξης της ροής του κειμένου, παρατίθενται μόνο δυο εικόνες επεξεργασίας,, καθώς οι υπόλοιπες παρουσιάζονται στο παράρτημα V.



Εικόνα 6: Εισαγωγή εικόνας, της Google Earth, για επεξεργασία στο λογισμικό Gimp



Εικόνα 7: Εισαγωγή δεύτερης εικόνας επικολλημένης δίπλα στην πρώτη, προς σχηματισμό της ενιαίας εικόνας Google Earth.

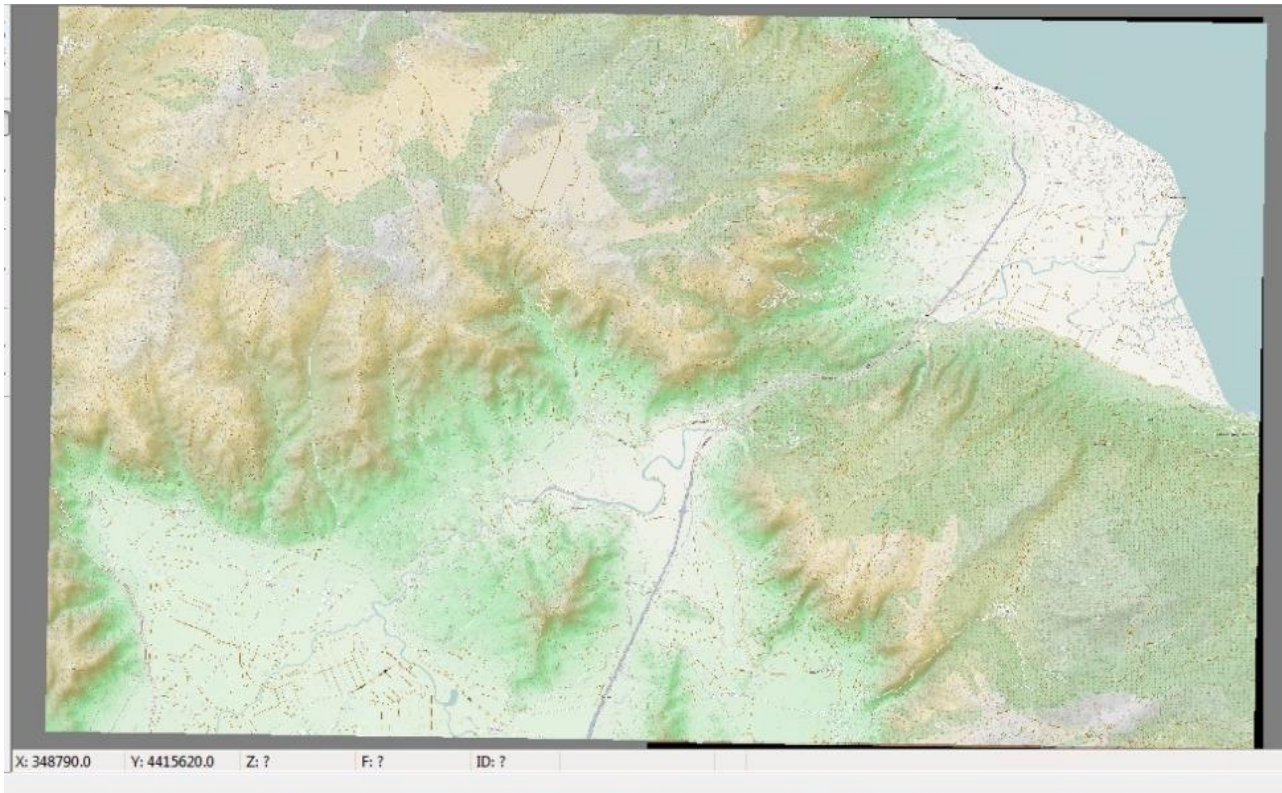
[18] [23]

4 Γεωαναφορά Χαρτών-Εικόνων

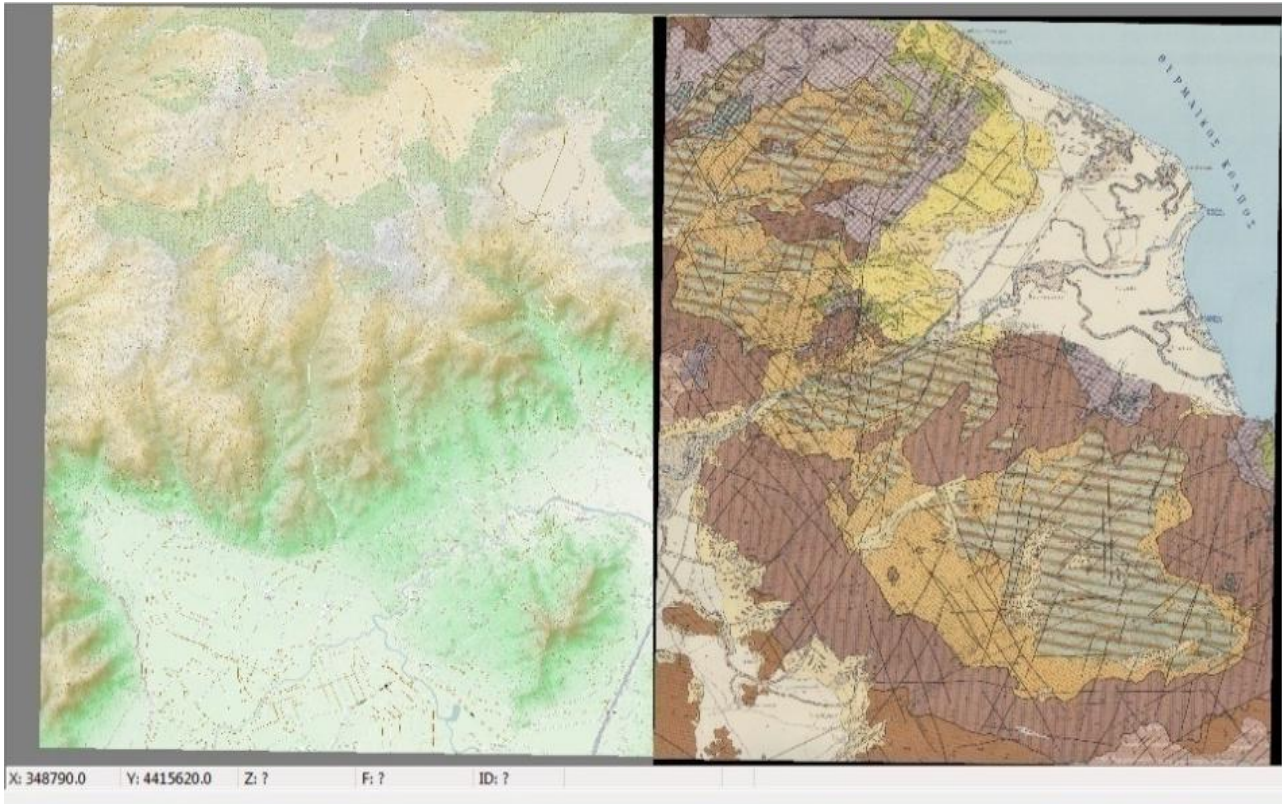
Για την δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, είναι απαραίτητη η σωστή γεωαναφορά των χαρτών-εικόνων, δηλαδή η εισαγωγή συντεταγμένων στα άκρα των εικόνων (προϋπόθεση είναι ότι πρόκειται για ψηφιακούς χάρτες). Ο κάθε χάρτης παίρνει τα σωστά όρια και τις πραγματικές αποστάσεις που απεικονίζει. Στις εικόνες 8, 9 και 10 και 11 φαίνεται η εισαγωγή τους στο λογισμικό GMS, στο ίδιο σύστημα γεωγραφικής αναφοράς (ΕΓΣΑ 87). Το GMS παρέχει την δυνατότητα γεωαναφοράς εικόνων-χαρτών και επιτρέπει την εξαγωγή τους σε συμβατή μορφή για τα λογισμικά WMS και SMS. Το GMS χρησιμοποιείται βοηθητικά γιατί διευκολύνει και τη δημιουργία συμβατού ψηφιακού μοντέλου εδάφους.



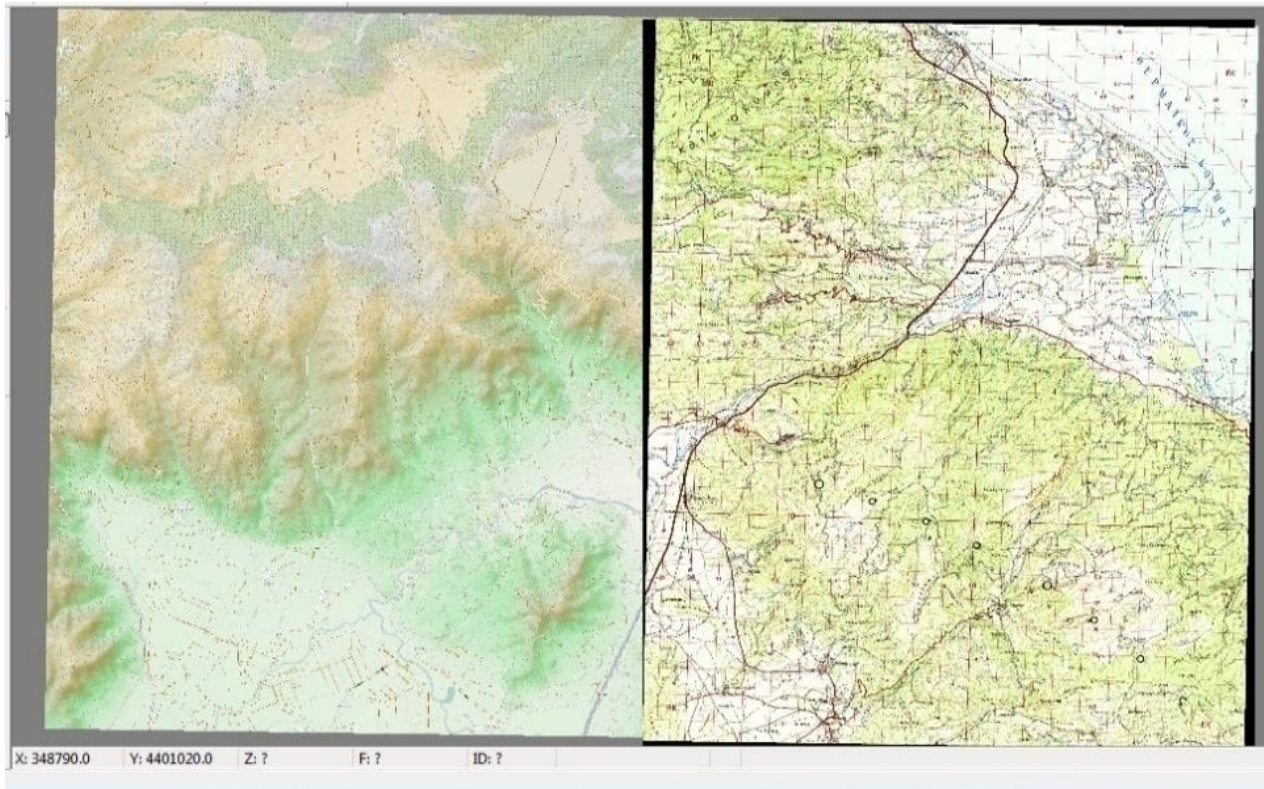
Εικόνα 8: Εισαγωγή γεωαναφοράς, στο GMS, της ενοποιημένης εικόνας αεροφωτογραφίας της Google Earth



Εικόνα 9: Εισαγωγή γεωαναφοράς, στο GMS, της ενοποιημένης εικόνας της OpenStreetMap



Εικόνα 10: Εισαγωγή γεωαναφοράς, στο GMS, του γεωλογικού χάρτη του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ)

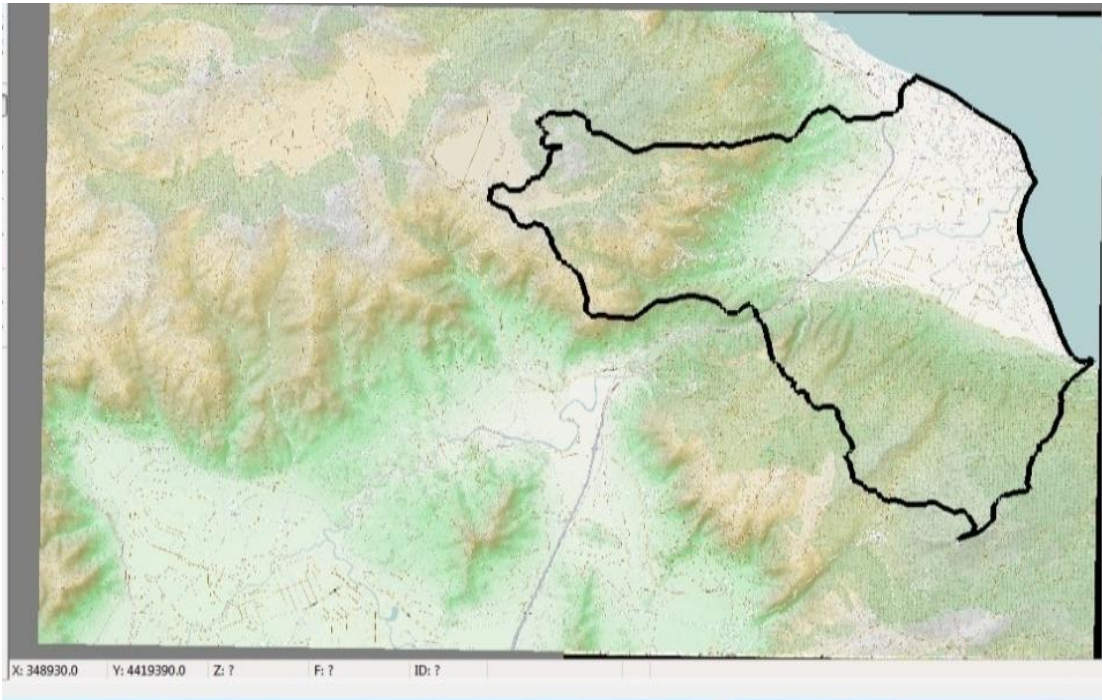


Εικόνα 11: Εισαγωγή γεωαναφοράς, στο GMS, του χάρτη Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ)

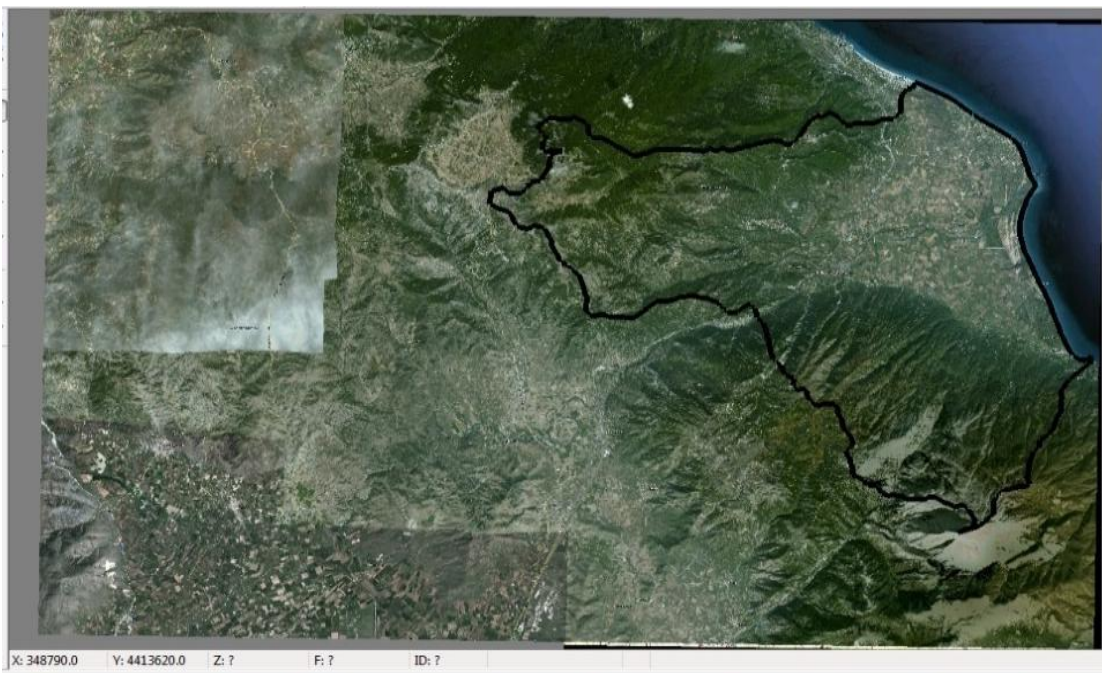
[16][17][21] [22][23]

5 Δημιουργία του Υδροκρίτη της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού

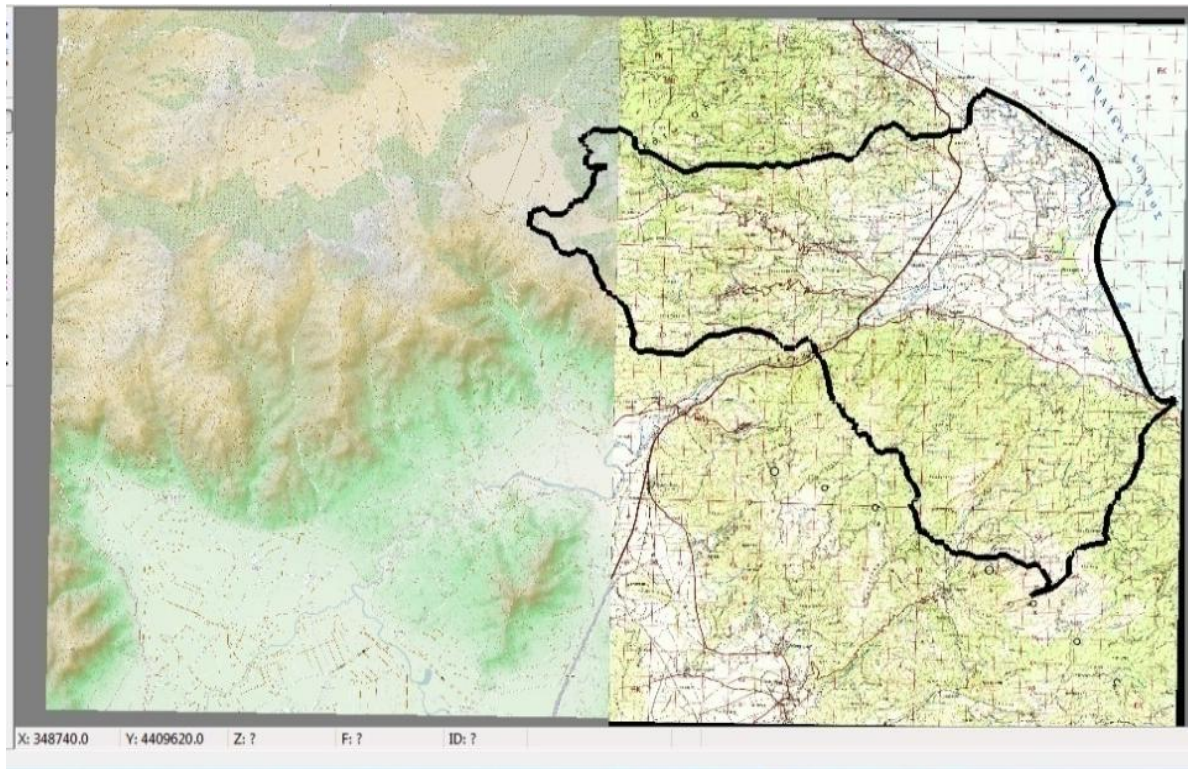
Το λογισμικό GMS διαθέτει δυνατότητα σχεδίασης CAD και ο καταλληλότερος χάρτης για την χάραξη του Υδροκρίτη της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού είναι εκείνος της OpenStreetMaps. Ο Υδροκρίτης σχηματίζεται με χειροκίνητο τρόπο και φαίνεται στην εικόνα 12 σε αντιστοιχία με τους υπόλοιπου χάρτες των εικόνων 13, 14 και 15.



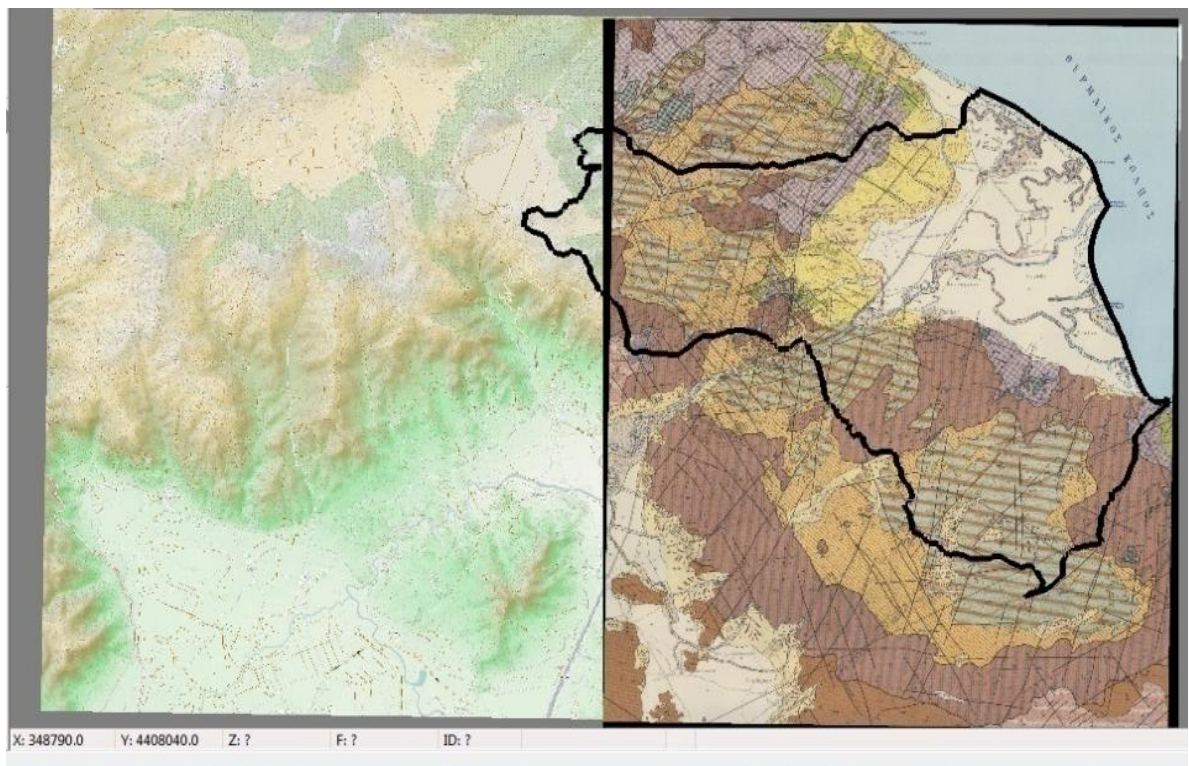
Εικόνα 12: Χάραξη, στο GMS, του Υδροκρίτη της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού, στο χάρτη της OpenStreetMaps



Εικόνα 13: Αντιστοιχία του Υδροκρίτη, της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού, στον χάρτη της Google Earth. [21] [22][23][17]



Εικόνα 14: Αντιστοιχία του Υδροκρίτη, της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού, στον χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ)



Εικόνα 15: Αντιστοιχία του Υδροκρίτη, της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού, στον Γεωλογικό χάρτη του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ)

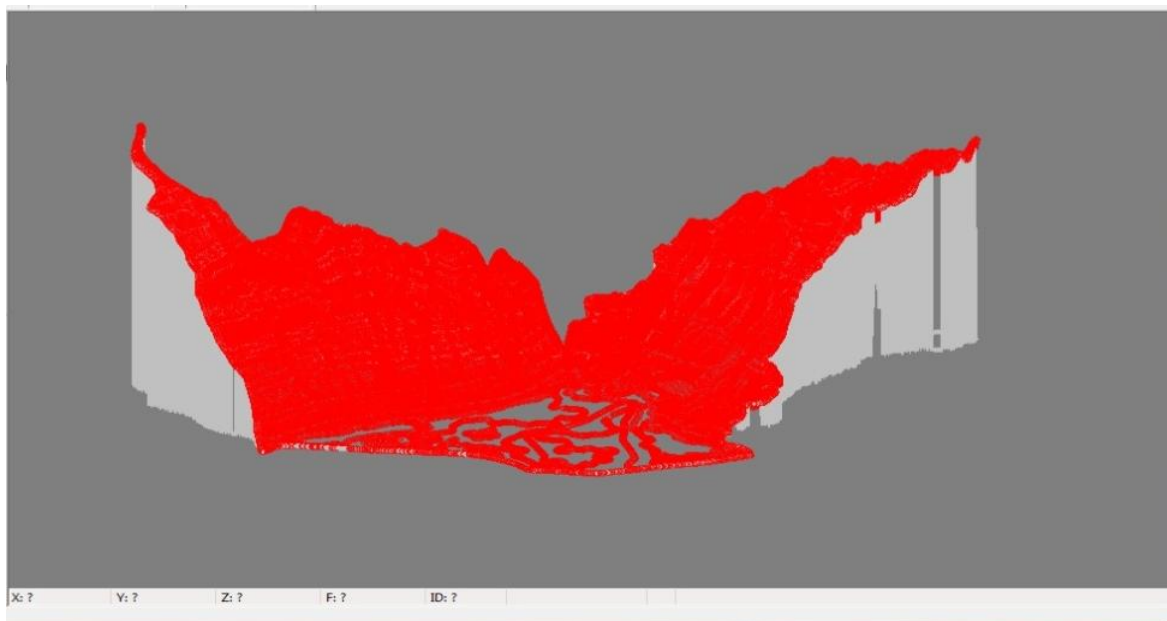
[16][17][21] [22][23]

6 Δημιουργία του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

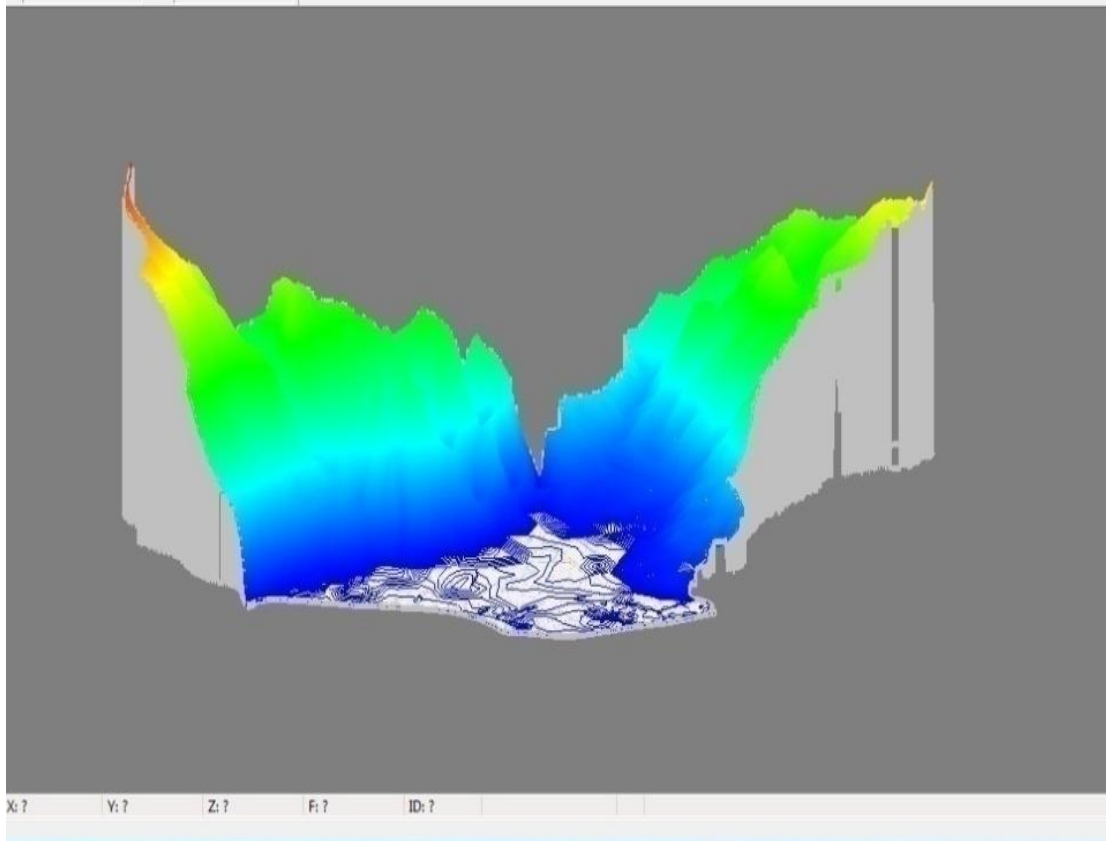
Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους δημιουργείται στο λογισμικό GMS. Με χειροκίνητο τρόπο εισάγονται σημεία πάνω στις ισοϋψείς του OpenStreetMaps και ύστερα από μια χρονοβόρα διαδικασία εισαγωγής υψομέτρων, σε αντιστοιχία με τις ισοϋψείς καμπύλες, δημιουργείται το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους μπορεί να προβληθεί τρισδιάστατα και ορισμένες απόψεις του, παρουσιάζονται στις ακόλουθες εικόνες 16, 17, 18, 19, 20, 21 και 22 (με κάποιες από αυτές να διαθέτουν δυνατότητα προβολής ανάγλυφου χάρτη).



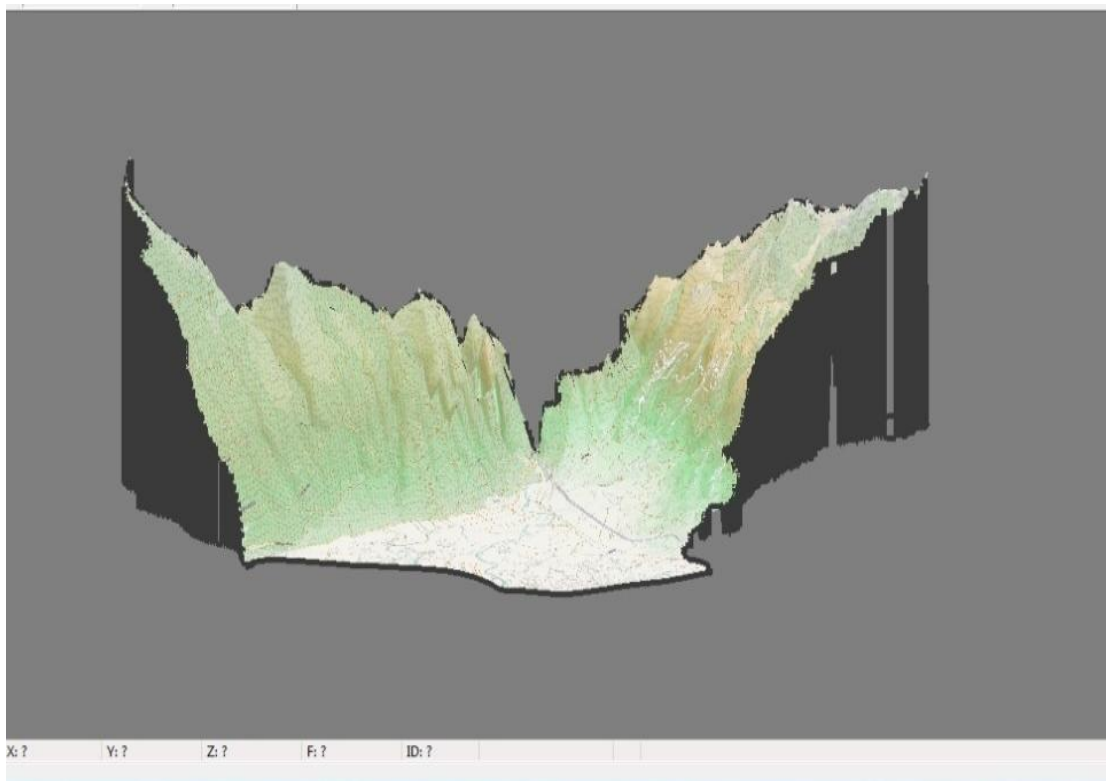
Εικόνα 16: Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, στο GMS, με εισαγωγή υψομετρικών σημείων, πάνω στον ενοποιημένο χάρτη της OpenStreetMaps



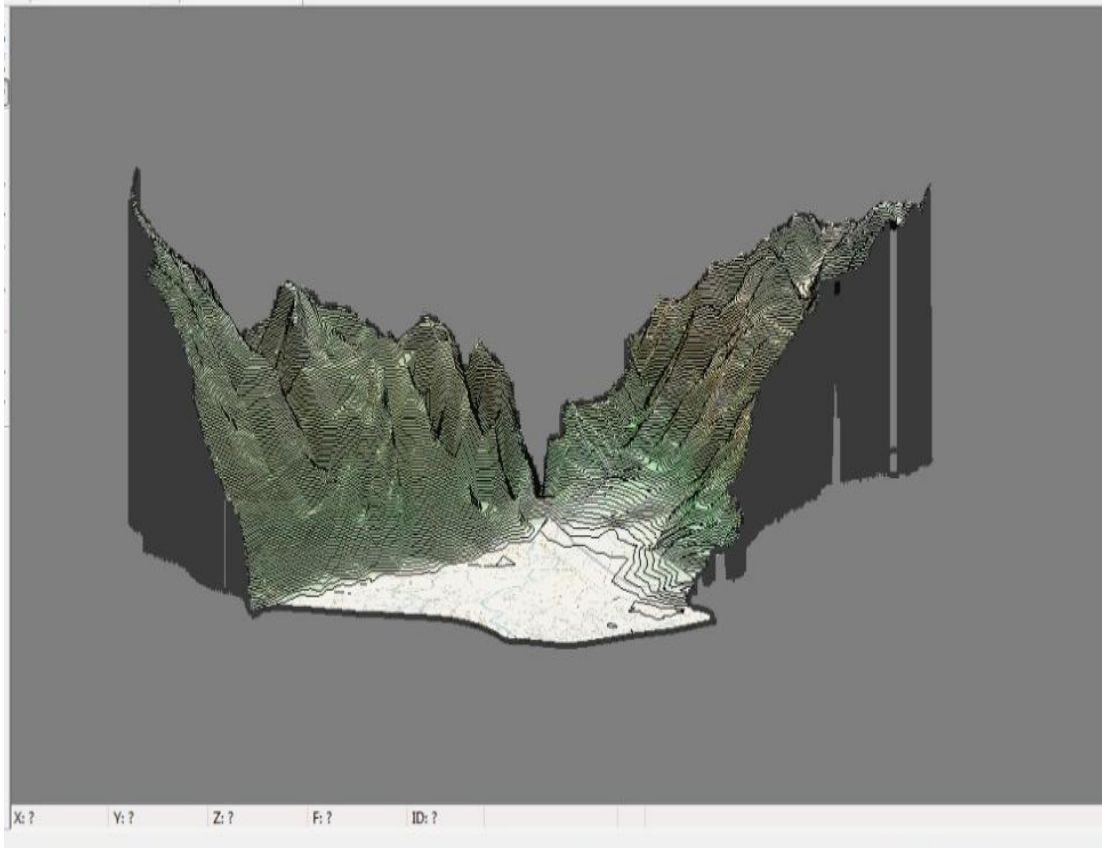
Εικόνα 17: Τρισδιάστατη άποψη του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, στο GMS.



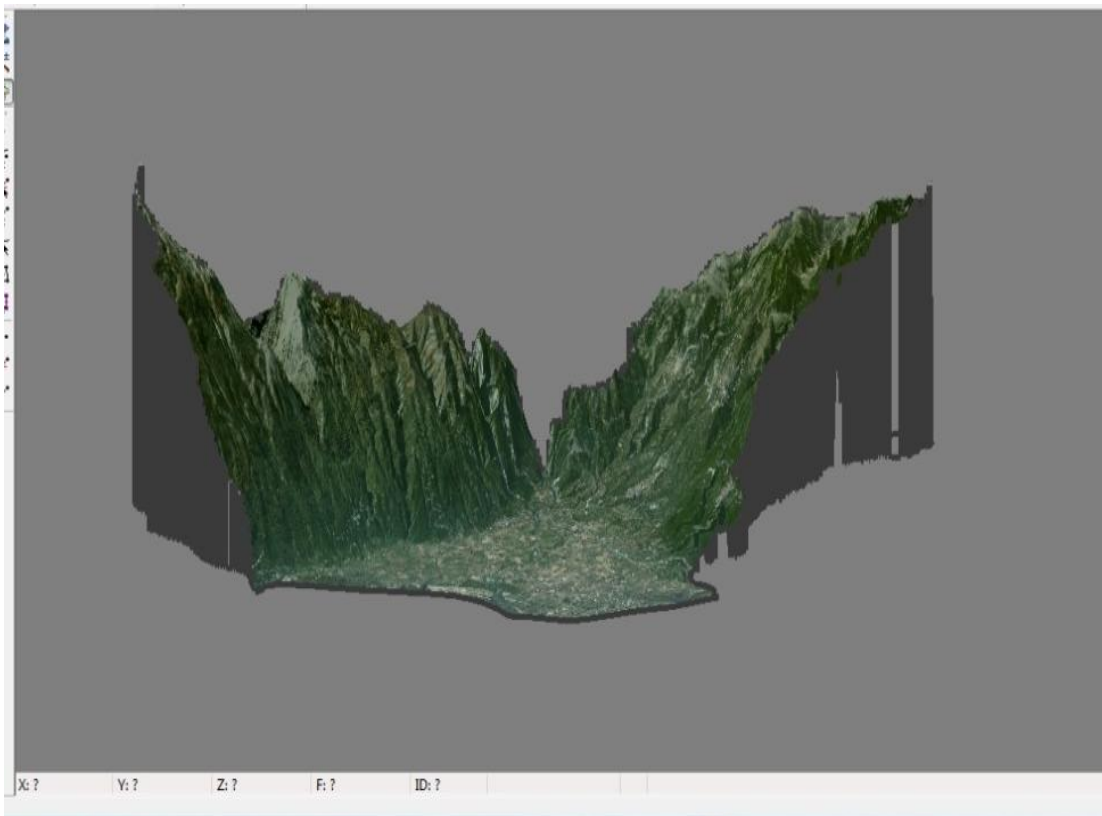
Εικόνα 18: Διαφορετική άποψη του τρισδιάστατου Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, στο GMS.



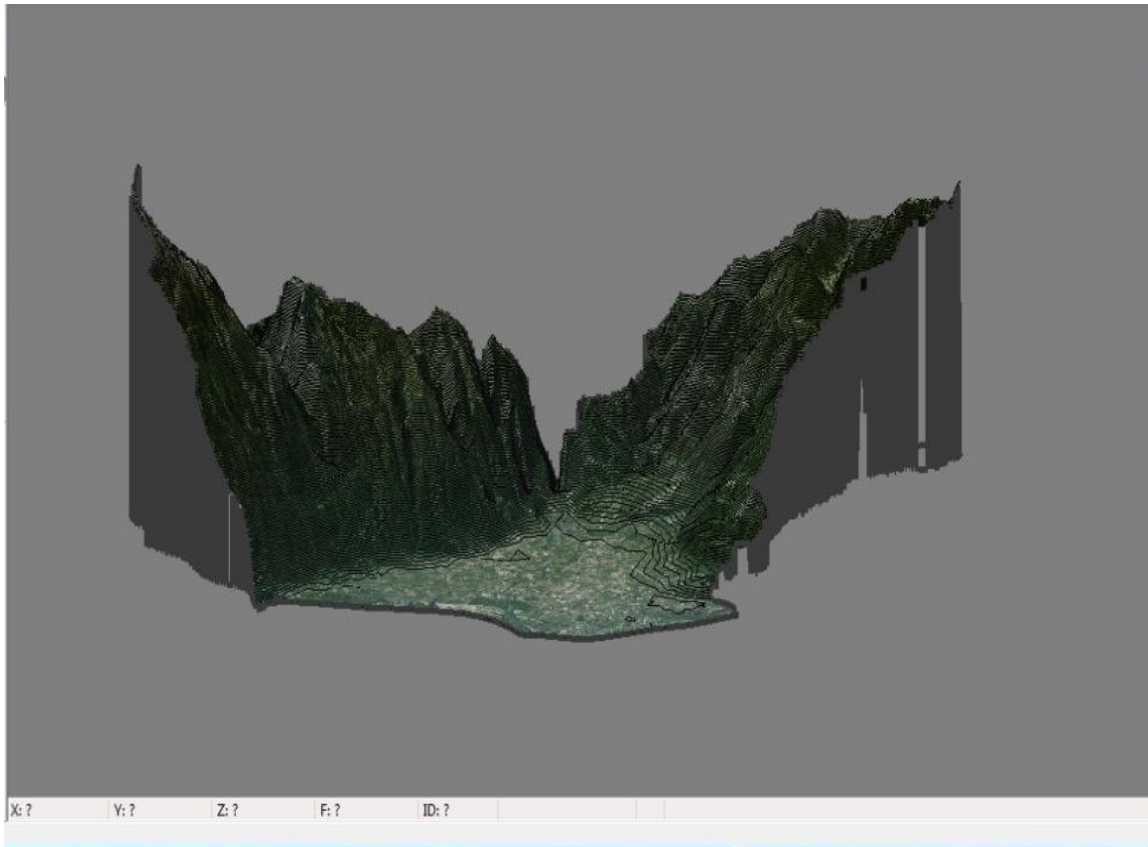
Εικόνα 19: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, στο GMS, με ανάγλυφο χάρτη της OpenStreetMaps



Εικόνα 20: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, στο GMS, με ανάγλυφο χάρτη της OpenStreetMaps παράλληλη προβολή ισοϋψών καμπυλών.



Εικόνα 21: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, στο GMS, με ανάγλυφο χάρτη της GoogleEarth

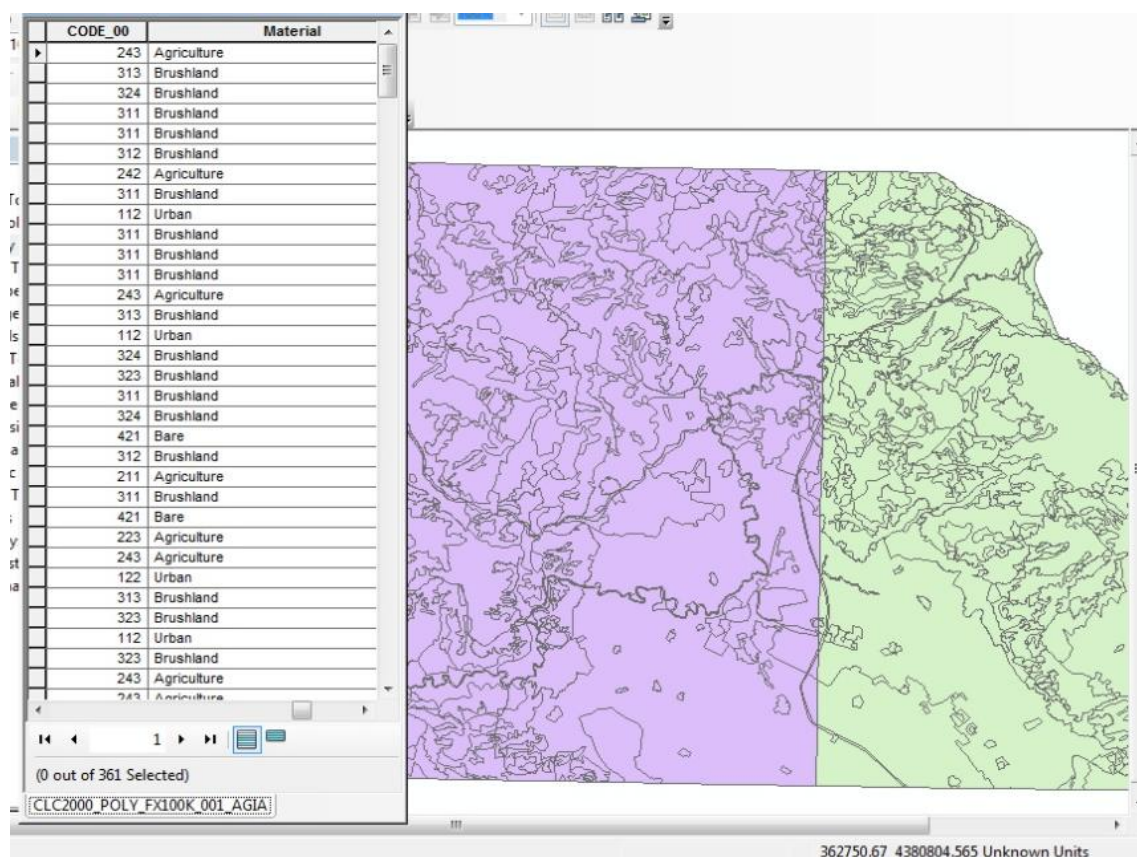


Εικόνα 22: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, στο GMS, με ανάγλυφο χάρτη της GoogleEarth και παράλληλη προβολή ισοϋψών καμπυλών.

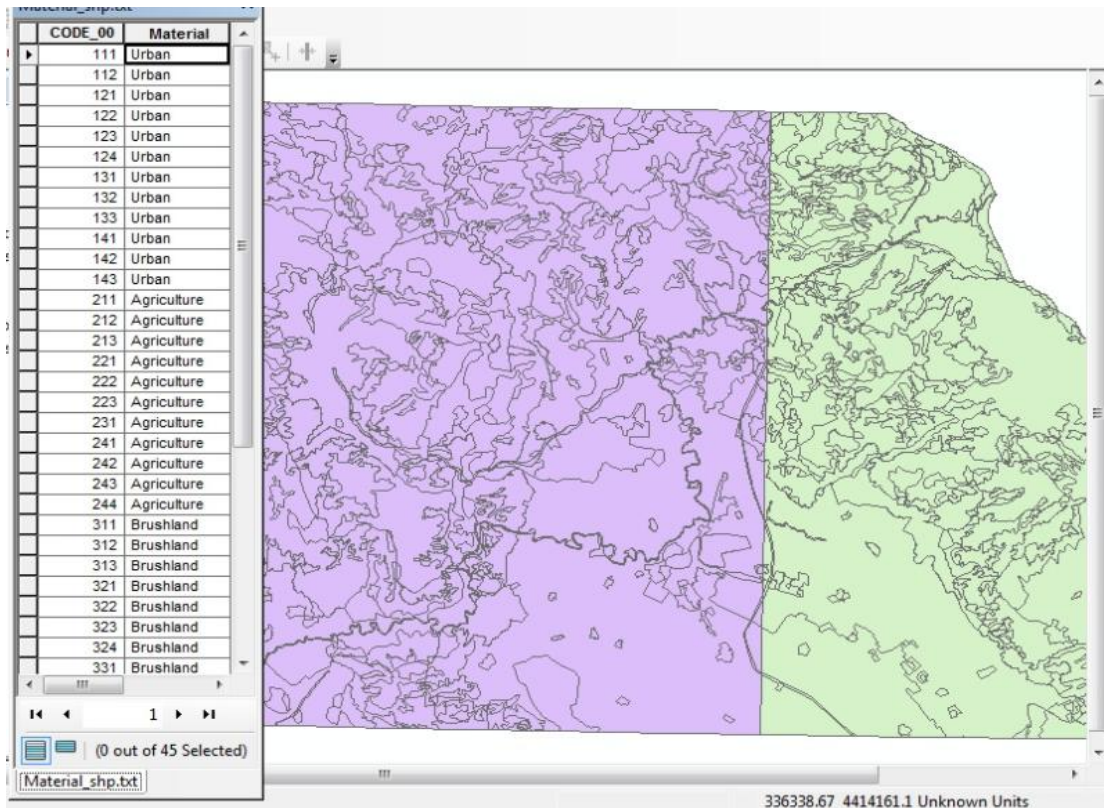
[23] [22] [21]

7 Εισαγωγή κοινών συντελεστών τραχύτητας (Manning's n)

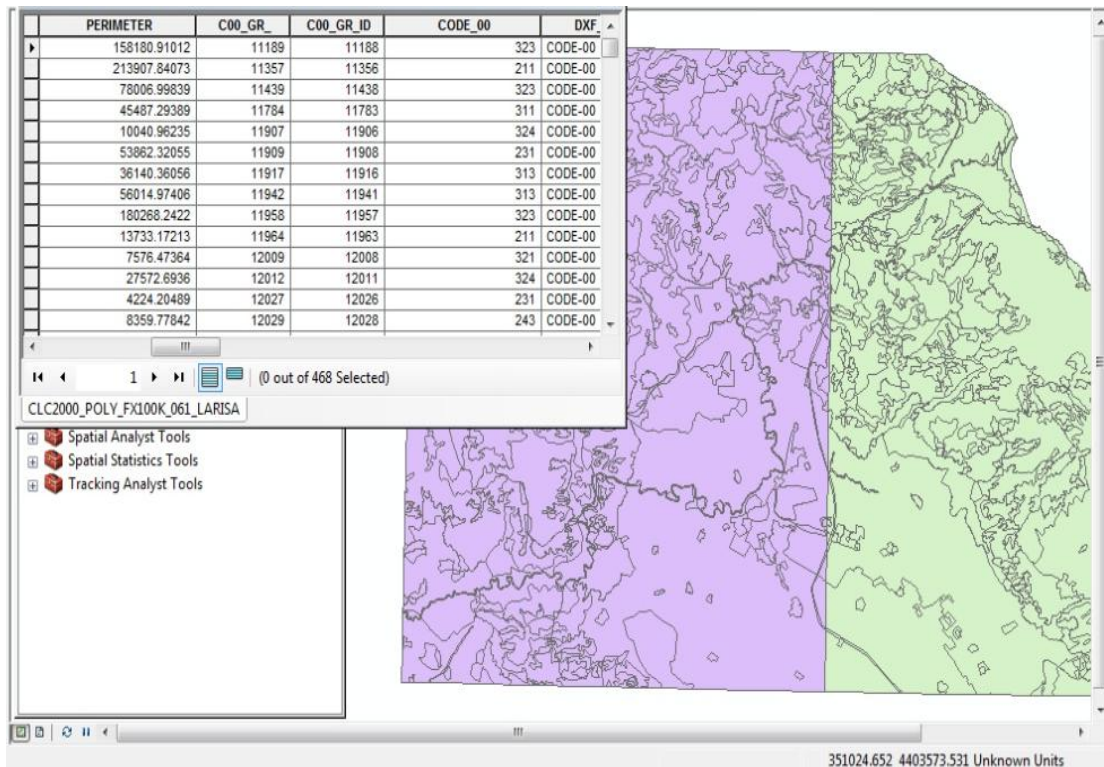
Για την εκτέλεση της μοντελοποίησης, είναι απαραίτητη η εισαγωγή συντελεστών τραχύτητας. Για το σκοπό αυτό χρειάζεται η ύπαρξη ενός χάρτη χρήσεων γης. Ανάλογα με έδαφος, το οποίο παρουσιάζεται στον χάρτη χρήσεων γης, αποδίδονται τιμές συντελεστών τραχύτητας βιβλιογραφικά (δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και εισάγονται συντελεστές από σχετικούς πίνακες). Χάρτες χρήσεων γης διατίθενται, δημόσια, από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα CORINE 2000, αναρτημένοι σε διαδικτυακό τόπο. Τα αρχεία, τα οποία αντλούνται, είναι σε μορφή shapefiles. Στα shapefiles έχουν αποδοθεί κάποιοι κωδικοί αριθμοί, οι οποίοι αντιστοιχούν σε πληροφορίες εδάφους. Οι πληροφορίες αυτές, των εδαφών, παρατίθενται στο Παράρτημα II. Επειδή οι βασικές κατηγορίες όλων των εδαφών αριθμούν στις πέντε, χρειάζεται η απόδοση κάποιων κωδικών αριθμών, κοινών, για την ενσωμάτωση στα shapefiles. Οι κοινοί κωδικοί ομαδοποιούν την εδαφική χρήση και διευκολύνουν την απόδοση τιμών συντελεστών τραχύτητας, περιορίζοντας σημαντικά την εισαγωγή διαφορετικών, αλλά ταυτόχρονα παραπλήσιων, τιμών τραχύτητας. Για το σκοπό αυτό, αφού αντλήθηκαν τα shapefiles της Αγιάς και της Λάρισας, εισήχθησαν στο λογισμικό του ArcGIS για επεξεργασία και εισαγωγή της νέας πληροφορίας συντελεστών τραχύτητας. Στις ακόλουθες εικόνες 23, 24 και 25 φαίνονται οι αρχικοί κωδικοί κατηγορίας εδάφους, όπως αντιστοιχούν στο παράρτημα II, καθώς επίσης η επακόλουθη ομαδοποίηση τους σε πέντε βασικές κατηγορίες, με ταυτόχρονη απόδοση των βιβλιογραφικών συντελεστών τραχύτητας της ακόλουθης εικόνας 26.



Εικόνα 23: Εισαγωγή, στο ArcGIS, των χαρτών χρήσεων γης, CORINE 2000, της περιοχής μελέτης [8][24]



Εικόνα 24: Εισαγωγή αρχείου, στο ArcGIS, για προσθήκη στοιχείων [8][24]



Εικόνα 25: Συνένωση, στο ArcGIS, αρχείου με χάρτες χρήσεων γης CORINE 2000 [8][24]

Συντελεστές Τραχύτητας	
Agriculture	0.04
Bare	0.02
Brushland	0.1
River	0.03
Urban	0.08

Εικόνα 26: Κατηγοριοποίηση εδαφών, βάσει χρήσεων γης, των προηγούμενων χαρτών Αγίας και Λάρισας. Απόδοση βιβλιογραφικών τιμών συντελεστή τραχύτητας βάσει εδάφους. [29]

8 Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας από μοντέλα λογισμικού

8.1. WMS (Watershed Modeling System)

8.1.1. Hec-Ras

Το κέντρο τεχνικής υδρολογίας (Hydrologic Engineering Center, CEIWR-HEC) του σώματος μηχανικών του στρατού των ΗΠΑ (U.S. Army Corps of Engineers ,USACE) (CEIWR-HEC) ιδρύθηκε το 1964 για να θεσμοθετήσει την τεχνική εμπειρογνωμοσύνη που στη συνέχεια έγινε γνωστή ως Τεχνική Υδρολογία. Το μόνιμο προσωπικό των μηχανικών που ήρθε στη USACE μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο πλησίαζε στην ηλικία συνταξιοδότησης, και υπήρχε ανησυχία ότι η εμπειρία τους, η οποία εξελίχθηκε από την πρωτοφανή δραστηριότητα ανάπτυξης των υδατικών πόρων της USACE, θα διαλυθεί και θα είναι δύσκολο να αποκατασταθεί. Η CEIWR-HEC ιδρύθηκε στην Περιφέρεια του Σακραμέντο της USACE, εντός του τμήματος Μηχανικών. Στους θεμελιωτές των Αρχών, οι οποίες εξελίσσονται, συμπεριλαμβάνονται: ο Albert Cochran, η επικεφαλής της Υδρολογίας και της Υδραυλικής της HQUSACE, ο οποίος διαμόρφωσε και πούλησε την ιδέα του CEIWR-HEC· Emilio Gomez, επικεφαλής της επαρχίας Σακραμέντο του Τμήματος Μηχανικών· και ο Roy Beard, τότε επικεφαλής στον περιφερειακό έλεγχο ταμιευτήρων και στη συνέχεια ιδρυτής και διευθυντής της CEIWR-HEC. Η CEIWR-HEC αμέσως επικεντρώθηκε στην προσπάθεια οργάνωσης και παρουσίασης μαθημάτων κατάρτισης (με το πρώτο τέτοιου είδους στην USACE) και την έναρξη της ανάπτυξης αυτού που αργότερα κατόρθωσε να εδραιωθεί ως γνωστή οικογένεια του λογισμικού CEIWR-HEC. Πρώωρα πακέτα λογισμικού ήταν το HEC-1 (υδρολογία λεκάνης), το HEC-2 (υδραυλική ποταμών), το HEC-3 (ανάλυση ταμιευτήρων για διατήρηση), και το HEC-4 (πρόγραμμα γεννήτριας στοχαστικής απορροής). Μέσα σε δέκα χρόνια μετά την ίδρυση, το τεχνικό πεδίο της ανάλυσης σχεδιασμού, η εφαρμογή των αναλυτικών μεθόδων για τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων που συνδέονται στενά με την τεχνική υδρολογία, προστέθηκαν στην αποστολή της CEIWR-HEC. Μέχρι εκείνη τη στιγμή, το μόνιμο προσωπικό είχε αυξηθεί σε περίπου τριάντα μηχανικούς και ειδικούς της πληροφορικής. Σήμερα, το μόνιμο προσωπικό της CEIWR-HEC είναι περίπου τριάντα πέντε.

Στην ιστορία του, η CEIWR-HEC πέρασε από μια σειρά οργανωτικών ανακατατάξεων εκθέσεων, αλλά ως επί το πλείστον, διατηρεί γενικά το ίδιο πεδίο δραστηριοτήτων, το προσωπικό, την υποστήριξη στον ηθικό τομέα, καθώς και τα παραγόμενα προϊόντα. Η CEIWR-HEC κινήθηκε κάτω από τον επικεφαλής της Περιφέρειας Μηχανικού, στο Σακραμέντο, στην υποβολή εκθέσεων στον Περιφερειακό Διοικητή, και από τις αρχές του 1970 διαδοχικά αναπροσαρμόστηκε στην υποβολή έκθεσης στον διοικητή του τμήματος του Νότιου Ειρηνικού, στη συνέχεια, στον Διευθυντή Πολιτικών Έργων της HQUSACE, και στη συνέχεια έγινε τελικά μια οργάνωση εντός του Κέντρου Υποστήριξης Υδατικών Πόρων (Water Resources Support Center, WRSC). Η CEIWR-HEC παρέμεινε στην εποπτεία της WRSC για περίπου είκοσι χρόνια, μέχρι που η WRSC διαλύθηκε το 2000 για να αντικατασταθεί από το Ινστιτούτο Υδάτινων Πόρων (CEIWR), τότε θυγατρική οργάνωση της CEIWR-HEC μέσα στην WRSC. Σήμερα, η CEIWR-HEC είναι ένας οργανισμός μέσα

στην CEIWR. Η CEIWR αναφέρεται στον Αναπληρωτή Διευθυντή Πολιτικών έργων και έχει χαρακτηριστεί ως ένα Γραφείο Υποστήριξης Πολιτικών Έργων.

Με την πάροδο των ετών, η CEIWR-HEC ανέπτυξε και δημοσίευσε μια σειρά τεχνικών μεθόδων για έγγραφα που αφορούν το πλήρες φάσμα της τεχνικής υδρολογίας και ανάλυσης σχεδιασμού. Η μορφή και το περιεχόμενο των σύντομων τεχνικών μαθημάτων εξελίχθηκε από νωρίς και συνεχίζει να είναι ένα στήριγμα του προγράμματος CEIWR-HEC. Η οικογένεια του λογισμικού έχει αυξηθεί σε πάνω από είκοσι σημαντικά κομμάτια του λογισμικού που υποστηρίζονται από μια βιβλιοθήκη λογισμικού χρησιμότητας, οι πρόσφατες προσθήκες, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας υποστήριξης GIS. Η CEIWR-HEC είναι ίσως πιο γνωστή για αυτές σε εθνικό και διεθνές επίπεδο φήμης υδρολογικών προγραμμάτων εφαρμοσμένης μηχανικής.

Η CEIWR-HEC είναι οργανωμένη σε ένα Εκτελεστικό Γραφείο και τρία τμήματα: Υδρολογία και Υδραυλική Τεχνολογία· Συστήματα Υδατικών Πόρων· και Συστήματα Διαχείρισης των Υδάτων. Επιτελεία σε όλα τα τμήματα αναλαμβάνουν την κατάρτιση, τις μεθόδους τεκμηρίωσης, έρευνας και ανάπτυξης, τεχνικής βοήθειας και ειδικών σχεδίων. Αξιοσημείωτα πρόσφατα επιτεύγματα περιλαμβάνουν: την ανάπτυξη της επόμενης γενιάς του διάδοχου του λογισμικού CEIWR-HEC (HEC-RAS, HEC-HMS, HEC-FDA, και HEC-ResSim)· παροχή πρωτοπορίας για την ίδρυση ανάλυσης κινδύνου, όπως την θεμελίωση τεχνολογίας για τον προγραμματισμό μείωσης και ανάλυσης ζημιών από τις πλημμύρες· και την ανάπτυξη και την εγκατάσταση του Συστήματος Διαχείρισης των Υδάτινων Σωμάτων (CWMS), σε πραγματικό χρόνο πρόβλεψης και υποστήριξης συστήματος αποφάσεων, το οποίο χρησιμοποιείται στην εκτέλεση των Πολιτικών Έργων του USACE της διαχείρισης των πόρων της αποστολής ελέγχου του νερού.

Ο πρωταρχικός στόχος της CEIWR-HEC είναι να υποστηρίζει το έθνος σε αρμοδιότητες διαχείρισης των υδατικών του πόρων, αυξάνοντας τεχνική ικανότητα των υδρολογικών μελετών της USACE και των υδάτινων πόρων σχεδιασμού και διαχείρισης. Κατά ένα τρόπο η CEIWR-HEC επιτυγχάνει το στόχο αυτό φέρνοντας καινοτομίες έρευνας και ανάπτυξης σε καινοτόμες-πρακτικές, οι οποίες προωθούν την υδρολογία και τον σχεδιασμό υδατικών πόρων.

Μέσω των προγραμμάτων στον τομέα της έρευνας, της κατάρτισης, της ανάλυσης σχεδιασμού, καθώς και της τεχνικής βοήθειας, γίνονται προσπάθειες για να έχουν επίγνωση των προβλημάτων και των αναγκών της USACE και του έθνους. Μια δέσμευση είναι επίσης να ενημερώνονται για τις τελευταίες εξελίξεις σε όλο το επάγγελμα και να κάνουν χρήση των εν λόγω πληροφοριών σε τρόπο που αρμόζει καλύτερα για να καλύψει τις ανάγκες της USACE.

Η CEIWR-HEC αυξάνει την αποτελεσματικότητα της USACE και το επάγγελμα με τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της ακαδημαϊκής κοινότητας, εκπαιδευοντας υδρολόγους μηχανικούς και τον προγραμματισμό των επαγγελματιών. Δεν πραγματοποιούνται ερευνητικές ή εκπαιδευτικές δραστηριότητες, οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν καλύτερα από τα πανεπιστήμια. Η CEIWR-HEC ενσωματώνει καινοτόμες διαδικασίες και τεχνικές σε εγχειρίδια και ολοκληρωμένο λογισμικό υπολογιστών. Οι διαδικασίες που τίθενται στη

διάθεση της USACE και σε επαγγελματίες όλου του κόσμου μέσω ενός αποτελεσματικού προγράμματος μετάδοσης τεχνολογίας, της παροχής τεχνικής βοήθειας, των δημοσιεύσεων και των εκπαιδεύσεων.

Το HEC-RAS είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή, το οποίο προσομοιώνει την υδραυλική ροή του νερού μέσω των φυσικών ποταμών και άλλων καναλιών. Το πρόγραμμα είναι μονοδιάστατο, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει άμεση μοντελοποίηση της υδραυλικής επίδρασης των εγκάρσιων μεταβολών των τομών του σχήματος, των στροφών, και άλλα των δισδιάστατων και τρισδιάστατων πτυχών της ροής. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ, του Σώματος Μηχανικού του Στρατού, προκειμένου να διαχειρίζεται τα ποτάμια, λιμάνια, καθώς και άλλα δημόσια έργα που υπάγονται στη δικαιοδοσία τους· έχει βρει ευρεία αποδοχή από πολλούς άλλους, μετά τη δημόσια κυκλοφορία του το 1995.

3D προβολή

Το Κέντρο υδρολογίας [1] (HEC) στο Davis, της Καλιφόρνια, ανέπτυξε το Σύστημα Ανάλυσης Ποταμού (RAS) για να βοηθήσει τους υδραυλικούς μηχανικούς στην ανάλυση της ροής του καναλιού και στην απόφαση του πλημμυρικού πεδίου. Περιλαμβάνει πολλές δυνατότητες εισόδου δεδομένων, υδραυλικών εξαρτημάτων ανάλυσης, αποθήκευσης και δυνατότητας διαχείρισης δεδομένων, και γραφικών και δυνατοτήτων αναφοράς.

Πως λειτουργεί

Η βασική διαδικασία υπολογισμού του HEC-RAS, για σταθερή ροή, βασίζεται στη λύση της μονοδιάστατης εξίσωσης ενέργειας. Οι απώλειες ενέργειας αξιολογούνται από την τριβή και τη συστολή / διαστολή. Η εξίσωση ορμής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου το προφίλ της επιφάνειας του νερού, ποικίλει ταχέως. Αυτές οι καταστάσεις συμπεριλαμβάνουν υδραυλικά άλματα, υδραυλικά συστήματα γεφυρών, καθώς και την αξιολόγηση των προφίλ σε συμβολές ποταμών.

Για μη μόνιμη ροή, το HEC-RAS λύνει την πλήρη, δυναμική, 1-D Saint Venant εξίσωση, χρησιμοποιώντας έμμεσα μια μέθοδο πεπερασμένων διαφορών. Η επίλυση της εξίσωσης μη μόνιμης ροής προσαρμόστηκε από το πακέτο UNET του Δρ Robert L. Barkau.

Το HEC-RAS είναι εξοπλισμένο για να διαμορφώσει ένα δίκτυο καναλιών, ένα δενδροειδές σύστημα ή μια ενιαία όχθη ποταμιού. Ορισμένες απλουστεύσεις πρέπει να γίνουν προκειμένου να διαμορφωθούν κάποιες πολύπλοκες καταστάσεις ροής, με τη χρήση του HEC-RAS μονοδιάστατης προσέγγισης. Παρέχει δυνατότητα υποκρίσιμης μοντελοποίησης, υπερκρίσιμης, και μικτής ροής, της κατάστασης της ροής μαζί με τις επιδράσεις των γεφυρών, των οχετών, των φραγμάτων και των υποδομών.

Χρήση

Το HEC-RAS είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή για την μοντελοποίηση του νερού που ρέει μέσα από τα συστήματα των ανοικτών καναλιών και υπολογίζει τα προφίλ των επιφανειακών υδάτων. Το HEC-RAS βρίσκει ιδιαίτερη εμπορική εφαρμογή στην κοίτη

πλημμυρών μελετών διαχείρισης και ασφάλισης των πλημμυρών για την αξιολόγηση από καταπατήσεις του πλημμυρικού πεδίου. Μερικές από τις πρόσθετες χρήσεις είναι: γέφυρες και σχεδιασμός οχετού και αναλύσεις, μελέτες αναχώματος, και μελέτες τροποποίησης καναλιού. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση του φράγματος παραβίασης, αν και άλλες μέθοδοι μοντελοποίησης είναι σήμερα ευρύτερα αποδεκτές για το σκοπό αυτό.

Πλεονεκτήματα

Το HEC-RAS έχει πλεονεκτήματα, και ειδικότερα την υποστήριξή του από το Σώμα Μηχανικών του Στρατού των ΗΠΑ, τις μελλοντικές βελτιώσεις σε εξέλιξη, και την αποδοχή του από πολλούς κρατικούς φορείς και ιδιωτικές επιχειρήσεις. Διατίθεται δημόσια, δέχεται κριτική, και είναι διαθέσιμο για να δωρεάν παροχή από την ιστοσελίδα του HEC. Διάφορες ιδιωτικές εταιρείες είναι εγγεγραμμένες ως επίσημοι «πωλητές» για να προσφέρουν συμβουλευτική υποστήριξη και προσθήκες στο λογισμικό. Μερικοί διανέμουν επίσης το λογισμικό σε χώρες οι οποίες δεν επιτρέπεται να έχουν πρόσβαση οι ιστοσελίδες του Αμερικανικού Στρατού. Ωστόσο, η άμεση λήψη από HEC περιλαμβάνει εκτενή τεκμηρίωση, και οι επιστήμονες και οι έμπειροι μηχανικοί, στην υδραυλική ανάλυση, θα πρέπει να έχουν πολύ λίγη δυσκολία να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό.

Μειονεκτήματα

Οι χρήστες μπορούν να βρουν προβλήματα αριθμητικής ευστάθειας κατά τη διάρκεια μη μόνιμων αναλύσεων, ειδικά σε απότομα ή και σε πολύ δυναμικά ποτάμια και ρέματα. Είναι συχνά δυνατό να χρησιμοποιήσετε το HEC-RAS ώστε να επιλυθούν θέματα αστάθειας σχετικά με τα προβλήματα του ποταμού. Το HEC-RAS είναι ένα 1-στατο υδροδυναμικό μοντέλο και ως εκ τούτου δεν θα λειτουργήσει καλά σε περιβάλλοντα που απαιτούν πολυδιάστατη μοντελοποίηση. Ωστόσο, υπάρχουν ενσωματωμένα χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσέγγιση πολλαπλών διαστάσεων υδραυλικά.

Προγράμματα HEC-RAS

Aquaterra

Το Aquaterra είναι ένα επαγγελματικό λογισμικό σχεδιασμού για κανάλια και ποτάμια έργα μηχανικού. Η απρόσκοπτη ενσωμάτωση σε CAD περιβάλλον καθιστά πολύ εύκολη την εκμάθηση και την χρήση. Οι Μηχανικοί χρησιμοποιούν Aquaterra για τη δημιουργία λεπτομερών σχεδίων, καθώς και για θεωρητικές μελέτες και σχέδια. Η Διεπαφή με το HEC-RAS προορίζεται για επικοινωνία ανάμεσα στο περιβάλλον CAD και HEC-RAS. Αυτή η ενότητα προετοιμάζει το HEC-RAS για την είσοδο γεωμετρικού αρχείου και με βάση τις διατομές, τις όχθες και τα δεδομένα του συντελεστή Manning, μεταφέρει τα προκύπτοντα επίπεδα του νερού πίσω στο Aquaterra.

ArcView

Το HEC-RAS μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στο ArcView GIS πρόγραμμα (με το 3-D Analyst & το Spatial Analyst extensions). Το ArcView μπορεί να διαβάσει σχέδια

AutoCAD ως υπόβαθρα, ώστε να δημιουργηθεί ένα Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM). Με παρόμοιο τρόπο, με CAD στο ποτάμι, το Geo-RAS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει διατομές και άλλα γεωμετρικά στοιχεία από χρήση του HEC-RAS και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή δεδομένων επιφανειακών υδάτων από το HEC-RAS, πίσω στο ArcView, ώστε να δημιουργηθούν χάρτες πλημμυρών με βάθη και έκταση πλημμυρών.

RAS

Το HEC-RAS έχει ένα αρχείο βιβλιοθήκης DLL, το οποίο επιτρέπει την δυνατότητα δημιουργίας μιας εφαρμογής για χρήση, χωρίς διεπαφή χρήστη. Αυτό το dll αποδείχθηκε χρήσιμο για την προηγμένη ανάλυση, όπως η αβεβαιότητα Μόντε Κάρλο. Η δωρεάν εφαρμογή ARAS [2] εκμεταλλεύεται μια τέτοια δυνατότητα, και επιτρέπει να αυτοματοποιηθούν πολλές εργασίες, όπως την εκτέλεση διάφορων σχεδίων από ενημέρωση τραχύτητας.

AutoCAD

Το HEC-RAS μπορεί να χρησιμοποιηθεί μαζί με το AutoCAD. Ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) μπορεί να κατασκευαστεί σε AutoCAD και τμήματα μπορούν να αποκοπούν από το DTM και να εισαχθούν στο HEC-RAS.

WMS (Μοντελοποίηση Συστήματος Λεκανών Απορροής)

Το WMS (Μοντελοποίηση Συστήματος Λεκάνης Απορροής) παρέχει προεπεξεργασία και μετεπεξεργασία εργαλείων για χρήση με το HEC-RAS. Η ανάπτυξη του WMS αυτή χρηματοδοτήθηκε κυρίως από το Σώμα Μηχανικού του Στρατού των Ηνωμένων Πολιτειών . Εμπορικές άδειες για WMS είναι διαθέσιμες από τον κύριο του έργου, Aquaveo LLC [3] Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα περιλαμβάνουν:

- Χρήση της λειτουργίας αντικειμένων (κεντρική γραμμή, εγκάρσια τομή γραμμές) και του TIN(Triangulated Irregular Network) για να αναπτύξουν τη γεωμετρία του μοντέλου HEC-RAS.
- Επεξεργασία, συγχώνευση, και να δημιουργία τομών σε μια βάση δεδομένων για τη χρήση με το HEC-RAS και των άλλων υδραυλικών μοντέλων.
- Οριοθέτηση πεδιάδων κατάκλισης από υψομετρικά δεδομένα των επιφανειακών υδάτων. Σκιαγραφήσεις των επιφανειακών υδάτων μπορεί να υπολογιστούν από το HEC-RAS, οριζόμενα με διαδραστικό τρόπο, ή εισάγονται από ένα αρχείο.

Σύνδεση πολλαπλών προσομοιώσεων του HEC-1 στο HEC-RAS ώστε να προσδιοριστεί η αβεβαιότητα των παραμέτρων μοντελοποίησης στην οριοθέτηση των πλημμυρών. Ο αριθμός καμπυλών και βροχοπτώσεων μπορεί να μεταβάλλεται στοχαστικά, μεταξύ των παραμέτρων HEC-1 και των τιμών του Manning, για το HEC-RAS.

[9][11][10][20]

8.1.2. GSSHA

Η Ομάδα Συστημάτων Λεκάνης Απορροής (WSG) εντός του Εργαστηρίου Παράκτιων και Υδραυλικής του Κέντρου Έρευνας και Ανάπτυξης (ERDC) του Μηχανικού του Στρατού των ΗΠΑ υποστηρίζει τον αμερικανικό στρατό και το Σώμα Μηχανικών του Στρατού των ΗΠΑ (US Army Corps of Engineers) και τόσο στις στρατιωτικές, όσο και σε μη στρατιωτικές επιχειρήσεις, μέσω της ανάπτυξης, της τροποποίησης και της εφαρμογής των επιφανειακών και υπόγειων υδρολογικών μοντέλων. Το Υπουργείο Άμυνας (DoD) είναι επίσης επιφορτισμένο με τη διαχείριση περίπου 200.000 km² της γης εντός των Ηνωμένων Πολιτειών, σε σχέση με τις στρατιωτικές εγκαταστάσεις και τα αντιπλημμυρικά έργα και τη ρύθμιση του ποταμού. Η Ομάδα Συστημάτων Λεκάνης Απορροής (WSG) παρέχει στο στρατό τις προβλέψεις της ροής του ρεύματος και των σταθμών, πλημμυρισμένων περιοχών, κορεσμένων ζωνών, υγρασία εδαφών, τα επίπεδα των υπόγειων υδάτων και την πρόβλεψη της κίνησης και της μεταφοράς ρυπαντών. Οι προβλέψεις που παρέχονται για τις προβλεπόμενες αλλαγές στις καιρικές συνθήκες, εναλλακτικές λύσεις του έργου και των αλλαγών των χρήσεων γης. Η WSG χρησιμοποιεί μια ποικιλία μοντέλων, τα οποία υποστηρίζονται από το Υπουργείο Άμυνας, με γραφικά διεπαφής χρήστη (GUI). Τα μοντέλα αυτά φέρουν τα ονόματα: Μοντελοποίηση Συστήματος Λεκάνης Απορροής (WMS) (Nelson, 2001), Μοντελοποίηση Συστήματος Υπόγειων Υδάτων (GMS) (Jones, 2001), καθώς και Μοντελοποίηση Συστήματος Επιφανειακών Υδάτων (SMS) (Zündel, 2001). Αυτές οι γραφικές διεπαφές χρήστη αναφέρονται συνήθως με το σύστημα XMS. Οι XMS διεπαφές υποστηρίζουν μια ποικιλία από τις κατηγορίες μοντέλων, από τα απλά συγκεντρωτικά παραμετρικά μοντέλα απορροής, σε 2-D χερσαίες, και 3-Δ ακόρεστα μοντέλα υπόγειων νερών.

Για πολλά προβλήματα, η κατανεμημένη προσέγγιση μοντελοποίησης, μπορεί να προσφέρει σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης της ικανότητας, σε σχέση με τα παραδοσιακά συγκεντρωτικά παραμετρικά υδρολογικά μοντέλα, όπως το επιφανειακό υδρολογικό μοντέλο HEC-1 (USACE, 1985). Ο στρατός των ΗΠΑ, με την πρόσθετη στήριξη από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA), χρηματοδότησε την ανάπτυξη των φυσικά βασισμένων κατανεμημένων παραμετροποιημένων, Χορτόνιων μοντέλων απορροής: CASC2D (Ogden και Julien, 2002?. Ντάουνερ et al, 2002a). Η εμπειρία του παρελθόντος με το CASC2D υπήρξε ευνοϊκή όταν το μοντέλο έχει εφαρμοστεί σωστά, δηλαδή όταν η Χορτόνια ροή είναι η κυρίαρχη διαδικασία (Doe & Saghafian, 1992; Doe et al. 1996;. Ogden et al, 2000;. Senarath et al., 2000; Downer et al., 2002a). Η έκδοση του CASC2D 1.18b συνδέεται με την έκδοση του WMS 5.1 (BYU, 1997a; 1997b), η οποία απλοποιεί, σε μεγάλο βαθμό, το μοντέλο εγκατάστασης, την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την απεικόνιση. Η WSG και ο στρατός των ΗΠΑ δεν υποστηρίζουν πλέον την ανάπτυξη ή την εφαρμογή του μοντέλου CASC2D. Η ανάπτυξη του CASC2D συνεχίζεται στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας του Κολοράντο.

Παρόλο που η εμπειρία του Στρατού με το CASC2D ήταν γενικά ευνοϊκή, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις, όπου οι παραδοχές που ενυπάρχουν στο μοντέλο CASC2D περιορίζουν την ισχύ της (Senarath et al, 2000;. Ντάουνερ et al, 2002a). Όταν ο κορεσμός των υπόγειων υδάτων υπερέχει της απορροής, με αποφόρτιση των υπόγειων υδάτων στην επιφανειακή

ροή, εκροή, κλπ, συμβάλλουν σημαντικά στην απορροή, η εφαρμογή των Χορτόνιων μοντέλων απορροής γίνεται δυσκολότερη και μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα (Loague and Freeze, 1985; Loague, 1990; Grayson et al, 1992;., Smith et al, 1994; Loague and Kyriakidis, 1997;., Downer et al, 2002a).

Το μοντέλο GSSHA είναι μια σημαντική αναδιατύπωση και βελτίωση του μοντέλου CASC2D. Το μοντέλο απορροής CASC2D ξεκίνησε με ένα δισδιάστατο αλγόριθμο χειρσαίας κατευθυνόμενης απορροής, αναπτυγμένο και γραμμένο σε APL (A Programming Language) από τον καθηγητή P.Y. Julien του Πανεπιστημίου της Πολιτείας του Κολοράντο. Το μοντέλο χειρσαίας κατευθυνόμενης απορροής μετατράπηκε από APL σε Fortran από τον Δρ Bahram Saghafian, στη συνέχεια, στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας του Κολοράντο, με την προσθήκη του μοντέλου υπόγεια διείσδυσης Green & Ampt και της καθαρής διάχυσης κύματος σε κανάλι κατεύθυνσης (Julien και Saghafian, 1991;., Julien et al, 1995). Ο κώδικας FORTRAN αναδιατυπώθηκε, σημαντικά ενισχυμένος, και εκ νέου γραμμένος σε γλώσσα προγραμματισμού C από τον Δρ Bahram Saghafian στο Εργαστήριο Ερευνών Τεχνικών Έργων του Στρατού των ΗΠΑ (CERL). Η έμμεση δρομολόγηση καναλιού προστέθηκε στο CASC2D από τον Fred L. Ogden (Ogden, 1994), ο οποίος προηγουμένως βρισκόταν στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας του Κολοράντο, τότε ως Αναπληρωτής Καθηγητής, στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου του Κονέκτικατ, Storrs, Κονέκτικατ, τώρα Διακεκριμένος πρόεδρος της Μηχανικής, Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών & Αρχιτεκτονικής και της Σχολής Haub Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο του Wyoming. Αυτή η έκδοση, που ονομάζεται r.hydro.casc2d, ήταν μέρος του ΣΓΠ GRASS για το υδρολογικές προσομοιώσεις (Saghafian, 1993). Οι εργασίες ξεκίνησαν το 1995 να διατυπώνουν το CASC2D με την προσθήκη δυνατοτήτων συνεχούς προσομοίωσης, συμπεριλαμβανομένης της διασύνδεσης με την διεπαφή Μοντελοποίησης Συστήματος Λεκάνης Απορροής (WMS), που αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο Brigham Young (BYU). Αυτή η έκδοση, γνωστή ως CASC2D για WMS, διακρίνεται από τους προκατόχους της, με την προσθήκη ενός αριθμού από νέες δυνατότητες, πολλές βελτιώσεις και διορθώσεις σφαλμάτων, καθώς και μια αυστηρότερη χρήση πνευματικών δικαιωμάτων. Johnson et al. (2000) προσθέτοντας απορροή και μεταφορά σε κανάλι στο μοντέλο CASC2D.

Το μοντέλο GSSHA είναι ένα άμεσο αποτέλεσμα του έργου διατριβή του Charles W. Downer, USACE-ERDC-CHL (Downer, 2002), και αναπτύχθηκε από την ανάγκη για την προσομοίωση λεκανών απορροής με τις διαδικασίες που παράγουν απορροή, εκτός από την Χορτόνια ροή. Ενώ η ικανότητα του μοντέλου CASC2D περιελήφθη στο GSSHA (πολλές από τις διαδικασίες που ελήφθησαν απευθείας από το CASC2D), η συνεχής φύση του μοντέλου GSSHA αποτέλεσε την αφορμή να αναπτυχθεί ένα εντελώς νέο μοντέλο. Η πρώτη έκδοση του μοντέλου αντιπροσωπεύει μια πλήρη σύνδεση της προσομοίωσης των επιφανειακών νερών με τα υπόγεια ύδατα και την δυνατότητα μεταφοράς φερτών υλών (Downer and Ogden, 2006). Δεδομένης της αρχικής ανάπτυξη του GSSHA, μια μυριάδα βελτιώσεων και ικανότητες έχουν προστεθεί στο μοντέλο: η σύζευξη του μοντέλου Green and Ampt με Ανακατανομή (GARedistribution) προς τα κορεσμένα υπόγεια υδάτα (Downer et al, 2002), η βελτίωση της δρομολόγησης καναλιών, συμπεριλαμβανομένων των μη-ορθογώνιων δικτύων ρεύματος, δεξαμενές, λεκάνες κράτησης και υδραυλικών έργων

(Downer et al., 2008), η βελτιωμένη εδαφική υγρασία υπολογισμένη για χρήση με GAR (Downer, 2008), η μεταφορά ουσιών (Downer και Byrd, 2007), και η σύζευξη των μεταφερόμενων ουσιών με το Μοντέλο Προσομοίωσης Θρεπτικών (NSM) (Johnson και Gerald, 2007). Τα νέα χαρακτηριστικά έχουν δοκιμαστεί σε μια ποικιλία των λεκανών απορροής (Downer, et al., 2002, Downer 2008a, 2008b Downer, and others).

Το GSSHA προοριζόταν να είναι ένα μοντέλο πλήρους φυσικής βάσης ανάλυσης λεκάνης απορροής και περιλαμβάνει σημαντικές διαδικασίες που σχετίζονται με την παραγωγή της απορροής, δρομολόγησης ροής, τις χερσαίες και ποτάμιες διαβρωτικές διαδικασίες, και την μεταφορά συστατικών. Ο πρωταρχικός σκοπός, για την αρχική έκδοση του μοντέλου GSSHA, είναι να προσδιορίσει σωστά και να προσομοιώσει ρεαλιστικά τις σημαντικές υδρολογικές διεργασίες των λεκανών απορροής. Το μοντέλο προορίζεται να προσομοιώσει διάφορα είδη απορροής και να καθορίσει τις φυσικές διαδικασίες ελέγχου σε επίπεδο λεκάνης απορροής, δηλαδή την υπεροχή εδαφικής διείσδυσης, τις κορεσμένες περιοχές πηγών, και την αποφόρτιση των υπόγειων υδάτων. Επιπλέον, το μοντέλο προορίζεται για προσομοίωση φυσικής διάβρωσης του εδάφους, μεταφοράς και εναπόθεσης, καθώς και τη μεταφορά ουσιών. Η ανάπτυξη του μοντέλου έχει δρομολογηθεί υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Ένα μοντέλο πρέπει να είναι ικανό να υπολογίζει καθαρές ροές, βάθη ποταμών και εδαφική υγρασία σε μια ποικιλία υδρολογικών συστημάτων και προϋποθέσεων, συμπεριλαμβανομένων των μη-Χαρτονιών λεκανών απορροής
- Η σύνθεση πρέπει να λαμβάνει υπόψη επιδράσεις κάτω από την επιφάνεια της ποτάμιας ροής
- Οι αριθμητικοί αλγόριθμοι πρέπει να είναι ισχυροί
- Το μοντέλο πρέπει να διατηρήσει τη μάζα
- Το μοντέλο προσομοιώνει τη διάβρωση του εδάφους, τη μεταφορά και την απόθεση
- Το μοντέλο προσομοιώνει προβλήματα μεταφοράς ρυπαντών
- Οι χρόνοι προσομοίωσης πρέπει να είναι αρκετά μικροί, για να επιτρέπονται οι προβλέψεις, για χρήση σε πραγματικό χρόνο σε εγκαταστάσεις κατάρτισης του Υπουργείου Άμυνας
- Το μοντέλο θα πρέπει να υποστηρίζεται από το πρότυπο του DoD με γραφικά διεπαφών χρήστη (GUI) του WMS
- Ο πηγαίος κώδικας πρέπει να είναι στη διάθεση του Στρατού των ΗΠΑ, χωρίς περιορισμούς ή περιορισμούς σχετικά με την τροποποίηση ή την δημοσίευση των αποτελεσμάτων.

Το GSSHA είναι φυσικά βασισμένο, καταναμημένο, παραμετρικό, δομημένο σε κানাβο, υδρολογικό μοντέλο, το οποίο προσομοιώνει την υδρολογική απόκριση της λεκάνης απορροής, η οποία δέχεται δεδομένες υδρομετεωρολογικές εισόδους. Η λεκάνη χωρίζεται σε κύτταρα που περιλαμβάνουν ένα ομοιόμορφο πλέγμα πεπερασμένων διαφορών. Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από ένα συμβάν βροχόπτωσης, υπολογίζονται για κάθε κυψελίδα και στη συνέχεια, οι ανταποκρίσεις από μεμονωμένες κυψελίδες ενοποιούνται ώστε να παραχθεί η καμπή απόκρισης. Σημαντικά τμήματα του μοντέλου περιλαμβάνουν τη συνεισφορά κατακρήμνισης, τη συσσώρευση

χιονόπτωσης και την τήξη, κατακράτηση βροχόπτωσης, υπόγεια διείσδυση, την εξατμισοδιαπνοή, την κατακράτηση των επιφανειακών υδάτων, επιφανειακή κατεύθυνση απορροής, δρομολόγηση της ροής του καναλιού, μοντελοποίηση ακόρεστης ζώνης, κορεσμένη ροή των υπογείων υδάτων, ιζήματα χερσαίας διάβρωσης, μεταφορά και απόθεση, το κανάλι δρομολόγησης των ιζημάτων, καθώς και την πορεία των μεταφερόμενων ουσιών στο έδαφος και στα ρέματα.

Κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης, οι βροχοπτώσεις είναι χρονικά και χωρικά κατανομημένες στη διάρκεια του υδροκρίτη. Οι βροχοπτώσεις μπορεί να κατακρατηθούν από βλάστηση, πριν φτάσει στην επιφάνεια της γης. Μόλις επιτευχθεί μια αρχική ζήτηση κατακράτησης, ένα κλάσμα της κατείδυσης θα φτάσει στην επιφάνεια της γης. Μετά την άφιξη στην επιφάνεια της γης, η κατακρήμνιση μπορεί να διεισδύσει υπογείως, λόγω της βαρύτητας και τριχοειδών δυνάμεων. Το νερό που παραμένει στην επιφάνεια της γης ίσως απορρεύσει στις δύο διαστάσεις (2-D) με επιφανειακή απορροή, μετά από μια συγκεκριμένο βάθος κατακράτησης όταν το υπόγειο νερό γίνει υπέρκορο. Το νερό αυτό μπορεί τελικά να εισάγεται σε ένα ρεύμα και να κατευθύνεται προς την έξοδο της λεκάνης απορροής ως μονοδιάστατη (1-Δ) διακαναλική ροή. Εκτός των βροχοπτώσεων, της υπολογιζόμενης υγρασίας του εδάφους, της εξατμισοδιαπνοής (ET), μπορεί να υπάρξει και 2-D πλευρική ροή των υπόγειων υδάτων. Όταν η κατακρήμνιση πέφτει με τη μορφή της χιονόπτωσης, η ισοδύναμη ποσότητα νερού παραμένει στην επιφάνεια της γης και απελευθερώνεται ως νερό, σύμφωνα με ένα ενεργειακό υπολογισμό του ισοζυγίου.

Στο χερσαίο πλάνο ροής τα ιζήματα αποσπώνται λόγω της επίδρασης της βροχόπτωσης και των διατμητικών τάσεων λόγω της επιφανειακής απορροής. Τα ιζήματα δρομολογούνται, χερσαία, μαζί με την 2-D επιφανειακή ροή. Η διάβρωση και η εναπόθεση λαμβάνει χώρα συνεχώς στο χερσαίο επίπεδο, με τα ιζήματα που μεταφέρονται. Ιζήματα μπορεί τελικά να κατευθύνονται προς το δίκτυο ρεύματος, όπου τα λεπτόκοκκα (ιλύς και άργιλος) δρομολογούνται σύμφωνα με την εξίσωση διασποράς μεταγωγής. Τα χονδρόκοκκα υλικά αντιμετωπίζονται ως ένα στρώμα φορτίου, το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο του Yang (ref).

Συστατικά μπορεί να εναποτίθενται στην εντός εδαφική στήλη ή επί της επιφάνειας της γης. Σε κάθε περίπτωση, τα συστατικά που προσλαμβάνονται συμβαίνουν όταν το νερό κατάκλισης λιμνάζει στην επιφάνεια του εδάφους. Συστατικά κινούνται κατά μήκος της 2-D επιφανειακής απορροής, με αντιδράσεις που συμβαίνουν, καθώς το νερό κινείται κατά μήκος της λεκάνης απορροής. Τα συστατικά μπορεί τελικά να αποτεθούν στο δίκτυο ρεύματος, στην περίπτωση που μεταφέρονται σύμφωνα με την αντίδραση της εξίσωσης διασποράς μεταγωγής.

Το GSSHA χρησιμοποιεί παρόμοια αμιγή προγράμματα πεπερασμένων όγκων δύο βημάτων για διαδρομή του νερού στα δύο κανάλια 1-D και 2-D επιφανειακής ροής, όπου οι ροές υπολογίζονται με βάση τις κεφαλές, και οι όγκοι ενημερώνονται με βάση τις υπολογισμένες ροές. Σε σύγκριση με πιο εξελιγμένα έμμεσα συστήματα πεπερασμένων διαφορών και πεπερασμένων στοιχείων, οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στο GSSHA είναι απλοί. Η κλίση τριβής ανάμεσα σε ένα κύτταρο του δικτύου και των γειτονικών της υπολογίζεται ως η διαφορά σε αυξήσεις των επιφανειακών υδάτων διαιρούμενη με το

μέγεθος του πλέγματος. Σε σύγκριση με την κινηματική προσέγγιση κύματος, αυτή η διάχυτη προσέγγιση κύματος επιτρέπει στο GSSHA να διέρχεται νερό μέσα από λάκκους ή καταθλίψεις, και στις περιοχές των δυσμενών κλίσεων. Ο τύπος Manning χρησιμοποιείται για να συσχετίσει το βάθος της ροής και της απορροής. Χρήση του τύπου Manning σημαίνει ότι η ροή είναι τόσο τυρβώδης και ότι η τραχύτητα δεν εξαρτάται από το βάθος της ροής. Καμία από αυτές τις υποθέσεις δεν μπορεί να ισχύει για το επίπεδο επιφανειακής απορροής. Ενώ είναι απλή, η μέθοδος είναι ισχυρή, διότι επιτρέπει στους υπολογισμούς να προχωρήσουν, όταν μόνο τα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου της ή της λεκάνης απορροής ρέουν. Αυτό είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, καθώς οι βροχοπτώσεις μπορεί να συμβαίνουν σε ένα μόνο τμήμα της λεκάνης απορροής. Αν και απλή, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο GSSHA είναι πολύ ισχυροί επιτρέποντας στο μοντέλο χρονικά βήματα στην κλίμακα από 1 έως 3 λεπτά (Downer, 2002α; Downer et al., 2000) και ελάχιστη επεξεργασία του ΨΜΕ (DEM) και τα υψόμετρα του καναλιού.

[1][2][3][4][5][20]

8.2. SMS (Surface Modeling System)

8.2.1. TufLOW

Το μοντέλο TUFLOW είναι μια σουίτα προηγμένων αριθμητικών μηχανών και εργαλείων υποστήριξης για την προσομοίωση ροής με ελεύθερη επιφάνεια του νερού, για αστικές οδούς, ποτάμια, πλημμυρικές περιοχές, εκβολές ποταμών και ακτών. Τα μοντέλα TUFLOW είναι τεχνικά ανώτερα και είναι θεωρούνται πρωτοπόροι της βιομηχανίας για την επίλυση όλων των απαραίτητων φυσικών διεργασιών που χρησιμοποιούν 1D, 2D και 3D λύσεις.

Η προσέγγισή τους για την εξέλιξη των μοντέλων TUFLOW θεμελιώνεται σε δύο φιλοσοφίες:

- Αναπτύσσουν αριθμητικές μηχανές μέσω των προσπαθειών συνεργασίας με πανεπιστήμια και ερευνητικούς οργανισμούς για να εξασφαλιστεί ότι είναι επιστημονικά υψηλού επιπέδου και καλά συγκριτικής αξιολόγησης.
- Σχεδιάζουν το λογισμικό για τις αυστηρές απαιτήσεις της διαβούλευσης και να διασυνδέεται με προϊόντα τρίτων μερών. Αυτό καθιστά τα προϊόντα TUFLOW χρήσιμα, αποτελεσματικά, ευέλικτα και εξαιρετικά κατάλληλα για την εφαρμογές.

Στο επίκεντρο του TUFLOW υπάρχουν τρεις αριθμητικές μηχανές:

- Το TUFLOW
- Το TUFLOW GPU Solver
- Το TUFLOW FV

Κάθε μία από αυτές τις μηχανές έχει μια σειρά πρόσθετων μονάδων και δωρεάν υπηρεσιών κοινής ωφελείας, οι οποίες ταιριάζουν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και απαιτήσεων της μελέτης.

Χρησιμοποιούν γραφικές διεπαφές χρήστη (GUI) και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) από τρίτους για την παροχή των περιβαλλόντων μοντελοποίησης. Αυτό προσφέρει σημαντικά οφέλη στην ευελιξία και στην αποτελεσματικότητα για τους χρήστες, έναντι των εναλλακτικών προϊόντων και μειώνει το συνολικό κόστος του λογισμικού στον χρήστη.

2011: Η 1D λύση TUFLOW του (Estry) συνδέεται δυναμικά με διάλυμα ISIS 1D Halcrow λογισμικού, έτσι ώστε οι άριστες ικανότητες του TUFLOW στο δίκτυο σωληνώσεων και φρεατίων μοντελοποίηση να μπορούν να συνδεθούν με τα ISIS 1D μοντέλα ποταμών.

2011: Το TUFLOW FV ξεκίνησε ως ένα εμπορικό προϊόν.

2010: Το TUFLOW έχει εγκριθεί από την Ομοσπονδιακή Αρχή Διαχείρισης Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης (FEMA) των ΗΠΑ.

2010: Το Ηνωμένο Βασίλειο αγοράσει μια μεγάλη άδεια δικτύου TUFLOW, μέσω των εταίρων τους από το λογισμικό Halcrow.

2010: Το TUFLOW και το TUFLOW FV αξιολογήθηκαν συγκριτικά από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος Ηνωμένου Βασιλείου (Environmental Agency). Η έρευνα του Ηνωμένου Βασιλείου δείχνει ότι το TUFLOW είναι το προτιμώμενο λογισμικό 2D μοντελοποίησης των πλημμυρών στο Ηνωμένο Βασίλειο.

2008: Η ανάπτυξη του TUFLOW FV ξεκινά μέσα από μια ερευνητική προσπάθεια από τον Δρ Ian Teakle, ο οποίος οδηγείται από την ανάγκη για την αναβάθμιση των υφιστάμενων παράκτιων δυνατοτήτων του λογισμικού μοντελοποίησης τους και την επιθυμία να χρησιμοποιούν τεχνικές μοντελοποίησης ευέλικτων δικτυωμάτων. Το TUFLOW FV υφίσταται συγκριτική αξιολόγηση από το προσωπικό του Πανεπιστημίου του Queensland.

2008: Το miTools ξεκίνησε ως ένα εμπορικό προϊόν με το BMT WBM να ενισχύει σε μεγάλο βαθμό την μοντελοποίηση με το TUFLOW μέσα στο MapInfo GIS.

2007-2010: Η 1D λύση TUFLOW του (Estry) ενισχύεται σε μεγάλο βαθμό για την προσομοίωση μεγάλων δικτύων σωληνώσεων που συνδέονται με τις ροές 2D ξηράς. Σημαντικές μελέτες που ολοκληρώθηκαν στο Σύνδνεϋ και τη Μελβούρνη.

2006: Η Aquaneo (πρώην EMS-I) αναπτύσσει και λανσάρει ένα προσαρμοσμένο γραφικό περιβάλλον για TUFLOW. Σήμερα, το SMS TUFLOW Interface χρησιμοποιείται από χρήστες TUFLOW όλου του κόσμου.

2004-2006: Τα XP-Λογισμικά και WBM συνδέουν το 1D εργαλείο XPSWMM με την 2D λύση του TUFLOW, και το XP2D ξεκινά ως ένα εμπορικό προϊόν. Σήμερα, το XP2D έχει πωληθεί σε όλο τον κόσμο σε εκατοντάδες οργανισμούς, και δόθηκε εθνική έγκριση από την FEMA στις ΗΠΑ για τη χαρτογράφηση των πλημμυρών του 2010.

2004: Το TUFLOW συγκρίνεται με επιτυχία για την θυελλώδη καταιγίδα του Τάμεση, ως μελέτη κατάκλισης και ως η προτιμώμενη 2D λύση. Το 1D Halcrow ISIS είναι λογισμικό μοντελοποίησης ποταμού και συνδέεται δυναμικά με την 2D λύση του TUFLOW.

2001 έως σήμερα: Η δημοτικότητα του TUFLOW και η χρήση του αυξάνεται σταδιακά. Με την διάδοση έρχονται επιπλέον χαρακτηριστικά και βελτιώσεις στην χρησιμότητα, σε μεγάλο βαθμό από τους χρήστες TUFLOW όλου του κόσμου. Σήμερα, το TUFLOW είναι ένα καθιερωμένο και διεθνώς αναγνωρισμένο 2D / 1D υδροδυναμικό υπολογιστικό εργαλείο. Είναι το κυρίαρχο και πλέον δημοφιλές λογισμικό μοντελοποίησης 2D πλημμύρας στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Αυστραλία και έχει πωληθεί σε 16 χώρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η ραγδαία εξάπλωση του TUFLOW δεν οδηγείται από οποιαδήποτε ώθηση μάρκετινγκ, αλλά με συστάσεις από τους χρήστες.

2001: Η WBM Pty Ltd αποφασίζει να κάνει το TUFLOW διαθέσιμο στο εμπόριο, με την πρώτη πώληση να πραγματοποιείται στο Ηνωμένο Βασίλειο.

1997-2001: Το TUFLOW κάνει επιδρομές σε μελέτες διαχείρισης των πλημμυρών σε όλη την Αυστραλία, παρέχοντας άριστες τεχνικές δυνατοτήτων μοντελοποίησης, οι οποίες προπορεύονται στην μετάβαση από 1D σε 2D μοντελοποίηση των πλημμυρών.

1997: Μετά από μια λεπτομερή ανασκόπηση της καταλληλότητας του διαθέσιμου 2D λογισμικού για μοντελοποίηση των πλημμυρών, η WBM Pty Ltd αποφασίζει να ενισχύσει το TUFLOW να χειριστεί ακαμψίες των ροών από τις πλημμύρες στη στεριά, υπερπήδηση αναχώματος, 2D υδραυλικών έργων και των πιο προηγμένων 1D / 2D συνδέσεων. Η προσπάθεια ανταμείβεται αμέσως, με το TUFLOW να εφαρμόζεται σε πολλές υψηλού προφίλ έρευνες για τις πλημμύρες στο Queensland της Αυστραλίας.

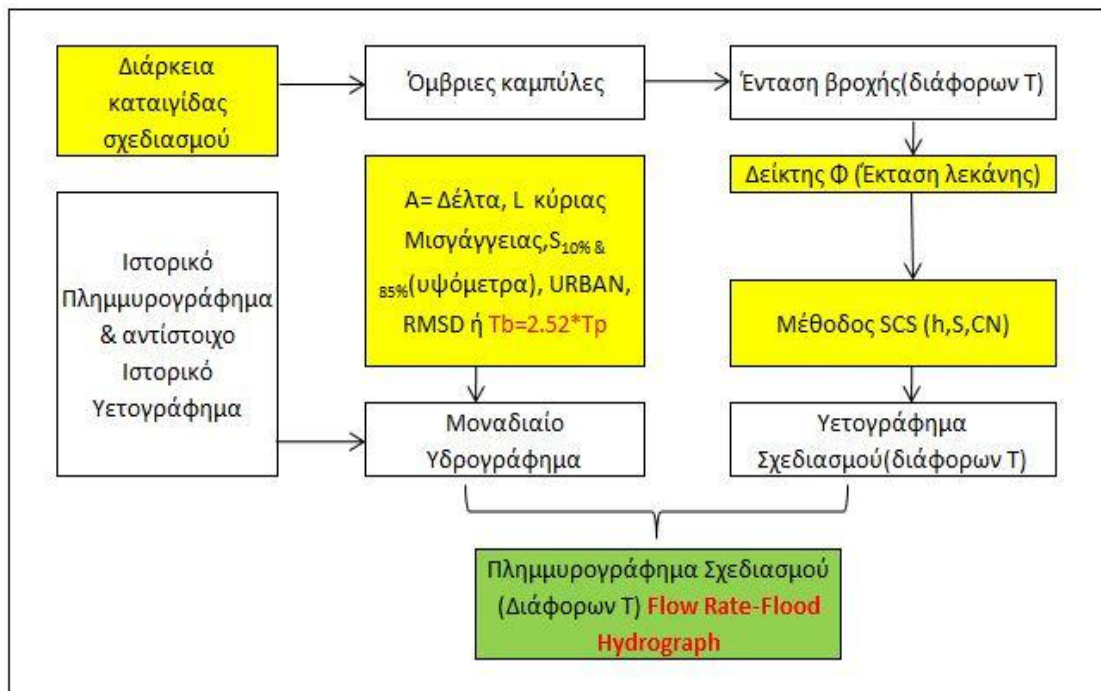
1991-1997: Το TUFLOW χρησιμοποιείται εκτενώς από WBM Pty Ltd ως κύριο λογισμικό μοντελοποίησης 1D / 2D για εκβολές ποταμών και παράκτιων μελετών, και την κατά περίπτωση μελέτη πλημμυρών.

1989: Το TUFLOW έχει αναπτυχθεί από κοινή έρευνα και ανάπτυξη του έργου μεταξύ WBM Pty Ltd και το Πανεπιστήμιο του Κουίνσλαντ. Στόχος του έργου ήταν η ανάπτυξη ενός 2D συστήματος μοντελοποίησης, με δυναμικές συνδέσεις σε ένα διάλυμα 1D. Η έκβαση της μελέτης R&D ήταν η ανάπτυξη ενός νέου 2D κώδικα, με βάση τις εργασίες του Stelling, το 1984, με μία από τις πρώτες επιτυχημένες συνδέσεις με ένα 1D σύστημα.

[7][6][19]

9 Γενικός υπολογισμός υδρολογικών παραμέτρων

Για την εκτέλεση των μοντέλων απαιτείται ο υπολογισμός των υδρολογικών χαρακτηριστικών της Λεκάνης του Δέλτα Πηνειού. Ο πιο αξιόπιστος τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων είναι η ύπαρξη ενός ιστορικού πλημμυρογραφήματος και του αντίστοιχου επεισοδίου βροχόπτωσης. Στην συνέχεια υπολογίζεται το μοναδιαίο υδρογράφημα. Σε συνδυασμό με ένα υετογράμμα σχεδιασμού, υπολογίζεται το ζητούμενο πλημμυρογράφημα σχεδιασμού. Λόγω απουσίας στοιχείων ιστορικού πλημμυρογραφήματος στην περιοχή του Δέλτα Πηνειού, ακολουθείται άλλη διαδικασία εύρεσης του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Επιλέγεται η μέθοδος του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας για τον υπολογισμό του μοναδιαίου υδρογραφήματος. Για να βρεθεί το πλημμυρογράφημα σχεδιασμού απαιτείται ένα υετογράφημα διάφορων περιόδων επαναφοράς. Το υετογράφημα σχεδιασμού μπορεί να υπολογιστεί με την μέθοδο των τμηματικών υψών. Αρχικά επιλέγεται η διάρκεια της καταιγίδας σχεδιασμού. Στην συνέχεια αναζητούνται ή καταστρώνονται οι όμβριες καμπύλες και από τις τελευταίες βρίσκεται η βροχή διάφορων περιόδων επαναφοράς. Στο παρόν τεύχος εξετάζεται το ζητούμενο επεισόδιο πλημμύρας στην λεκάνη του Δέλτα Πηνειού, μεμονωμένα και με την υπόθεση ότι βρέχει μόνο σε αυτή την περιοχή. Συνεπώς, για τον υπολογισμό του δείκτη ϕ (ο δείκτης ϕ θα αναλυθεί αργότερα), λαμβάνεται υπόψη, μόνο, το εμβαδόν της Λεκάνης του Δέλτα και όχι το εμβαδόν της Λεκάνης της Θεσσαλίας. Ακολουθείται μια μέθοδος υπολογισμού απωλειών (SCS) και η μέθοδος των τμηματικών υψών δίνει το ζητούμενο Υετογράφημα, το οποίο σε συνδυασμό με το μοναδιαίο υδρογράφημα, υπολογίζει το αντίστοιχο πλημμυρογράφημα σχεδιασμού. Στην ακόλουθη εικόνα 27, παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της διαδικασίας που περιγράφηκε προηγουμένως.



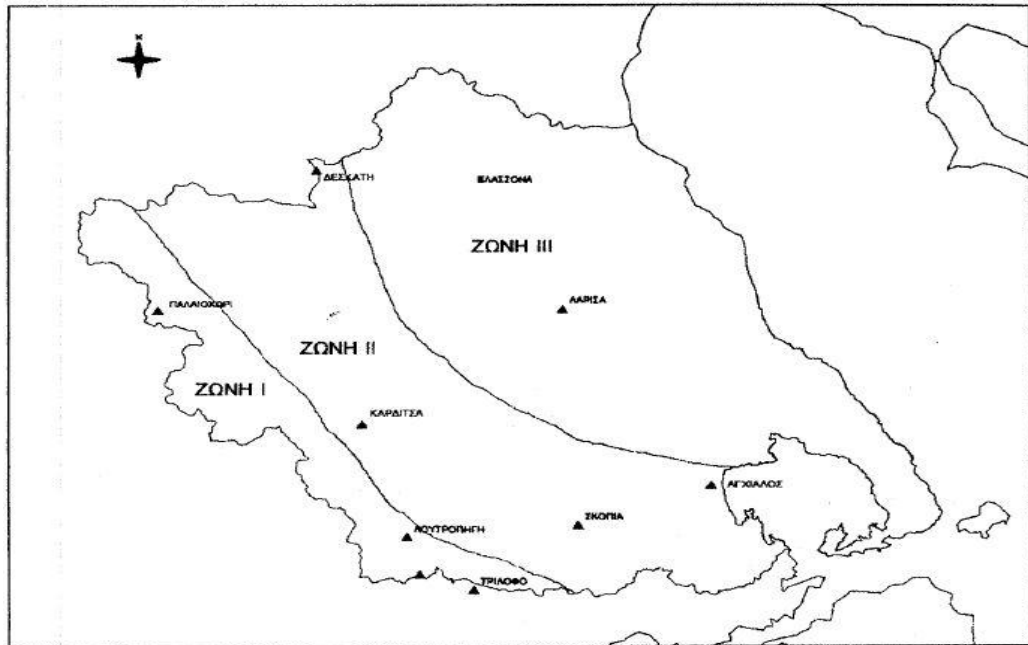
Εικόνα 27: Συνοπτικό διάγραμμα ροής για εξαγωγή πλημμυρογραφήματος

9.1. Διάρκεια καταγίδας σχεδιασμού

Επιλέγω διάρκεια καταγίδας σχεδιασμού δώδεκα (12) ωρών

9.2. Όμβριες καμπύλες

Για την δημιουργία όμβριων καμπυλών θα χρειαζόταν να βρεθούν δεδομένα βροχής και να γίνει σημαντική μελέτη για την τελική διατύπωσή τους. Για αποφυγή της χρονοβόρας διαδικασίας δημιουργίας όμβριων καμπυλών, αναζητήθηκαν και βρέθηκαν όμβριες καμπύλες, οι οποίες περιλαμβάνουν την περιοχή μελέτης του Δέλτα Πηνειού. Το έτος 1999, στην διπλωματική του Κωνσταντίνου Σοφιανόπουλου, καταρτίστηκαν οι όμβριες καμπύλες στην περιοχή της Θεσσαλίας. Η εικόνα 28 περιέχει το χάρτη της Θεσσαλίας, η οποία είναι χωρισμένη σε τρεις ζώνες. Η περιοχή του Δέλτα Πηνειού ανήκει προφανώς στην Ζώνη III και συνεπώς για τον σκοπό της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιλέγονται οι όμβριες καμπύλες της Ζώνης



Εικόνα 28: Διαχωρισμός της Θεσσαλίας σε Ζώνες [25]

$$\text{Ζώνη III} \quad i = \frac{\frac{1}{\lambda} \left[\psi - \ln \left[- \ln (1-1/T) \right] \right]}{(d+0.2)^n}$$

Το Δέλτα Πηνειού ανήκει στην περιοχή της Λάρισας, οπότε για τις προηγούμενες παραμέτρους, λαμβάνονται οι τιμές του παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Παραμετρικές τιμές συντελεστών όμβριας καμπύλης Ζώνης III

Ζώνη III	f	n	λ	ψ
Λάρισα	0.2	0.78	0.110235	1.953177

[25]

9.3. Επιλογή Περιόδων Επαναφοράς Καταιγίδων Σχεδιασμού

Επιλέγω καταιγίδα σχεδιασμού με περιόδους επαναφοράς: δέκα (10), εκατό (100) και πεντακοσίων (500) ετών.

9.4. Δείκτης ϕ

Οι δείκτες διήθησης, γενικά, υποθέτουν ότι η διήθηση πραγματοποιείται με σταθερό ή μέσο ρυθμό κατά τη διάρκεια της καταιγίδας. Συνήθως, αυτές οι μέθοδοι τείνουν να υποεκτιμούν τους αρχικούς ρυθμούς διήθησης και να υπερεκτιμούν τους τελικούς. Η καλύτερη εφαρμογή είναι σε μεγάλες καταιγίδες και υγρά εδάφη ή σε καταιγίδες όπου οι ρυθμοί διήθησης μπορούν να θεωρηθούν ως σχετικά ομοιόμορφοι.

Ο πιο γνωστός δείκτης, είναι ο δείκτης ϕ , σύμφωνα με τον οποίο ο συνολικός όγκος απωλειών κατά της διάρκειας της καταιγίδας, κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το δείγμα του επεισοδίου. Συνεπώς, ο όγκος της κατακρήμνισης πάνω από τη γραμμή του δείκτη, είναι ίσος με την απορροή. Μια παραλλαγή του δείκτη ϕ , που αποκλείει την εδαφική αποθήκευση και κατακράτηση, είναι ο δείκτης W . Αρχικές ποσότητες, συχνά, αφαιρούνται από τα πρώτα στάδια της καταιγίδας, έτσι ώστε να αποκλειστεί η αρχική κατακράτηση και διαβροχή.

Για τον προσδιορισμό του δείκτη ϕ για την δεδομένη καταιγίδα, η ποσότητα της παρατηρημένης απορροής προσδιορίζεται από το υδρογράφημα και υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ αυτής της ποσότητας και της συνολικά καταμετρημένης κατακράτησης. Ο όγκος των απωλειών και της συνολικά καταμετρημένης κατακρήμνισης. Ο όγκος των απωλειών (συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων της παρεμπόδισης, κατακράτησης και διήθησης) κατανέμεται ομοιόμορφα κατά μήκος του προφίλ της καταιγίδας.

Η χρήση του δείκτη ϕ για τον υπολογισμό του όγκου της άμεσης απορροής, από ένα δεδομένο προφίλ καταιγίδας, είναι στην ουσία η αντίστροφη διαδικασία. Δυστυχώς ο δείκτης ϕ που προσδιορίζεται από μια καταιγίδα δεν είναι γενικά εφαρμόσιμος σε άλλες καταιγίδες και αν δεν συσχετιστεί με τις παραμέτρους της λεκάνης απορροής, έχει μικρή αξία.

Ως συντελεστής επιφανειακής αναγωγής:

$\phi = (\text{επιφανειακά μέσο ύψος βροχής}) / (\text{μέγιστο σημειακό ύψος βροχής})$

Ο συντελεστής ϕ έχει διαπιστωθεί εμπειρικά ότι:

- Είναι πάντα μικρότερος της μονάδας
- Είναι φθίνουσα συνάρτηση της έκτασης A
- Είναι αύξουσα συνάρτηση της διάρκειας βροχόπτωσης d
- Εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την περίοδο επαναφοράς της βροχής και φαίνεται ότι η αύξηση της περιόδου επαναφοράς οδηγεί σε ασθενή μείωση του ϕ

Εκτίμηση του ϕ

- Με βάση δεδομένα ιστορικών βροχοπτώσεων από πυκνό βροχομετρικό δίκτυο, προσδιορίζεται η συνάρτηση $\phi(d, A)$
- Χρήση πινάκων ή της σχέσης:

$$\phi = 1 - \frac{0.048 * A^{0.36 - 0.01 * \ln A}}{d^{0.35}}$$

$$\phi \geq 0.25 \quad (\text{Κουτσογιάννης και Ξανδόπουλος, 1999})$$

Θεωρώ $A=238.154.691.7 \text{ m}^2$ και $d=12 \text{ hr}$

9.5. Υπολογισμός Διήθησης-Απωλειών Βροχόπτωσης

Μέθοδος SCS

Η Soil Conservation Service (SCS) έχει αναπτύξει μια ευρέως χρησιμοποιούμενη διαδικασία, που χρησιμοποιεί τον αριθμό καμπύλης CN για τον υπολογισμό της απορροής. Σε αυτήν ενσωματώνονται οι επιδράσεις της χρήσης και εκμετάλλευσης της γης. Η διαδικασία αναπτύχθηκε εμπειρικά από μελέτες σε μικρές καλλιεργήσιμες λεκάνες. Αν και η διαδικασία SCS δε σχεδιάστηκε για να υπολογίζει άμεσα τη διήθηση, στην ουσία ενσωματώνει μια εκτίμησή της.

Κύριες παραδοχές

1. Στην αρχή του επεισοδίου βροχής το σύνολο της βροχόπτωσης μετατρέπεται σε έλλειμμα. Αυτό συμβαίνει μέχρι το χρόνο t_0 και για συνολικό ύψος ελλειμμάτων h_0 .
2. Το συνολικό έλλειμμα που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μια βροχόπτωση συνολικού ύψους h δεν μπορεί να ξεπεράσει μια μέγιστη τιμή $S+h_0$. Η τιμή S λέγεται δυνητικά μέγιστη κατακράτηση.
3. Σε κάθε χρονική τιμή (μετά την t_0) ο λόγος του ενεργού ύψους βροχής h_e προς το δυνητικό ενεργό ύψος $(h-h_0)$ είναι ίσος με το λόγο των απωλειών μείον το αρχικό έλλειμμα (h_0-h_0) προς τη δυνητικά μέγιστη κατακράτηση S . Δηλαδή $h_e/(h-h_0)=(h_0-h_0)/S$.

Θέτοντας $h_a=h-h_e$ προκύπτουν οι σχέσεις:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq h_0 \\ \frac{(h-h_0)^2}{h+h_0-S} & h > h_0 \end{cases}$$

Η μέθοδος υπολογίζει το ενεργό ύψος βροχής, δηλαδή την ποσότητα βροχής που απορρέει επιφανειακά, σύμφωνα με τη σχέση:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq 0.2S \\ \frac{(h-0.2S)^2}{h+0.8S} & h > 0.2S \end{cases}$$

h_e = το ενεργό ύψος βροχής

h = το συνολικό ύψος βροχής

Το S είναι μια παράμετρος που συνδέεται με τον αριθμό καμπύλης CN σύμφωνα με τη σχέση:

$$S[\text{mm}] = 254 \left(\frac{100}{\text{CN}} - 1 \right)$$

Η διαδικασία SCS περιλαμβάνει την επιλογή μιας καταιγίδας και τον υπολογισμό της άμεσης απορροής με την χρήση καμπυλών που δημιουργήθηκαν από μελέτη πεδίου, σχετικά με το ποσό της παρατηρημένης απορροής σε διάφορους εδαφικούς συνδυασμούς. Ένας αριθμός καμπύλης CN (κυμαίνεται από 0 έως 100) εξάγεται από πίνακες, ανάλογα με τον τύπο εδάφους και την υδρολογική κατάσταση. Τα εδάφη κατατάσσονται στην κατηγορία A, B, C ή D ανάλογα με τα ακόλουθα κριτήρια:

A: Εδάφη με υψηλούς ρυθμούς διήθησης ακόμα και αν διαβραχούν διεξοδικά (πολύ χαμηλό δυναμικό απορροής). Συνήθως περιέχουν πλήρως στραγγισμένες άμμους ή χαλίκια.

B: Εδάφη με μέτριους ρυθμούς διήθησης, όπως για παράδειγμα αμμώδης πηλός.

C: Εδάφη με χαμηλούς ρυθμούς διήθησης, όπως είναι τα εδάφη με σημαντικό ποσοστό αργιλίου.

D: Εδάφη με πολύ μικρούς ρυθμούς διήθησης (πολύ υψηλό δυναμικό απορροής). Συνήθως περιλαμβάνουν αργιλώδη εδάφη με υψηλή πιθανότητα διόγκωσης ή ρηχά εδάφη πάνω σε σχεδόν αδιαπέρατο υλικό.

Ένας σύνθετος αριθμός καμπύλης (CN), για μια λεκάνη που περιλαμβάνει περισσότερες από μια χρήσεις γης ή τύπο εδάφους, μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας κάθε επιμέρους αριθμό καμπύλης με το συντελεστή βάρους που προκύπτει από το ποσοστό της επιφάνειας.

Αριθμοί καμπύλης (CN)

Οι αριθμοί καμπύλης διαχωρίζονται και ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες εδαφικής υγρασίας. Τέτοιες συνθήκες υγρασίας είναι:

Κατάσταση I: Η κατάσταση κατά την οποία τα εδάφη είναι στεγνά, αλλά όχι στο σημείο μόνιμης μάρανσης και όταν λαμβάνει χώρα ικανή άροση ή καλλιέργεια.

Κατάσταση II: Η μέση περίπτωση για της ετήσιες πλημμύρες, δηλαδή ένας μέσος όρος των συνθηκών που προηγήθηκαν της μέγιστης ετήσιας πλημμύρας σε αρκετές λεκάνες απορροής.

Κατάσταση III: Αν έντονη βροχόπτωση ή ελαφρά βροχόπτωση και χαμηλές θερμοκρασίες έχουν συμβεί τις τελευταίες 5 ημέρες πριν τη δεδομένη καταιγίδα και το έδαφος είναι σχεδόν κορεσμένο.

Μερικές ενδεικτικές τιμές του αριθμού καμπύλης CN για την υδρολογική κατάσταση II δίνονται στον πίνακα 4.1. Οι αριθμοί που αντιστοιχούν στις συνθήκες υγρασίας I και III, μπορούν να υπολογιστούν από πίνακες ή με την βοήθεια τύπων, ως συνάρτηση του αριθμού CN για την εδαφική κατάσταση II.

Πίνακας 2: Ενδεικτικά αριθμοί καμπύλης CN για την υδρολογική κατάσταση II.

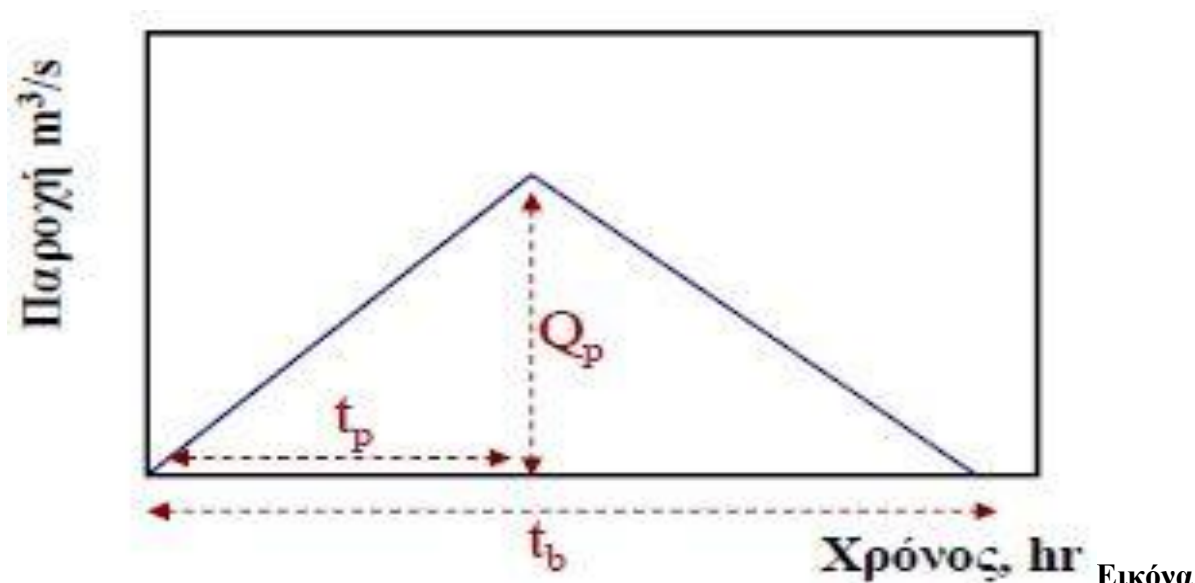
Χρήσεις γης	Υδρολογική κατάσταση	Κατηγορία εδάφους			
		A	B	C	D
Βοσκότοπος	Φτωχή	68	79	86	89
	Μέτρια	49	69	79	84
	Καλή	39	61	74	80
Δάσος	Φτωχή	45	66	77	83
	Μέτρια	36	60	73	79
	Καλή	25	55	70	77
Δρόμος (χώμα)	-	72	82	87	89
Δρόμος (σκληρή επιφάνεια)	-	74	84	90	92

Θεωρώ ως δεδομένη τιμή $CN=60$ και $h_0=15mm$

[28][27]

9.6. Υπολογισμός Μοναδιαίου Υδρογραφήματος

Μέθοδος Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας
Υπολογισμός Μοναδιαίου Υδρογραφήματος 1 ώρας



29: Μοναδιαίο Υδρογράφημα [28]

t_p = χρόνος ανόδου σε hr

Q_p = παροχή αιχμής σε m^3/s

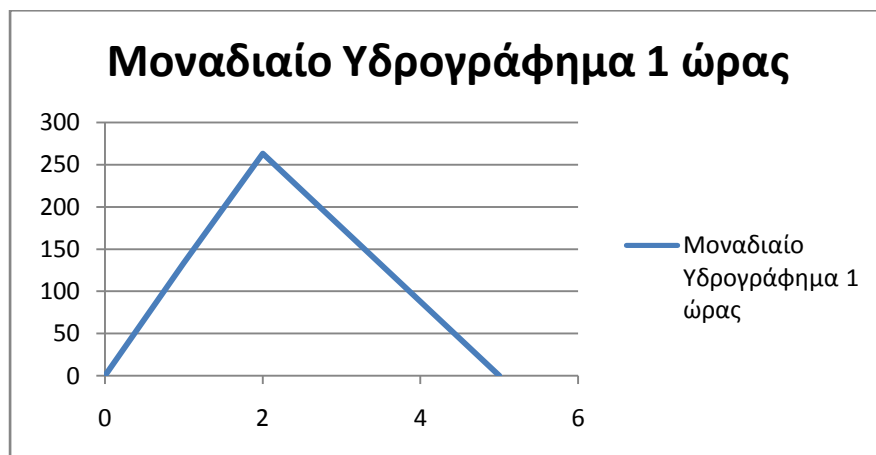
t_b = χρόνος βάσης σε hr

$$t_b = 2.52 * t_p$$

Ύστερα από υπολογισμούς:

Βροχής (m^3)	2381546.917
Ναποροής (m^3)	2381546.917

t_p	t_b	Q_p (m^3/s)
1.984127	5	264.6163241



(hr)	Q (m^3/s)
0	0
1	133.3666
2	263.2236
3	175.4824
4	87.7412
5	0

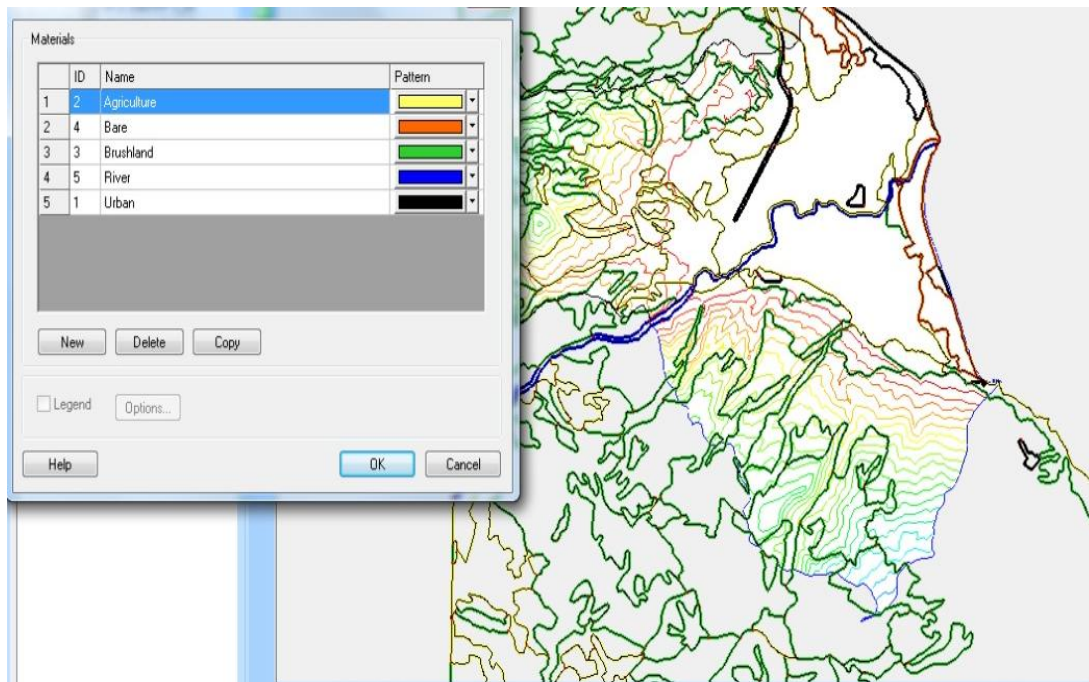
Γράφημα 1: Υπολογισμένο μοναδιαίο υδρογράφημα 1 ώρας

[28]

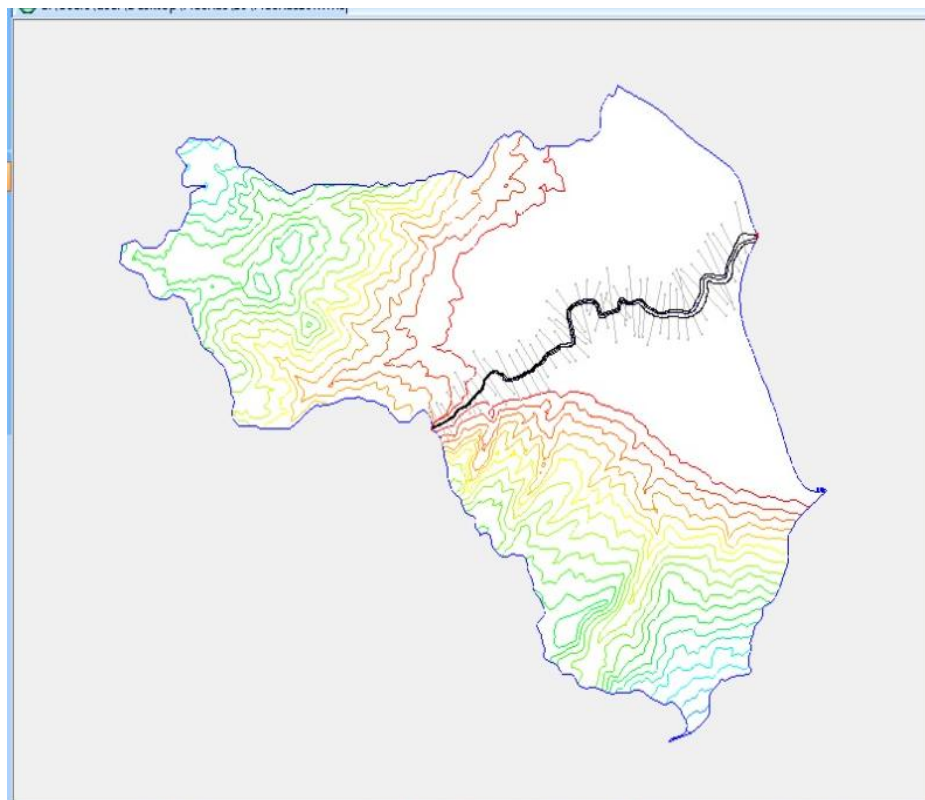
10 Εισαγωγή Δεδομένων ανά Μοντέλο

10.1. Εισαγωγή δεδομένων στο Hec-Ras

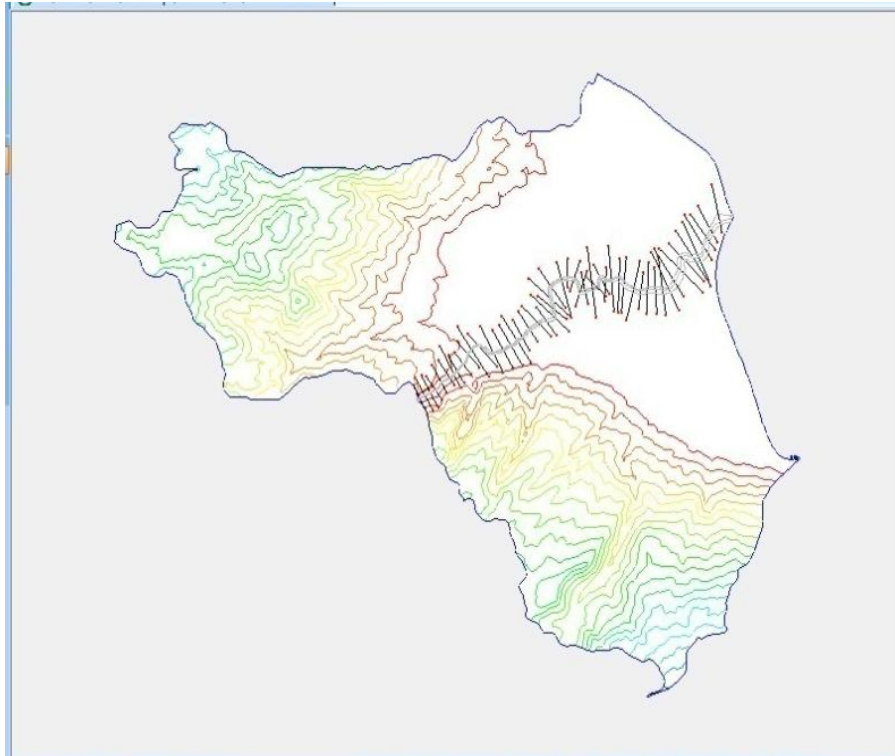
Αφού υπολογίστηκε το μοναδιαίο υδρογράφημα παραμένει η εισαγωγή των υδρολογικών δεδομένων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, χρειάζεται, επίσης, η εισαγωγή των συντελεστών τραχύτητας. Μετά την προηγούμενη επεξεργασία, στο ArcGIS, τα shapefiles, CORINE 2000 της Αγίας και της Λάρισας, εισάγονται στο WMS και αρχίζει η χάραξη του άξονα του ποταμού Πηνειού της περιοχής του Δέλτα. Το HecRas παρέχει την δυνατότητα μονοδιάστατης μοντελοποίησης και προφανώς απαιτεί ένα πλημμυρογράφημα εισόδου, κάποιες κλίσεις των κύριων αξόνων του ποταμού και ορισμένες εγκάρσιες τομές κατά μήκος του ποταμού. Το ζητούμενο πλημμυρογράφημα εισόδου, υπολογίζεται για τις αντίστοιχες περιόδους δέκα (10), εκατό (100) και πεντακοσίων (500) ετών. Οι υπολογισμοί των πλημμυρογραφήματων παρατίθενται στις επόμενες σελίδες, ομαδοποιημένοι, ανά περίοδο επαναφοράς. Στην εικόνα 30 παρουσιάζεται η εισαγωγή, στο WMS, του shapefiles των συντελεστών τραχύτητας. Στην εικόνα 31, παρουσιάζεται ο άξονας του Πηνειού ποταμού της περιοχής του Δέλτα. Ο άξονας σχεδιάστηκε στο WMS, καθώς το συγκεκριμένο λογισμικό διαθέτει δυνατότητα σχεδίασης CAD. Στην εικόνα 32, παρουσιάζονται οι εγκάρσιες τομές κατά μήκος του άξονα του ποταμού, ο οποίος σχεδιάστηκε προηγουμένως. Οι τομές αυτές εξάγονται αυτόματα χάρη στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους, το οποίο παρουσιάστηκε προηγουμένως. Τα δυο τελευταία στάδια δεν διαθέτουν υδρολογικά δεδομένα και χρησιμοποιούνται ως βάση για την εκτέλεση του μοντέλου. Η εισαγωγή των υδρολογικών δεδομένων πραγματοποιείται στο HecRas, ύστερα από την εξαγωγή των δεδομένων άξονα ποταμού, μηκοτομών και συντελεστών τραχύτητας στο WMS. Το HecRas υπολογίζει με δύο τρόπους τα υδρολογικά αποτελέσματα, με μόνιμη και μη μόνιμη ροή. Μη μόνιμη ροή νοείται η ροή ενός πλημμυρογραφήματος μιας καταγίδας σχεδιασμού. Επειδή όμως το WMS παρουσίαζε, προς το παρόν, κάποια αδυναμία στην εκτέλεση της μη μόνιμης ροής, επιλέχθηκε η εκτέλεση της μόνιμης ροής. Ως μόνιμη ροή νοείται μια σταθερή παροχή, η οποία θα θεωρηθεί ως η μέση τιμή που προκύπτει από το πλημμυρογράφημα της κάθε περιόδου επαναφοράς. Κατά αυτόν τον τρόπο, ακολουθείται η διαδικασία υπολογισμού υετογραφήματος, με την μέθοδο των τμηματικών υψών και με απώλειες βροχής της μεθόδου SCS. Στο τελικό καθαρό πλημμυρογράφημα προστίθεται η βασική ροή του Πηνειού ποταμού και από το τελικό πλημμυρογράφημα που προκύπτει, υπολογίζεται η μέση τιμή πλημμυρικής παροχής. Η μέση τιμή παροχής εισάγεται στο HecRas και το μοντέλο υπολογίζει, σε κλάσματα δευτερολέπτου, τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα του HecRas εισάγονται στο WMS και ακολούθως με μια απλή εντολή παρεμβολής τα μονοδιάστατα δεδομένα παρουσιάζονται, σε δισδιάστατη μορφή, πάνω σε οποιοδήποτε επιλεγόμενο χάρτη.



Εικόνα 30: Εισαγωγή, στο WMS, των shapefiles των χρήσεων γης, Λάρισας και Αγιάς, με τους ομαδοποιημένους συντελεστές τραχύτητας



Εικόνα 31: Σχεδιασμός του κεντρικού άξονα και των δευτερευόντων αξόνων του ποταμού Πηνειού της περιοχής του Δέλτα. Η χάραξη πραγματοποιείται στο WMS.



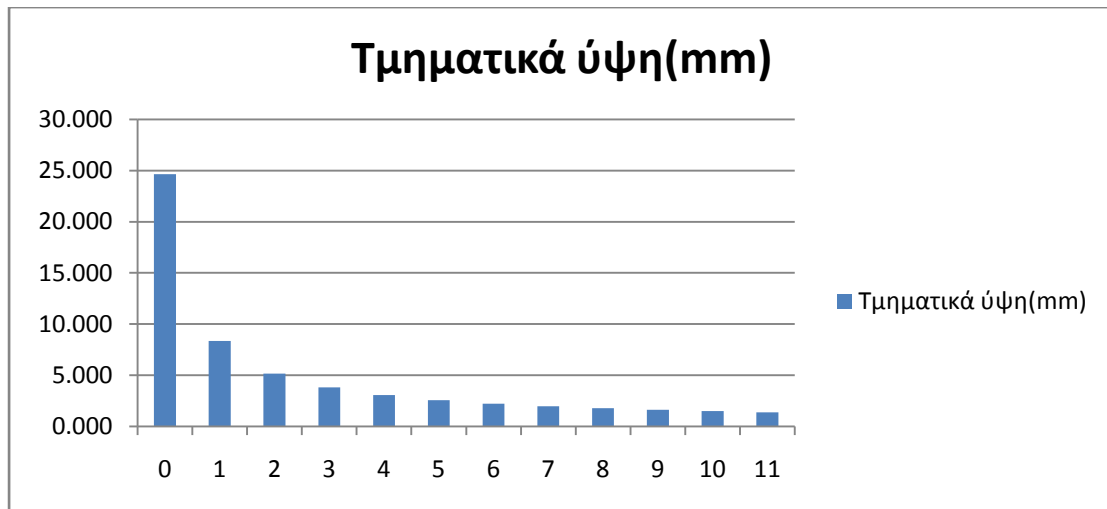
Εικόνα 32: Χάραξη εγκάρσιων τομών κατά μήκος του άξονα του ποταμού. Η χάραξη των τομών πραγματοποιείται στο WMS

10.1.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών

Πίνακας 3: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση του δείκτη ϕ και της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	ϕ	$h*\phi$ (mm)	Τμηματικά ύψη(mm)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)
0	0	0	-	0	0	24.63733	0	0	0	0	0
1	33.08	33.1	0.745	24.6	24.637	8.340178	1.4867243	1.487	0.000	0.00000	1.487
2	20.62	41.2	0.800	33.0	8.340	5.175727	1.7755156	3.262	0.000	0.00000	1.776
3	15.39	46.2	0.826	38.2	5.176	3.823752	2.230001	5.492	0.000	0.00000	2.230
4	12.45	49.8	0.843	42.0	3.824	3.064314	3.0643138	8.557	0.000	0.00000	3.064
5	10.54	52.7	0.855	45.0	3.064	2.574228	5.1757265	13.732	0.000	0.00000	5.176
6	9.188	55.1	0.864	47.6	2.574	2.230001	24.637325	38.370	6.551	6.55081	18.087
7	8.177	57.2	0.871	49.8	2.230	1.973975	8.3401777	46.710	10.964	4.41324	3.927
8	7.388	59.1	0.877	51.8	1.974	1.775516	5.1757265	51.886	14.043	3.07872	2.097
9	6.754	60.8	0.882	53.6	1.776	1.616798	3.8237524	55.709	16.456	2.41296	1.411
10	6.231	62.3	0.886	55.2	1.617	1.486724	2.5742276	58.283	18.139	1.68329	0.891
11	5.793	63.7	0.890	56.7	1.487	1.37801	1.9739749	60.257	19.459	1.32030	0.654
12	5.419	65.0	0.893	58.1	1.378	0	1.6167984	61.874	20.559	1.09939	0.517

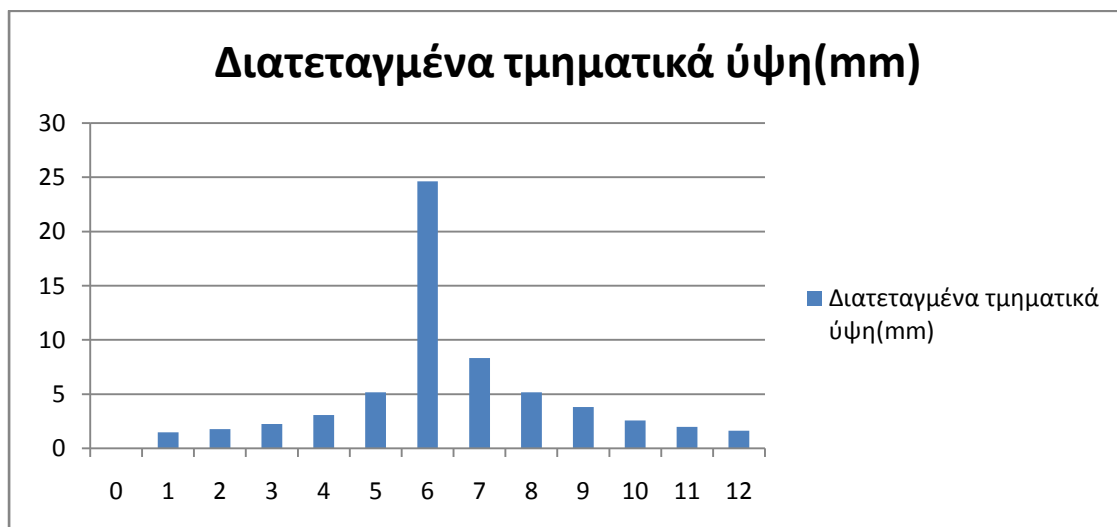
Ακολουθούν διαγράμματα προερχόμενα από τα δεδομένα των στηλών του πίνακα 3



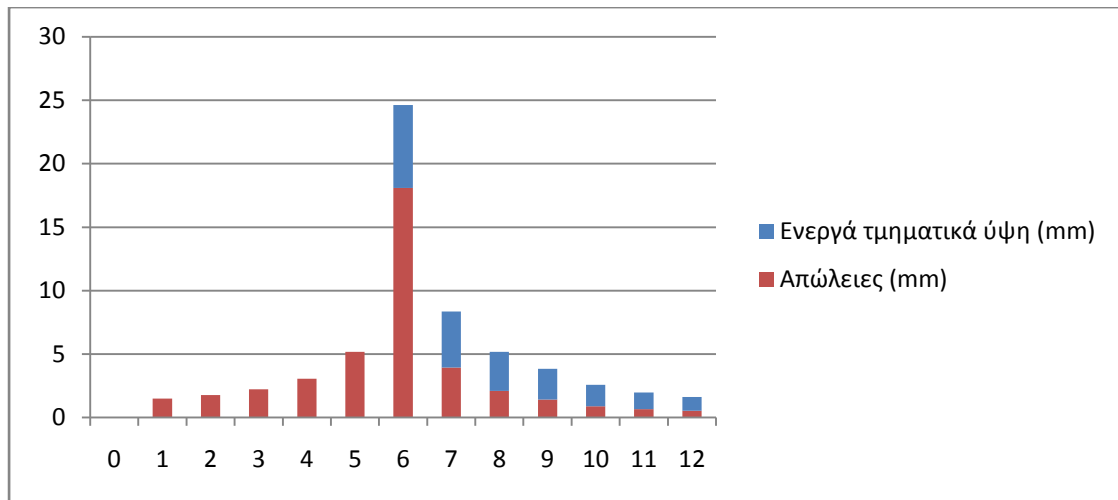
Γράφημα 2: Τμηματικά ύψη βροχής περιόδου επαναφοράς 10 ετών



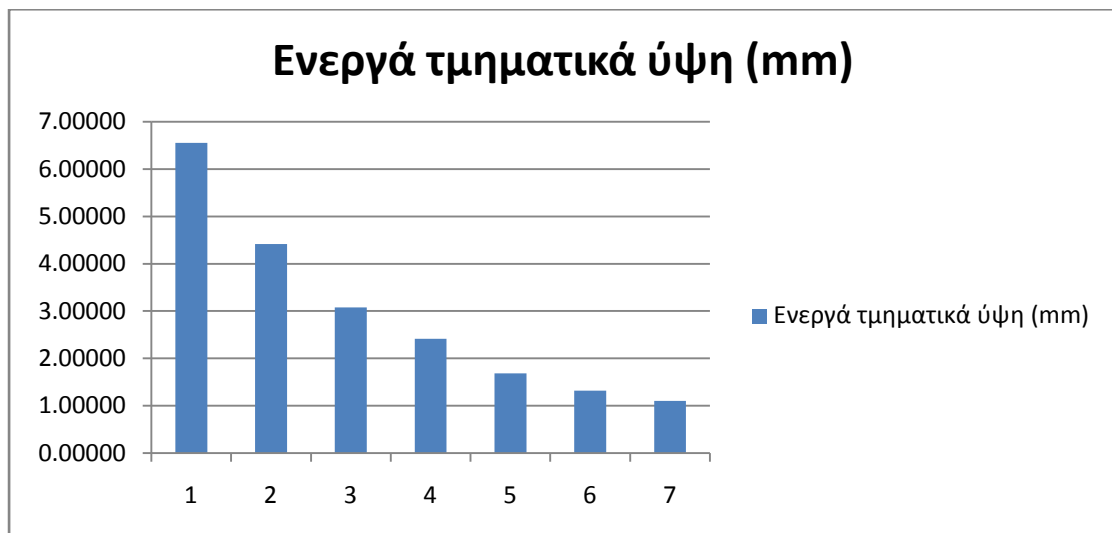
Γράφημα 3: Αθροιστικό Υετόγραμμα βροχής περιόδου επαναφοράς 10 ετών



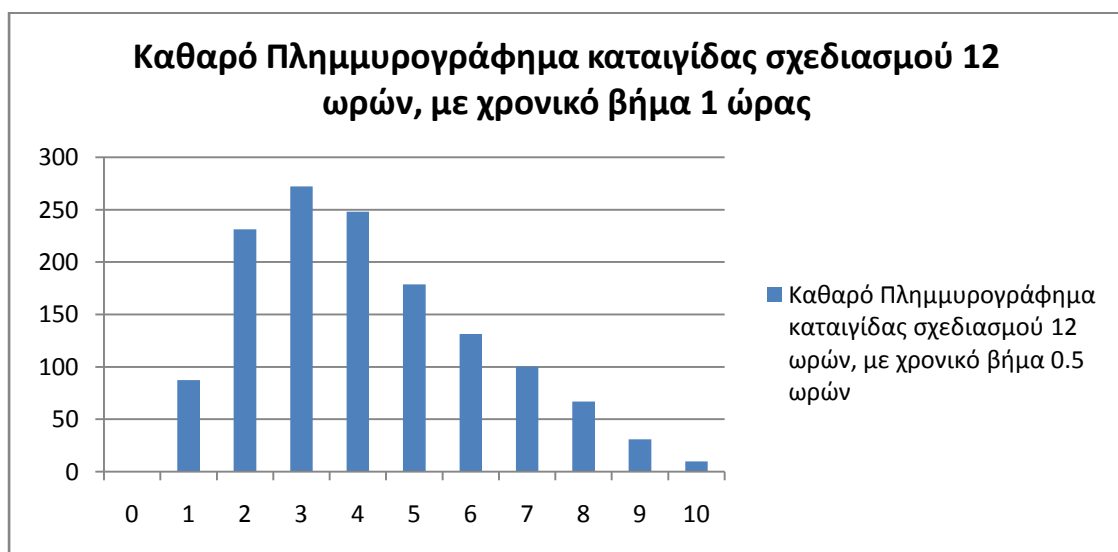
Γράφημα 4: Διαταγμένα τμηματικά ύψη βροχής περιόδου επαναφοράς 10 ετών



Γράφημα 5: Ενεργά ύψη και απώλειες βροχής περιόδου επαναφοράς 10 ετών



Γράφημα 6: Ενεργά τμηματικά ύψη βροχής περιόδου επαναφοράς 10 ετών



Γράφημα 7: Καθαρό πλημμυρογράφημα καταιγίδας σχεδιασμού 10 ετών

Πίνακας 3: Υπολογισμοί πλημμυρογράφηματος 10 ετών

Καθαρό Πλημμυρογράφημα καταιγίδας σχεδιασμού 12 ωρών, με χρονικό βήμα 1 ώρας									
Βήμα	1	2	3	4	5	6	7	Q	t(hr)
0	0							0	0
1	87.36595	0						87.36595	1
2	172.4328	58.85785	0					231.2906	2
3	114.9552	116.1668	41.05988	0				272.1819	3
4	57.4776	77.44454	81.03924	32.18079	0			248.1422	4
5	0	38.72227	54.02616	63.51473	22.44942	0		178.7126	5
6		0	27.01308	42.34315	44.30807	17.608426	0	131.2727	6
7			0	21.17158	29.53871	34.753473	14.66221	100.126	7
8				0	14.76936	23.168982	28.93858	66.87691	8
9					0	11.584491	19.29238	30.87687	9
10						0	9.646192	9.646192	10
11							0	0	11

Προσθήκη βασικής ροής

Θεωρώ βασική ροή $Q=3.500.000.000\text{m}^3/\text{έτος}/(365\text{ημέρες}/86400\text{sec})=110.9843\text{ m}^3/\text{s}$

Πίνακας 4: Προσθήκη βασικής ροής στο πλημμυρογράφημα 10 ετών

t(hr)	Q	
0	110.9843	Βασική ροή
1	198.3502	
2	342.2749	
3	383.1662	
4	359.1264	
5	289.6968	
6	242.257	
7	211.1102	
8	177.8612	
9	141.8611	
10	120.6305	Βασική ροή
11	110.9843	
M.O.	224.0253	

Ο Μ.Ο. εισάγεται, ως σταθερή παροχή εισόδου, στη θέση των Τεμπών

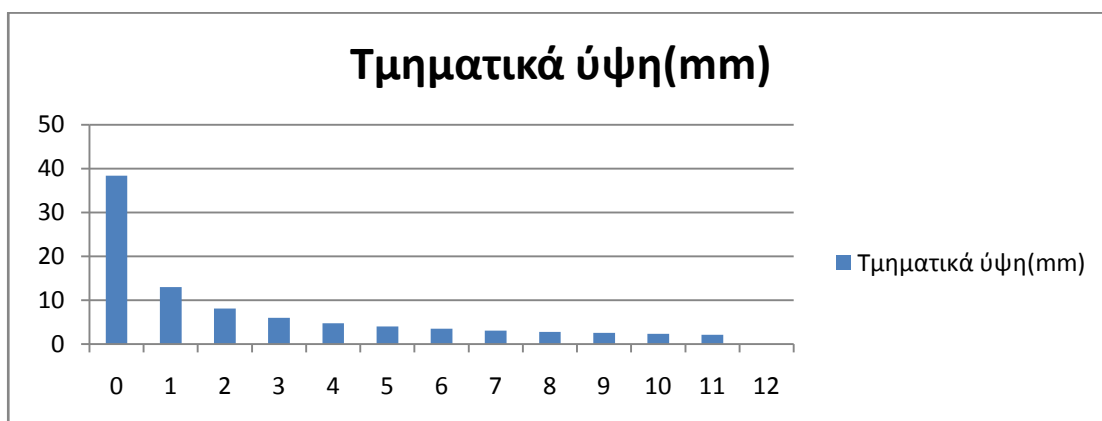
[20][28]

10.1.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών

Πίνακας 5: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση του δείκτη ϕ και της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	ϕ	$h*\phi$ (mm)	Τμηματικά ύψη(mm)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)
0	0	0	-	0	0	38.40959	0	0	0	0	0
1	51.5681	51.6	0.745	38.4	38.410	13.00234	2.3178034	2.318	0.000	0.00000	2.318
2	32.1405	64.3	0.800	51.4	13.002	8.068958	2.7680291	5.086	0.000	0.00000	2.768
3	23.9953	72.0	0.826	59.5	8.069	5.961231	3.476572	8.562	0.000	0.00000	3.477
4	19.4092	77.6	0.843	65.4	5.961	4.777266	4.7772656	13.340	0.000	0.00000	4.777
5	16.4308	82.2	0.855	70.2	4.777	4.013221	8.0689584	21.409	0.618	0.61845	7.451
6	14.3244	85.9	0.864	74.2	4.013	3.476572	38.409594	59.818	19.163	18.54494	19.865
7	12.7474	89.2	0.871	77.7	3.477	3.077427	13.002338	72.821	28.375	9.21210	3.790
8	11.5177	92.1	0.877	80.8	3.077	2.768029	8.0689584	80.890	34.486	6.11052	1.958
9	10.529	94.8	0.882	83.6	2.768	2.520589	5.9612306	86.851	39.154	4.66833	1.293
10	9.71481	97.1	0.886	86.1	2.521	2.317803	4.0132212	90.864	42.361	3.20671	0.807
11	9.03134	99.3	0.890	88.4	2.318	2.148318	3.0774272	93.941	44.852	2.49054	0.587
12	8.44854	101.4	0.893	90.5	2.148	0	2.5205889	96.462	46.911	2.05892	0.462

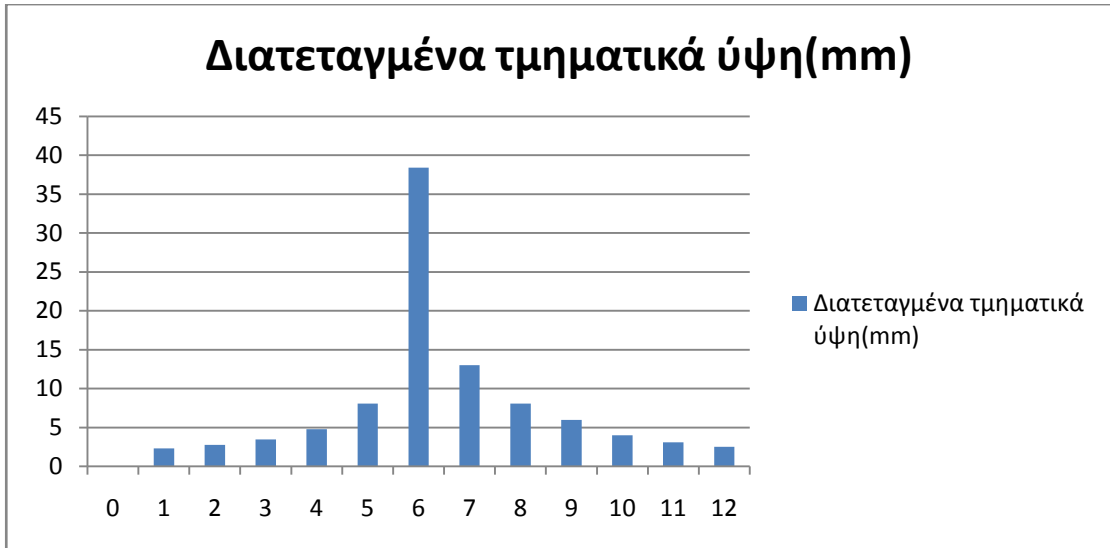
Ακολουθούν διαγράμματα προερχόμενα από τα δεδομένα των στηλών του πίνακα 5



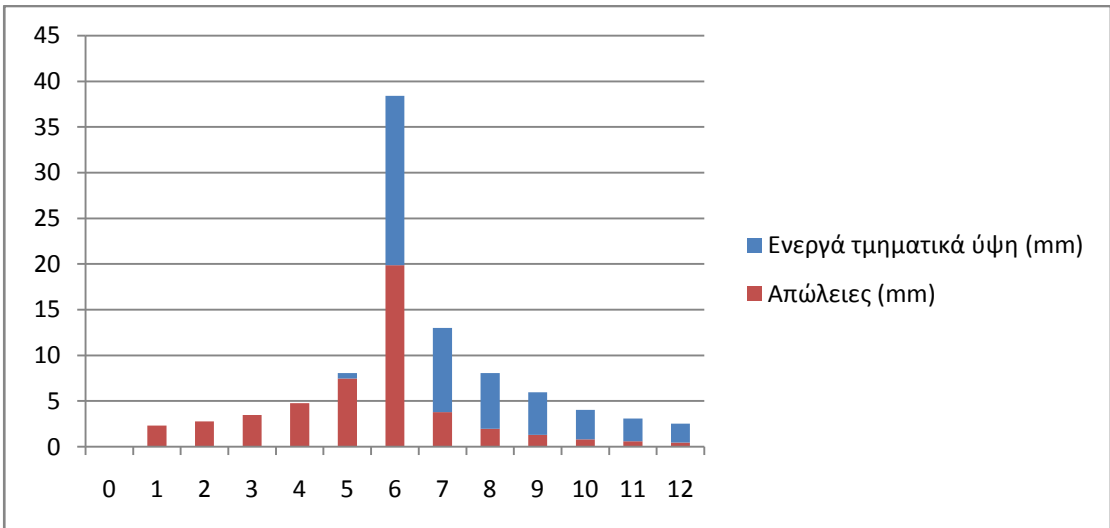
Γράφημα 8: Τμηματικά ύψη βροχής περιόδου επαναφοράς 100 ετών



Γράφημα 9: Αθροιστικό Υετόγραμμα βροχής περιόδου επαναφοράς 100 ετών



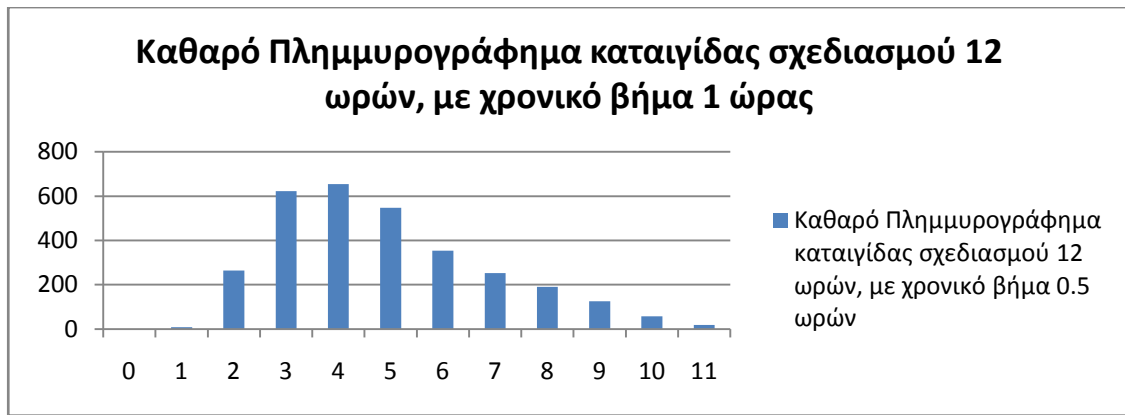
Γράφημα 10: Αθροιστικό Υετόγραμμα βροχής περιόδου επαναφοράς 100 ετών



Γράφημα 11: Ενεργά ύψη και απώλειες βροχής περιόδου επαναφοράς 100 ετών



Γράφημα 12: Καθαρό πλημμυρογράφημα καταγίδας σχεδιασμού 100 ετών



Γράφημα 13: Καθαρό πλημμυρογράφημα καταιγίδας σχεδιασμού 100 ετών

Πίνακας 6: Υπολογισμοί πλημμυρογραφήματος 100 ετών

Καθαρό Πλημμυρογράφημα καταιγίδας σχεδιασμού 12 ωρών, με χρονικό βήμα 1 ώρας										
Βήμα	1	2	3	4	5	6	7	8	Q	t(hr)
0	0								0	0
1	8.24808	0							8.2481	1
2	16.2791	247.3277	0						263.61	2
3	10.85274	488.1467	122.8587	0					621.86	3
4	5.426368	325.4311	242.4843	81.49398	0				654.84	4
5	0	162.7156	161.6562	160.8434	62.2599	0			547.48	5
6		0	80.82811	107.2289	122.8814	42.76685	0		353.71	6
7			0	53.61446	81.92092	84.40826	33.2155	0	253.16	7
8				0	40.96046	56.27217	65.5569	27.45909	190.25	8
9					0	28.13609	43.7046	54.19557	126.04	9
10						0	21.8523	36.13038	57.983	10
11							0	18.06519	18.065	11
12								0	0	12

Προσθήκη βασικής ροής

Θεωρώ βασική ροή $Q=3.500.000.000\text{m}^3/\text{έτος}/(365\text{ημέρες}/86400\text{sec})=110.9843\text{ m}^3/\text{s}$

Πίνακας 7: Προσθήκη βασικής ροής στο πλημμυρογράφημα 100 ετών

t(hr)	Q (m3/s)
0	110.9843
1	119.2324
2	374.591
3	732.8424
4	765.8201
5	658.4593
6	464.6895

Βασική ροή

7	364.1434
8	301.2329
9	237.0205
10	168.9669
11	129.0495
12	110.9843
M.O.	349.0782

Βασική ροή

Ο **M.O.** εισάγεται, ως σταθερή παροχή εισόδου, στη θέση των Τεμπών

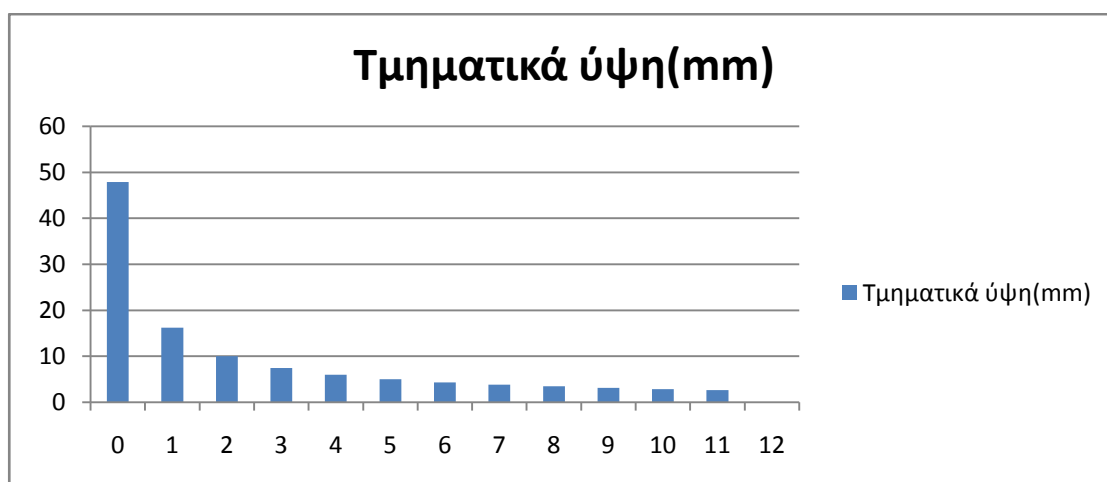
[20][28]

10.1.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών

Πίνακας 8: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση του δείκτη ϕ και της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	ϕ	$h*\phi$ (mm)	Τμηματικά ύψη(mm)	Αόξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)
0	0	0	-	0	0	47.86621	0	0	0	0	0
1	64.26	64.3	0.745	47.9	47.866	16.20357	2.8884569	2.888	0.000	0.00000	2.888
2	40.05	80.1	0.800	64.1	16.204	10.05557	3.4495302	6.338	0.000	0.00000	3.450
3	29.9	89.7	0.826	74.1	10.056	7.428912	4.3325194	10.671	0.000	0.00000	4.333
4	24.19	96.8	0.843	81.6	7.429	5.95345	5.9534496	16.624	0.043	0.04280	5.911
5	20.48	102.4	0.855	87.5	5.953	5.001294	10.055572	26.680	1.903	1.86028	8.195
6	17.85	107.1	0.864	92.5	5.001	4.332519	47.866206	74.546	29.660	27.75666	20.110
7	15.89	111.2	0.871	96.8	4.333	3.835103	16.203572	90.749	42.269	12.60905	3.595
8	14.35	114.8	0.877	100.7	3.835	3.44953	10.055572	100.805	50.495	8.22663	1.829
9	13.12	118.1	0.882	104.1	3.450	3.141169	7.428912	108.234	56.727	6.23189	1.197
10	12.11	121.1	0.886	107.3	3.141	2.888457	5.0012941	113.235	60.986	4.25874	0.743
11	11.25	123.8	0.890	110.2	2.888	2.677243	3.8351035	117.070	64.283	3.29674	0.538
12	10.53	126.3	0.893	112.8	2.677	0	3.1411691	120.211	67.002	2.71884	0.422

Ακολουθούν διαγράμματα προερχόμενα από τα δεδομένα των στηλών του πίνακα 5



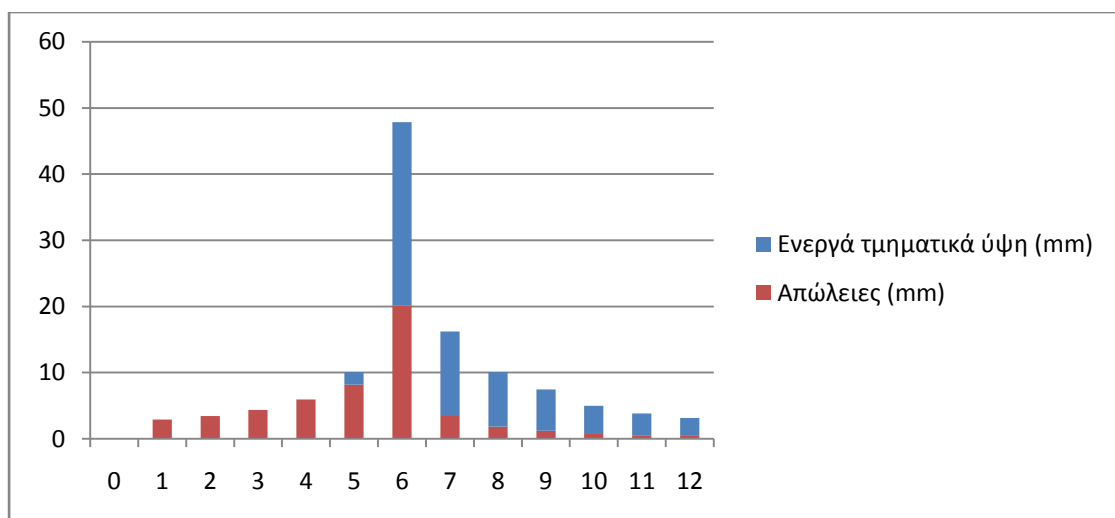
Γράφημα 14: Τμηματικά ύψη βροχής περιόδου επαναφοράς 500 ετών



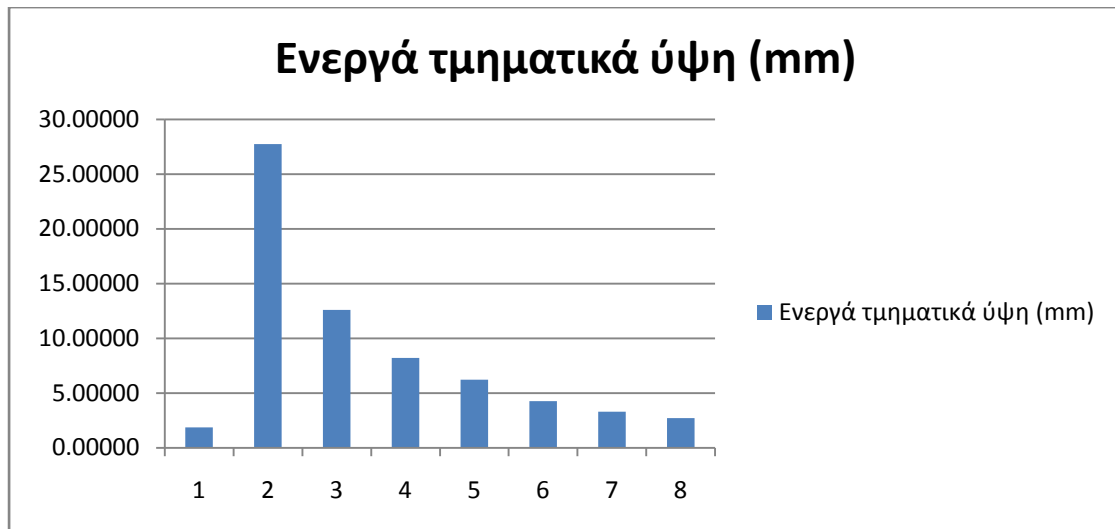
Γράφημα 15: Αθροιστικό Υετόγραμμα βροχής περιόδου επαναφοράς 500 ετών



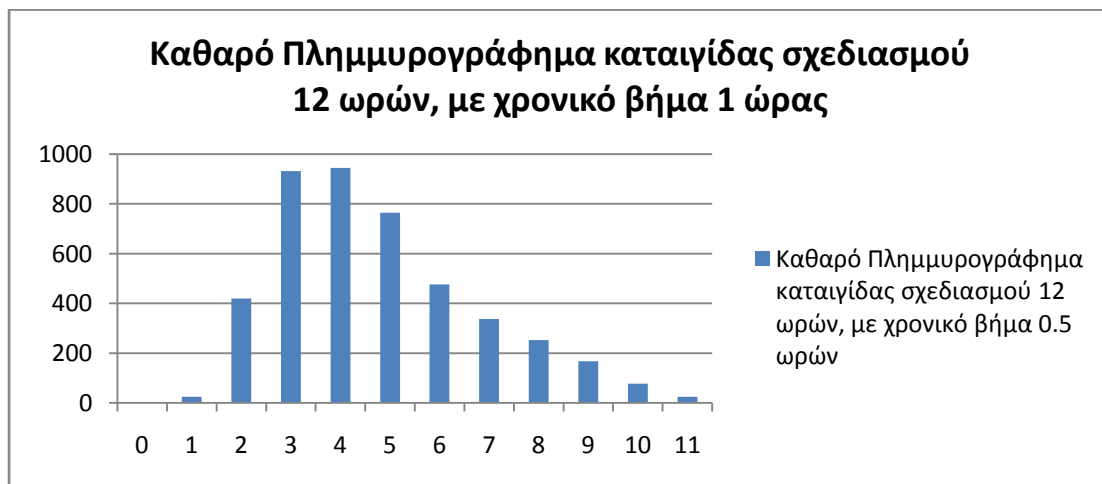
Γράφημα 16: Αθροιστικό Υετόγραμμα βροχής περιόδου επαναφοράς 500 ετών



Γράφημα 17: Ενεργά ύψη και απώλειες βροχής περιόδου επαναφοράς 500 ετών



Γράφημα 18: Καθαρό πλημμυρογράφημα καταιγίδας σχεδιασμού 500 ετών



Γράφημα 19: Καθαρό πλημμυρογράφημα καταιγίδας σχεδιασμού 500 ετών

Πίνακας 9: Υπολογισμοί πλημμυρογραφήματος 500 ετών

Καθαρό Πλημμυρογράφημα καταιγίδας σχεδιασμού 12 ωρών, με χρονικό βήμα 1 ώρας										
Βήμα	1	2	3	4	5	6	7	8	Q	t(hr)
0	0								0	0
1	24.80989	0							24.809892	1
2	48.96689	370.1812	0						419.1481	2
3	32.6446	730.6208	168.1626	0					931.42799	3
4	16.3223	487.0805	331.8999	109.7158	0				945.0185	4
5	0	243.5403	221.2666	216.5444	83.11265	0			764.46385	5
6		0	110.6333	144.3629	164.0381	56.79739	0		475.83171	6
7			0	72.18145	109.3588	112.1001	43.96754	0	337.60786	7
8				0	54.67938	74.73341	86.77804	36.26025	252.45108	8
9					0	37.3667	57.85203	71.56629	166.78502	9

10						0	28.92601	47.71086	76.636875	10
11							0	23.85543	23.855431	11
12								0	0	12

Προσθήκη βασικής ροής

Θεωρώ βασική ροή $Q=3.500.000.000\text{m}^3/\text{έτος}/(365\text{ημέρες}/86400\text{sec})=110.9843\text{ m}^3/\text{s}$

Πίνακας 10: Προσθήκη βασικής ροής στο πλημμυρογράφημα 500 ετών

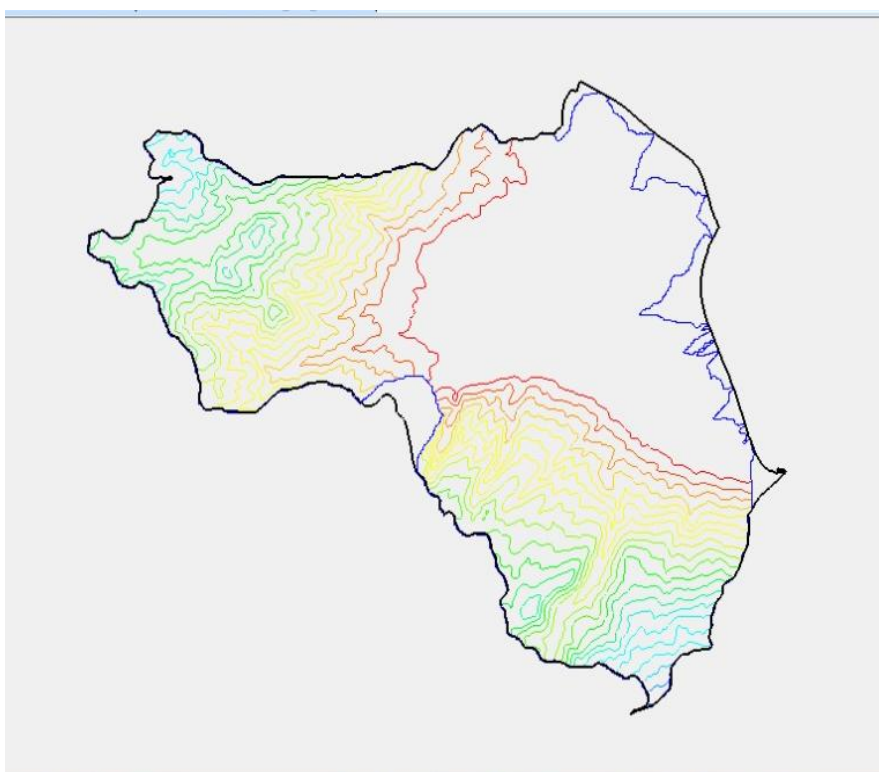
t(hr)	Q (m3/s)	
0	110.9843	Βασική ροή
1	135.7942	
2	530.1324	
3	1042.412	
4	1056.003	
5	875.4481	
6	586.816	
7	448.5921	
8	363.4354	
9	277.7693	
10	187.6211	
11	134.8397	
12	110.9843	Βασική ροή
M.O.	450.8332	

Ο **M.O.** εισάγεται, ως σταθερή παροχή εισόδου, στη θέση των **Τεμπών**

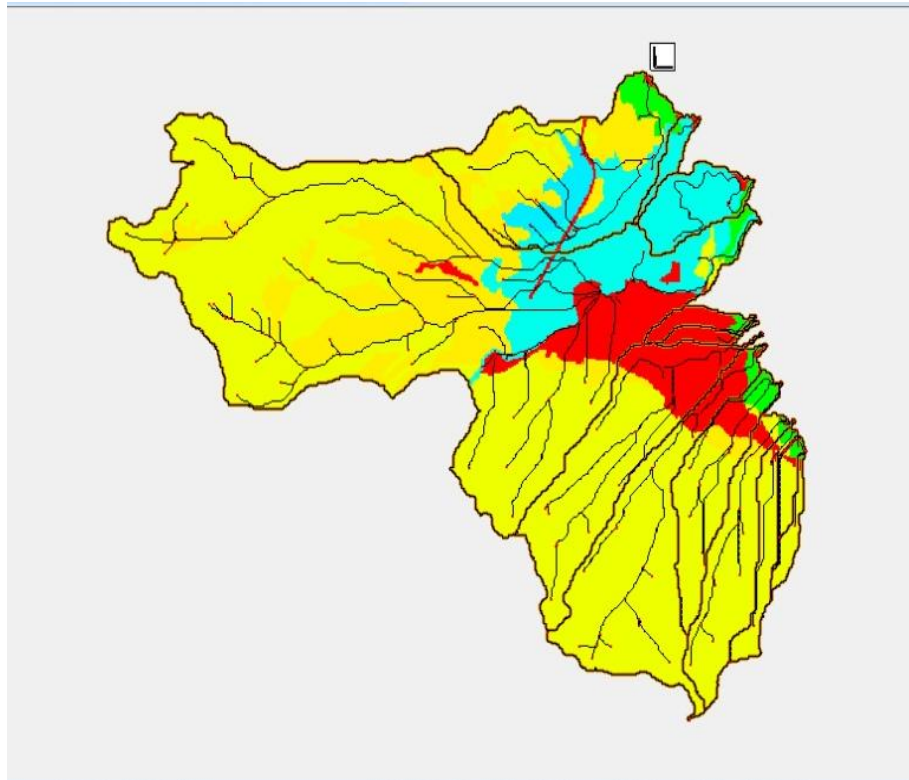
[20][28]

10.2. Εισαγωγή δεδομένων στο GSSHA

Το μοντέλο GSSHA υπολογίζει τα ποτάμια της λεκάνης, με την βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Έτσι δημιουργεί, αυτόματα, υδροκρίτες και αντίστοιχες υπολεκάνες, συνολικά 13 στον αριθμό. Δεδομένου του χειροκίνητα δημιουργημένου ψηφιακού μοντέλου εδάφους, δεν αποτυπώνονται επακριβώς τα όρια της λεκάνης, όπως στο προηγούμενο μοντέλο. Στην εικόνα 33 παρουσιάζεται ο νέος υδροκρίτης της λεκάνης του Δέλτα, όπως αυτόματα υπολογίστηκε βάσει του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Στην εικόνα 34 παρουσιάζονται οι ομάδες συντελεστών τραχύτητας, με απόδοση των κοινών τιμών με αυτών του μοντέλου HecRas και με ίδιο τρόπο εισαγωγής τους. Άλλωστε το περιβάλλον εισαγωγής τους παραμένει κοινό και κοινό και είναι αυτό του λογισμικού WMS. Ακολουθεί ο υπολογισμός των υδρολογικών δεδομένων. Για να μην αγνοηθεί η βασική ροή, η μείωση λόγω δείκτη φ, παραλείπεται σκόπιμα και η περίμετρος της λεκάνης φορτίζεται, ομοιόμορφα, με τις υπολογιζόμενες εντάσεις, σταθερής, βροχόπτωσης και την αντίστοιχη διάρκειά της, με ανάλογο τρόπο υπολογισμού όπως και για το μοντέλο HecRas. Ακολουθείται, δηλαδή, η μέθοδος των τμηματικών υψών και η μέθοδος απωλειών SCS για τις αντίστοιχες περιόδους σχεδιασμού. Εδώ όμως δεν εισάγεται πλημμυρογράφημα, αν και το μοντέλο παρέχει την δυνατότητα εισαγωγής πλημμυρογραφήματος.



Εικόνα 33: Περιβάλλον λογισμικού WMS, με παλιό και νέο υδροκρίτη, όπως αυτός σχεδιάστηκε χειροκίνητα και αυτόματα από το μοντέλο αντίστοιχα.



Εικόνα 34: Εισαγωγή, στο WMS, των ομαδοποιημένων χρήσεων γης με τις αποδοθείσες τιμές κοινών συντελεστών τραχύτητας.

10.2.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών

Πίνακας 11: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	Τμηματικά ύψη(mm)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα(mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)
0	0	0	0	33.1	0	0	0	0	0
1	33.08	33.1	33.078	8.15	1.40903	1.409	0.000	0.00000	1.409
2	20.62	41.2	8.155	4.94	1.68004	3.089	0.000	0.00000	1.680
3	15.39	46.2	4.942	3.62	2.10751	5.197	0.000	0.00000	2.108
4	12.45	49.8	3.625	2.9	2.89759	8.094	0.000	0.00000	2.898
5	10.54	52.7	2.898	2.43	4.94212	13.036	0.000	0.00000	4.942
6	9.188	55.1	2.433	2.11	33.0777	46.114	10.625	10.62491	22.453
7	8.177	57.2	2.108	1.87	8.15453	54.268	15.534	4.90886	3.246
8	7.388	59.1	1.867	1.68	4.94212	59.211	18.756	3.22226	1.720
9	6.754	60.8	1.680	1.53	3.62481	62.835	21.220	2.46359	1.161
10	6.231	62.3	1.531	1.41	2.43251	65.268	22.916	1.69605	0.736
11	5.793	63.7	1.409	1.31	1.86651	67.134	24.239	1.32308	0.543
12	5.419	65.0	1.307	0	1.53106	68.665	25.337	1.09862	0.432
							M.O.	3.61962	για 420 min

10.2.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών

Πίνακας 12: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	Τμηματικά ύψη(m m)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα(mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)	
0	0	0	0	51.6	0	0	0	0	0	
1	51.57	51.6	#####	12.7	2.19668	2.197	0.000	0.00000	2.197	
2	32.14	64.3	#####	7.7	2.61918	4.816	0.000	0.00000	2.619	
3	24	72.0	7.705	5.65	3.28561	8.101	0.000	0.00000	3.286	
4	19.41	77.6	5.651	4.52	4.51735	12.619	0.000	0.00000	4.517	
5	16.43	82.2	4.517	3.79	7.70476	20.324	0.434	0.43385	7.271	
6	14.32	85.9	3.792	3.29	51.5681	71.892	27.689	27.25555	24.313	
7	12.75	89.2	3.286	2.91	12.7129	84.605	37.381	9.69197	3.021	
8	11.52	92.1	2.910	2.62	7.70476	92.309	43.528	6.14614	1.559	
9	10.53	94.8	2.619	2.39	5.65108	97.960	48.142	4.61470	1.036	
10	9.715	97.1	2.387	2.2	3.79228	101.753	51.284	3.14155	0.651	
11	9.031	99.3	2.197	2.04	2.90989	104.663	53.717	2.43293	0.477	
12	8.449	#####	2.038	0	2.38692	107.050	55.726	2.00931	0.378	
								M.O.	6.96575	για 480 min

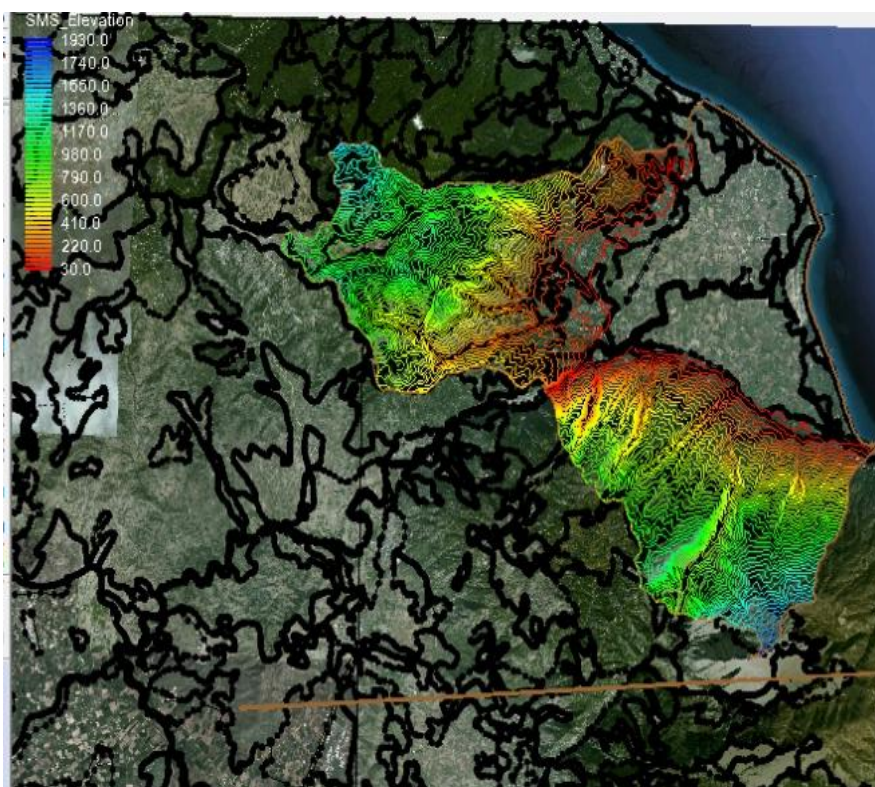
10.2.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών

Πίνακας 13: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	Τμηματικά ύψη(m m)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα(mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)	
0	0	0	0	64.3	0	0	0	0	0	
1	64.26	64.3	#####	15.8	2.73752	2.738	0.000	0.00000	2.738	
2	40.05	80.1	#####	9.6	3.26403	6.002	0.000	0.00000	3.264	
3	29.9	89.7	9.602	7.04	4.09454	10.096	0.000	0.00000	4.095	
4	24.19	96.8	7.042	5.63	5.62954	15.726	0.009	0.00867	5.621	
5	20.48	#####	5.630	4.73	9.6017	25.327	1.517	1.50786	8.094	
6	17.85	#####	4.726	4.09	64.2644	89.592	41.339	39.82272	24.442	
7	15.89	#####	4.095	3.63	15.8429	105.435	54.365	13.02600	2.817	
8	14.35	#####	3.626	3.26	9.6017	115.036	62.531	8.16594	1.436	
9	13.12	#####	3.264	2.97	7.0424	122.079	68.625	6.09424	0.948	
10	12.11	#####	2.975	2.74	4.72596	126.805	72.759	4.13326	0.593	
11	11.25	#####	2.738	2.54	3.62632	130.431	75.952	3.19318	0.433	
12	10.53	#####	2.539	0	2.97459	133.406	78.584	2.63244	0.342	
								M.O.	8.73159	για 540 min

10.3. Εισαγωγή δεδομένων στο Tuflow

Το μοντέλο Tuflow χρειάζεται ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους για τον υπολογισμό της πλημμυρικής απορροής. Στο περιβάλλον του λογισμικού SMS εισάγονται, αντίστοιχα όπως με το WMS, τα shapefiles CORINE 2000, Αγιάς και Λάρισας, για την απόδοση τιμών συντελεστών τραχύτητας. Στην εικόνα 35 φαίνονται τα shapefiles CORINE 2000 της Αγιάς και της Λάρισας σε επίθεση με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και τον ενοποιημένο χάρτη της GoogleEarth. Ακολούθως υπολογίζονται τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης για τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους σχεδιασμού. Για να μην αγνοηθεί η βασική ροή, η μείωση λόγω δείκτη φ, παραλείπεται σκόπιμα και η περίμετρος της λεκάνης φορτίζεται, ομοιόμορφα, με τις υπολογιζόμενες εντάσεις βροχόπτωσης και την αντίστοιχη διάρκειά της. Στην περίπτωση του μοντέλου Tuflow επιλέγεται η επιφανειακή φόρτιση με το αντίστοιχο υετογράφημα σχεδιασμού και όχι την μέση τιμή της βροχόπτωσης, όπως εισήχθηκε, προηγουμένως στο μοντέλο GSSHA του WMS.



Εικόνα 35: Περιβάλλον λογισμικού SMS, με εισηγμένη τη γεωαναφερμένη εικόνα της GoogleEarth, εισηγμένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους και των shapefiles CORINE 2000, της Αγιάς και της Λάρισας

10.3.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών

Πίνακας 14: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	Τμηματικά ύψη(mm)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)
0	0	0	0	33.1	0	0	0	0	0
1	33.08	33.1	33.078	8.15	1.40903	1.409	0.000	0.00000	1.409
2	20.62	41.2	8.155	4.94	1.68004	3.089	0.000	0.00000	1.680
3	15.39	46.2	4.942	3.62	2.10751	5.197	0.000	0.00000	2.108
4	12.45	49.8	3.625	2.9	2.89759	8.094	0.000	0.00000	2.898
5	10.54	52.7	2.898	2.43	4.94212	13.036	0.000	0.00000	4.942
6	9.188	55.1	2.433	2.11	33.0777	46.114	10.625	10.62491	22.453
7	8.177	57.2	2.108	1.87	8.15453	54.268	15.534	4.90886	3.246
8	7.388	59.1	1.867	1.68	4.94212	59.211	18.756	3.22226	1.720
9	6.754	60.8	1.680	1.53	3.62481	62.835	21.220	2.46359	1.161
10	6.231	62.3	1.531	1.41	2.43251	65.268	22.916	1.69605	0.736
11	5.793	63.7	1.409	1.31	1.86651	67.134	24.239	1.32308	0.543
12	5.419	65.0	1.307	0	1.53106	68.665	25.337	1.09862	0.432

για 420 min

10.3.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών

Πίνακας 15: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	Τμηματικά ύψη(m)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)
0	0	0	0	51.6	0	0	0	0	0
1	51.57	51.6	#####	12.7	2.19668	2.197	0.000	0.00000	2.197
2	32.14	64.3	#####	7.7	2.61918	4.816	0.000	0.00000	2.619
3	24	72.0	7.705	5.65	3.28561	8.101	0.000	0.00000	3.286
4	19.41	77.6	5.651	4.52	4.51735	12.619	0.000	0.00000	4.517
5	16.43	82.2	4.517	3.79	7.70476	20.324	0.434	0.43385	7.271
6	14.32	85.9	3.792	3.29	51.5681	71.892	27.689	27.25555	24.313
7	12.75	89.2	3.286	2.91	12.7129	84.605	37.381	9.69197	3.021
8	11.52	92.1	2.910	2.62	7.70476	92.309	43.528	6.14614	1.559
9	10.53	94.8	2.619	2.39	5.65108	97.960	48.142	4.61470	1.036
10	9.715	97.1	2.387	2.2	3.79228	101.753	51.284	3.14155	0.651
11	9.031	99.3	2.197	2.04	2.90989	104.663	53.717	2.43293	0.477
12	8.449	#####	2.038	0	2.38692	107.050	55.726	2.00931	0.378

για 480 min

10.3.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών

Πίνακας 16: Υπολογισμός ενεργών τμημάτων βροχής, με επίδραση της μεθόδου απωλειών SCS

Διάρκεια (hr)	i (mm/hr)	h (mm)	Τμηματικά ύψη(m m)	Αύξουσα σειρά τμηματικών υψών	Διατεταγμένα τμηματικά ύψη(mm)	Αθροιστικό Υετόγραμμα (mm)	Ενεργό Αθροιστικό Υετόγραμμα(mm)	Ενεργά τμηματικά ύψη (mm)	Απώλειες (mm)
0	0	0	0	64.3	0	0	0	0	0
1	64.26	64.3	#####	15.8	2.73752	2.738	0.000	0.00000	2.738
2	40.05	80.1	#####	9.6	3.26403	6.002	0.000	0.00000	3.264
3	29.9	89.7	9.602	7.04	4.09454	10.096	0.000	0.00000	4.095
4	24.19	96.8	7.042	5.63	5.62954	15.726	0.009	0.00867	5.621
5	20.48	#####	5.630	4.73	9.6017	25.327	1.517	1.50786	8.094
6	17.85	#####	4.726	4.09	64.2644	89.592	41.339	39.82272	24.442
7	15.89	#####	4.095	3.63	15.8429	105.435	54.365	13.02600	2.817
8	14.35	#####	3.626	3.26	9.6017	115.036	62.531	8.16594	1.436
9	13.12	#####	3.264	2.97	7.0424	122.079	68.625	6.09424	0.948
10	12.11	#####	2.975	2.74	4.72596	126.805	72.759	4.13326	0.593
11	11.25	#####	2.738	2.54	3.62632	130.431	75.952	3.19318	0.433
12	10.53	#####	2.539	0	2.97459	133.406	78.584	2.63244	0.342

για 540 min

[19][20][28]

Συνοπτικά

Στα μοντέλα που αναφέρθηκαν, εισήχθησαν, αντίστοιχα, παροχές εισόδου (Hec-Ras), σταθερή βροχόπτωση δεδομένης διάρκειας (WSSHA) και υετογράμματα δεδομένης διάρκειας (Tuflow), για τις περιόδους επαναφοράς δέκα (10), εκατό (100), και πεντακοσίων (500) ετών.

11 Εξαγωγή αποτελεσμάτων ανά μοντέλο

11.1. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από το Hec-Ras

Στις ακόλουθες εικόνες 36, 37 και 38 παρουσιάζονται οι εκτάσεις των πλημμυρικών πεδίων με έγχρωμες στάθμες-βάθη πλημμύρας, τα οποία επισημαίνονται στο υπόμνημα του χάρτη. Αφορούν αντίστοιχα τις τρεις περιόδους σχεδιασμού και προβάλλονται δισδιάστατα στον χάρτη της GoogleEarth. Στους πίνακες 12, 13 και 14 παρουσιάζονται υδρολογικά δεδομένα χαρακτηριστικών θέσεων στις θέσεις των εγκάρσιων τομών κατά μήκος του ποταμού. Τα δεδομένα αυτά δίνουν πληροφορίες παροχής, κλίσης, σταθμών-βαθών πλημμύρας, ταχυτήτων ροής και αριθμού Froude.

11.1.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών

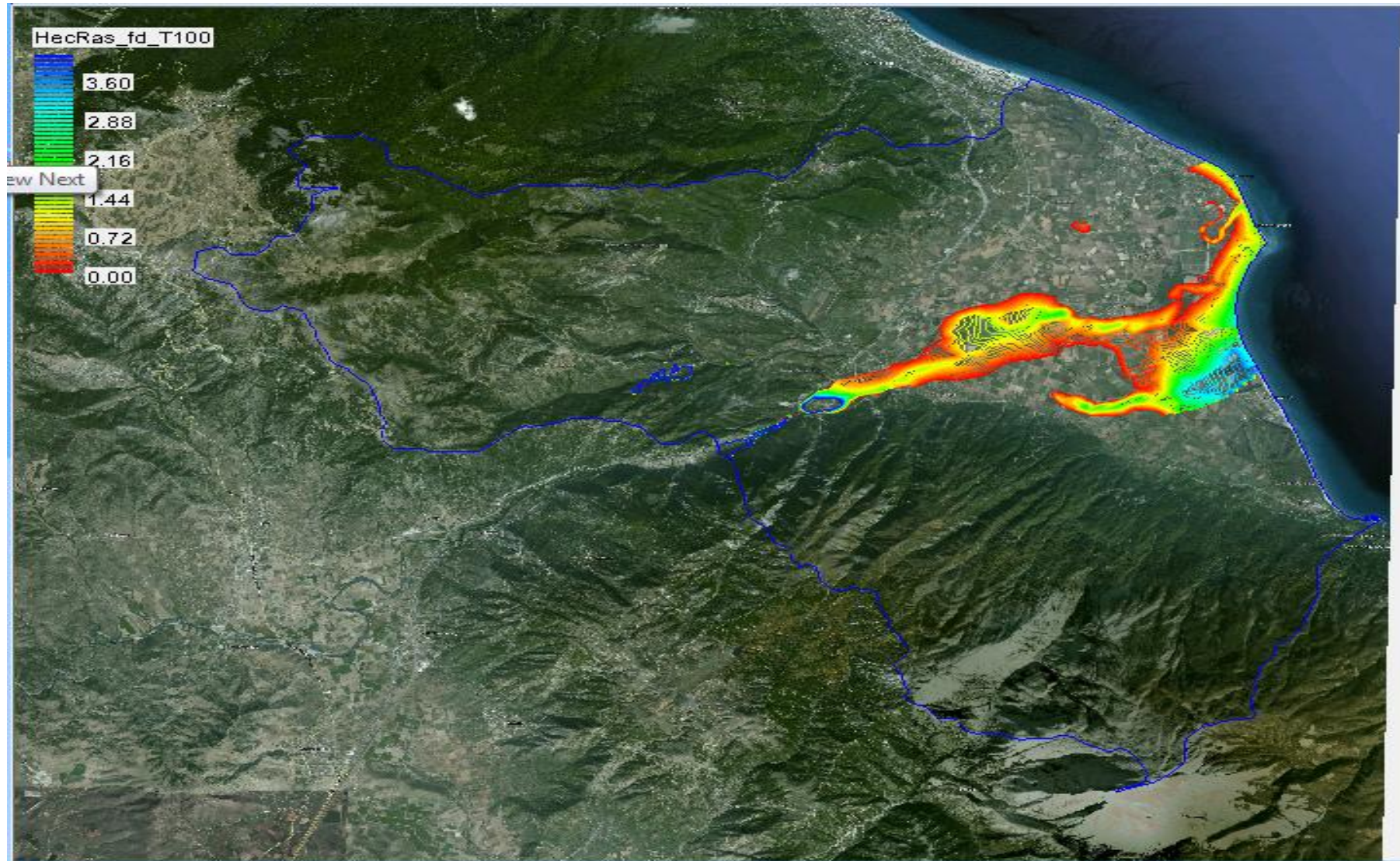


Εικόνα 36: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 10 ετών

Πίνακας 17: Χαρακτηριστικές θέσεις με στοιχεία παροχής, κλίσης, σταθμών, ταχυτήτων ροής και αριθμού Froude

	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	15935.95	PF 1	224.03	312.36	305.53	305.53	305.97	0.109412		75.71	87.61	0
2	15727.61	PF 1	224.03	26.86	32.2	28.61	32.22	0.000044	0.63	401.32	105.5	0.09
3	15511.35	PF 1	224.03	25.25	32.19		32.21	0.000026	0.56	471.77	109.74	0.07
4	15310.46	PF 1	224.03	25.86	32.19		32.2	0.000031	0.54	447.56	106.5	0.08
5	14988.29	PF 1	224.03	23.95	32.18		32.19	0.000017	0.49	576.45	115.32	0.06
6	14644.94	PF 1	224.03	24.04	32.16		32.18	0.000036	0.65	363.44	74.89	0.09
7	14461.02	PF 1	224.03	24.92	32.12		32.17	0.000138	0.98	233.39	64.89	0.16
8	14302.49	PF 1	224.03	27.75	31.96		32.11	0.001666	2.2	151.81	48.84	0.48
9	13986.64	PF 1	224.03	29.83	30.55	30.55	30.86	0.017583	2.83	93.41	165.3	1.26
10	13604.33	PF 1	224.03	14.53	11.29	11.29	11.57	0.019419		95.87	174.48	0
11	13407.9	PF 1	224.03	12.31	10.87	10.24	10.88	0.000543		416.24	468.51	0
12	13133.82	PF 1	224.03	9.58	10.81		10.82	0.0001	0.25	640.79	548.47	0.1
13	12471.37	PF 1	224.03	9.18	10.71		10.72	0.000292	0.46	532.44	575.74	0.17
14	12109.44	PF 1	224.03	9.52	10.53		10.55	0.000849	0.62	383.18	552.32	0.28
15	11793.64	PF 1	224.03	8.81	10.29		10.31	0.000633	1.01	380.51	574.44	0.28
16	11506.74	PF 1	224.03	9.2	9.91		9.98	0.003017	1.44	226.8	523.8	0.55
17	11291.14	PF 1	224.03	8.48	9.6		9.63	0.000945	1.05	298.66	535.88	0.33
18	10912.26	PF 1	224.03	8.21	9.2		9.24	0.001151	1.05	321.94	593.16	0.35
19	10528	PF 1	224.03	7.84	8.78		8.8	0.001081	0.83	395.28	855.59	0.31
20	10230.47	PF 1	224.03	7.57	8.51		8.53	0.000804	0.73	448.1	1074.01	0.28
21	9888.513	PF 1	224.03	7.46	8.05		8.07	0.002489	0.77	343.83	1122.74	0.4
22	9601.38	PF 1	224.03	7.03	7.6		7.62	0.001219	0.59	383.8	792.43	0.27
23	9267.396	PF 1	224.03	6.93	7.33		7.34	0.00059	0.31	556.25	1122.83	0.18
24	8837.175	PF 1	224.03	6.83	7.08		7.09	0.000563	0.2	518.07	892.89	0.18
25	8395.274	PF 1	224.03	6.05	6.97		6.98	0.000145	0.3	905.09	1289.03	0.12
26	8176.412	PF 1	224.03	5.99	6.89		6.92	0.00078	0.71	327.68	413.96	0.27
27	7948.979	PF 1	224.03	6.07	6.78		6.79	0.000428	0.42	450.59	612.44	0.18
28	7462.057	PF 1	224.03	5.49	6.67		6.67	0.000152	0.37	834.15	1214.32	0.12
29	7261.517	PF 1	224.03	5.58	6.62		6.63	0.000273	0.46	662.75	1018.84	0.16
30	6988.886	PF 1	224.03	5.54	6.57		6.57	0.000183	0.41	864.68	1416.95	0.14
31	6815.573	PF 1	224.03	5.31	6.53		6.54	0.000198	0.51	706.45	974.79	0.15
32	6463.334	PF 1	224.03	5.21	6.48		6.48	0.000136	0.37	804.56	1050.54	0.11
33	6254.684	PF 1	224.03	4.81	6.45		6.45	0.000145	0.44	766.29	1079.54	0.11
34	6043.969	PF 1	224.03	4.46	6.4		6.42	0.000214	0.66	618.28	979.51	0.16
35	5747.937	PF 1	224.03	5.22	6.31		6.32	0.000452	0.63	517.57	875.11	0.21
36	5510.217	PF 1	224.03	4.99	6.14		6.16	0.001117	0.89	352.23	666.64	0.35
37	5117.517	PF 1	224.03	4.64	5.47		5.53	0.002573	1.18	247.11	543.89	0.44
38	4845.35	PF 1	224.03	3.71	5.01		5.06	0.001239	1.08	271.58	474.28	0.34
39	4603.675	PF 1	224.03	3.45	4.77		4.8	0.000864	0.84	380.59	956.96	0.27
40	4318.655	PF 1	224.03	3.68	4.53		4.54	0.000856	0.71	453.96	1036.92	0.25
41	4059.313	PF 1	224.03	3.33	4.1		4.15	0.003356	1.12	294.62	1116.73	0.49
42	3835.204	PF 1	224.03	3.26	3.88		3.89	0.000494	0.39	574.96	1085.52	0.19
43	3524.59	PF 1	224.03	2.65	3.27	3.27	3.42	0.017297	1.81	157.59	577.94	0.97
44	3077.698	PF 1	224.03	2.51	2.43	1.95	2.45	0.000323		354.68	601.03	0
45	2644.084	PF 1	224.03	1.99	2.08		2.17	0.001887	0.13	174.39	421.34	0.2
46	2221.513	PF 1	224.03	1.81	2.06		2.06	0.000059	0.09	671.44	983.9	0.08
47	2015.68	PF 1	224.03	1.55	2.03		2.05	0.00017	0.22	473.4	837.01	0.14
48	1591.813	PF 1	224.03	1.3	1.89		1.92	0.000661	0.67	289.47	669.07	0.34
49	1293.581	PF 1	224.03	0.99	1.65		1.68	0.000669	0.64	276.26	581.39	0.32
50	1009.178	PF 1	224.03	0.82	1.46		1.49	0.000714	0.65	283.32	631.65	0.32
51	565.095	PF 1	224.03	0.39	1.38	0.77	1.39	0.0001	0.33	608.6	931.83	0.12

11.1.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών

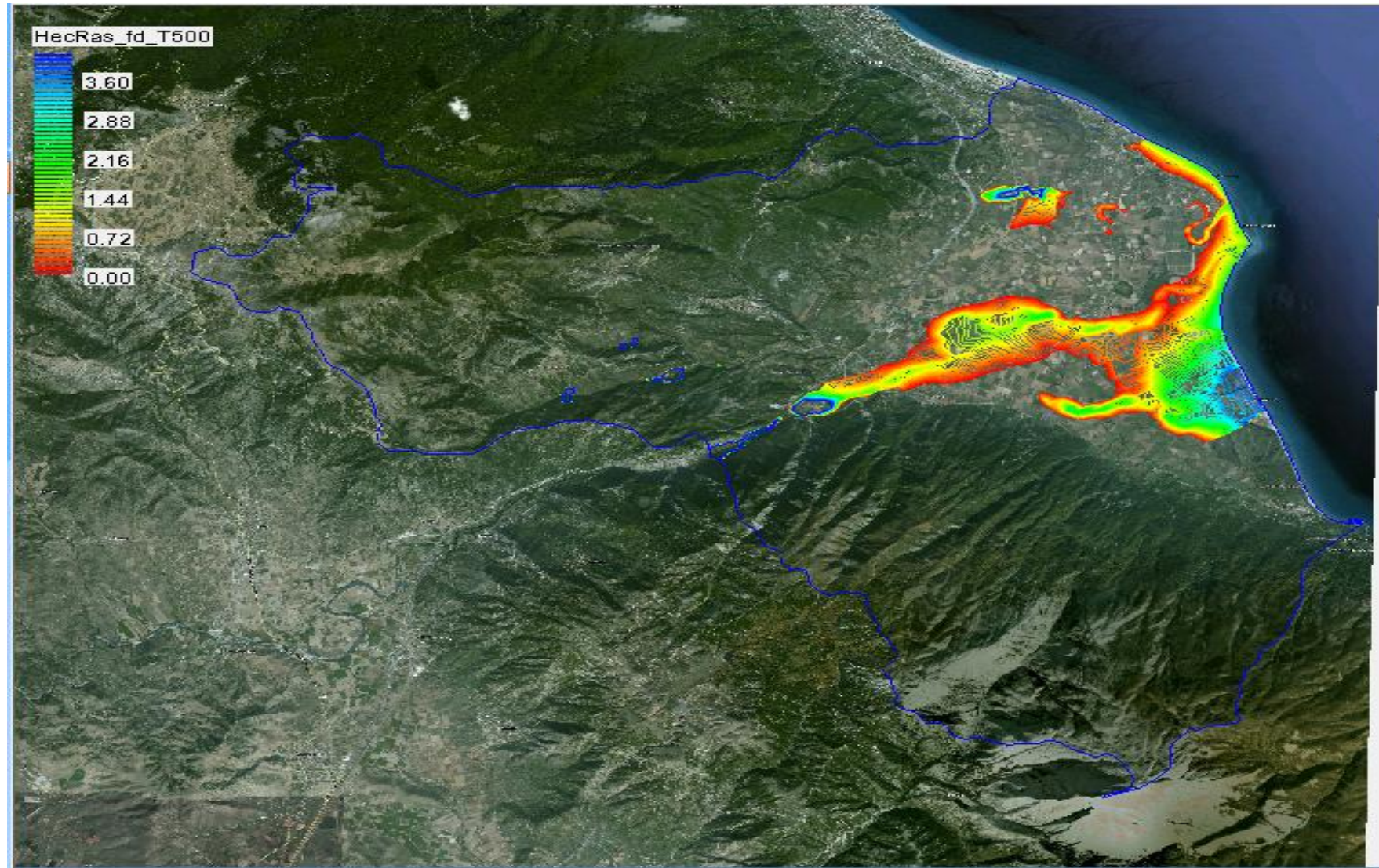


Εικόνα 37: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 100 ετών

Πίνακας 18: Χαρακτηριστικές θέσεις με στοιχεία παροχής, κλίσης, σταθμών, ταχυτήτων ροής και αριθμού Froude

	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	15935.95	PF 1	349.08	312.36	305.82	305.86	306.4	0.100019		103.78	102.71	0
2	15727.61	PF 1	349.08	26.86	32.89	29	32.92	0.000063	0.83	475.86	109.53	0.11
3	15511.35	PF 1	349.08	25.25	32.89		32.91	0.000041	0.75	548.93	113.54	0.09
4	15310.46	PF 1	349.08	25.86	32.88		32.9	0.000048	0.72	521.55	108.74	0.1
5	14988.29	PF 1	349.08	23.95	32.87		32.89	0.000028	0.68	656.08	117.49	0.08
6	14644.94	PF 1	349.08	24.04	32.83		32.87	0.00006	0.9	414.57	78.15	0.11
7	14461.02	PF 1	349.08	24.92	32.76		32.85	0.000202	1.31	277	71.16	0.19
8	14302.49	PF 1	349.08	27.75	32.49		32.75	0.002484	2.91	178.81	52.85	0.6
9	13986.64	PF 1	349.08	29.83	30.78	30.78	31.16	0.015031	3.34	134	190.62	1.24
10	13604.33	PF 1	349.08	14.53	11.5	11.5	11.85	0.017775		133.29	191.35	0
11	13407.9	PF 1	349.08	12.31	11.14	10.34	11.16	0.000554		544.84	479.63	0
12	13133.82	PF 1	349.08	9.58	11.08		11.09	0.000127	0.32	786.73	564.71	0.11
13	12471.37	PF 1	349.08	9.18	10.94		10.96	0.000341	0.56	670.96	591.32	0.18
14	12109.44	PF 1	349.08	9.52	10.75		10.77	0.000853	0.7	505.19	567.88	0.29
15	11793.64	PF 1	349.08	8.81	10.49		10.53	0.000708	1.17	497.89	588	0.3
16	11506.74	PF 1	349.08	9.2	10.1		10.17	0.002531	1.55	328.67	549.79	0.52
17	11291.14	PF 1	349.08	8.48	9.81		9.85	0.000937	1.19	419.96	599.97	0.34
18	10912.26	PF 1	349.08	8.21	9.39		9.43	0.001278	1.25	441.48	714	0.39
19	10528	PF 1	349.08	7.84	8.93		8.95	0.001104	0.95	530.56	923.84	0.32
20	10230.47	PF 1	349.08	7.57	8.65		8.67	0.000887	0.86	600.64	1163.86	0.3
21	9888.513	PF 1	349.08	7.46	8.18		8.21	0.002194	0.88	504.31	1281.82	0.39
22	9601.38	PF 1	349.08	7.03	7.75		7.78	0.001183	0.7	511.46	839.57	0.28
23	9267.396	PF 1	349.08	6.93	7.52		7.53	0.0005	0.4	774.23	1166.82	0.18
24	8837.175	PF 1	349.08	6.83	7.31		7.33	0.000454	0.36	732.93	943.01	0.19
25	8395.274	PF 1	349.08	6.05	7.22		7.22	0.000138	0.36	1239.93	1417.59	0.12
26	8176.412	PF 1	349.08	5.99	7.13		7.16	0.000857	0.89	430.01	465.61	0.29
27	7948.979	PF 1	349.08	6.07	7		7.02	0.00047	0.54	598.29	696.03	0.2
28	7462.057	PF 1	349.08	5.49	6.89		6.9	0.000152	0.42	1107.48	1214.32	0.12
29	7261.517	PF 1	349.08	5.58	6.85		6.86	0.000258	0.52	893.2	1020.35	0.16
30	6988.886	PF 1	349.08	5.54	6.8		6.8	0.000174	0.47	1214.35	1624.84	0.14
31	6815.573	PF 1	349.08	5.31	6.76		6.77	0.000201	0.58	929.85	974.79	0.16
32	6463.334	PF 1	349.08	5.21	6.7		6.71	0.000149	0.44	1048.37	1087.43	0.12
33	6254.684	PF 1	349.08	4.81	6.67		6.68	0.00016	0.5	1007.34	1079.54	0.12
34	6043.969	PF 1	349.08	4.46	6.62		6.63	0.000265	0.8	861.91	1256.71	0.18
35	5747.937	PF 1	349.08	5.22	6.51		6.53	0.000492	0.75	706.85	1026.49	0.22
36	5510.217	PF 1	349.08	4.99	6.32		6.35	0.0012	1.01	486.04	794.75	0.37
37	5117.517	PF 1	349.08	4.64	5.68		5.74	0.002163	1.28	372.13	666.55	0.42
38	4845.35	PF 1	349.08	3.71	5.19		5.26	0.00148	1.3	369.62	587.92	0.38
39	4603.675	PF 1	349.08	3.45	4.92		4.96	0.000967	0.98	529.87	993.18	0.29
40	4318.655	PF 1	349.08	3.68	4.65		4.67	0.001003	0.85	584.76	1067.56	0.28
41	4059.313	PF 1	349.08	3.33	4.26		4.29	0.002315	1.08	470.07	1165.39	0.42
42	3835.204	PF 1	349.08	3.26	4.05		4.06	0.000498	0.48	763.16	1130.74	0.2
43	3524.59	PF 1	349.08	2.65	3.36	3.36	3.57	0.020502	2.14	216.46	688.29	1.03
44	3077.698	PF 1	349.08	2.51	2.62	2.08	2.65	0.000344	0.03	485.45	796.75	0.04
45	2644.084	PF 1	349.08	1.99	2.27		2.37	0.001608	0.25	272.67	596.24	0.21
46	2221.513	PF 1	349.08	1.81	2.23		2.24	0.000082	0.16	861.2	1180.52	0.1
47	2015.68	PF 1	349.08	1.55	2.2		2.22	0.000192	0.31	644.05	1166.08	0.16
48	1591.813	PF 1	349.08	1.3	2.05		2.09	0.000627	0.79	398.92	733.63	0.34
49	1293.581	PF 1	349.08	0.99	1.82		1.87	0.000607	0.76	385.16	669.71	0.32
50	1009.178	PF 1	349.08	0.82	1.68		1.71	0.000504	0.71	431.7	744.56	0.28
51	565.095	PF 1	349.08	0.39	1.61	0.86	1.62	0.0001	0.39	841.17	1154.51	0.12

11.1.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών



Εικόνα 38: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 500 ετών

Πίνακας 19: Χαρακτηριστικές θέσεις με στοιχεία παροχής, κλίσης, σταθμών, ταχυτήτων ροής και αριθμού Froude

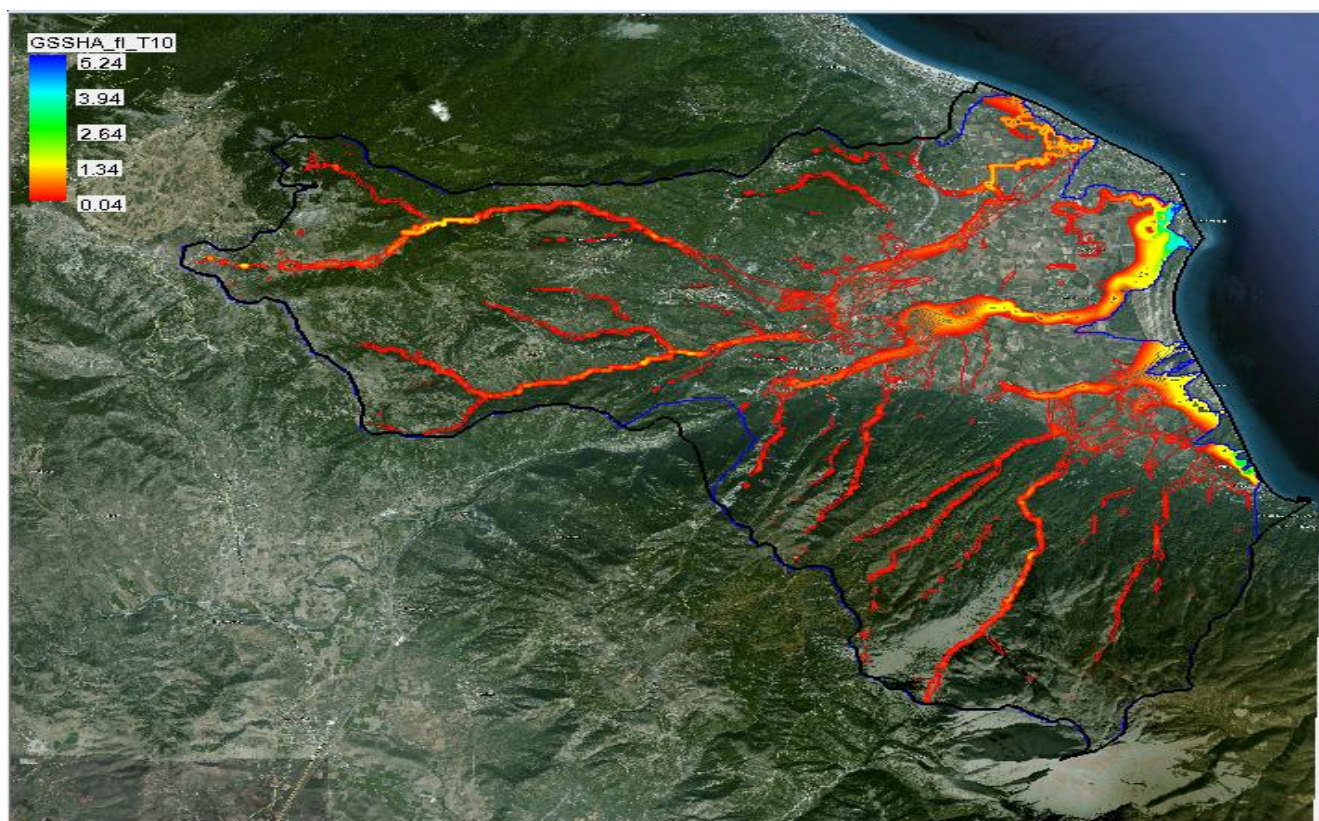
	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	15935.95	PF 1	450.83	312.36	306.01	306.09	306.68	0.100045		123.51	112.11	0
2	15727.61	PF 1	450.83	26.86	33.36	29.26	33.4	0.000077	0.96	528.29	112.49	0.13
3	15511.35	PF 1	450.83	25.25	33.36		33.39	0.000052	0.89	603.39	118.77	0.11
4	15310.46	PF 1	450.83	25.86	33.34		33.38	0.00006	0.85	573	112.15	0.11
5	14988.29	PF 1	450.83	23.95	33.33		33.36	0.000038	0.81	711.09	118.96	0.09
6	14644.94	PF 1	450.83	24.04	33.28		33.34	0.000079	1.07	450.38	80.35	0.13
7	14461.02	PF 1	450.83	24.92	33.19		33.31	0.000247	1.54	308.55	75.37	0.22
8	14302.49	PF 1	450.83	27.75	32.83		33.19	0.003111	3.41	196.96	55.39	0.68
9	13986.64	PF 1	450.83	29.83	30.92	30.92	31.37	0.014197	3.66	162.7	199.49	1.24
10	13604.33	PF 1	450.83	14.53	11.64	11.64	12.04	0.017218		160.58	202.77	0
11	13407.9	PF 1	450.83	12.31	11.32	10.41	11.35	0.000572		633.14	487.11	0
12	13133.82	PF 1	450.83	9.58	11.25		11.27	0.000145	0.36	887.52	575.66	0.12
13	12471.37	PF 1	450.83	9.18	11.1		11.12	0.000371	0.64	766.73	601.68	0.2
14	12109.44	PF 1	450.83	9.52	10.9		10.93	0.00087	0.77	589.8	578.42	0.29
15	11793.64	PF 1	450.83	8.81	10.62		10.67	0.000763	1.29	577.3	597	0.32
16	11506.74	PF 1	450.83	9.2	10.23		10.31	0.002351	1.63	401.49	567.64	0.52
17	11291.14	PF 1	450.83	8.48	9.95		9.99	0.000961	1.28	502.47	626.53	0.35
18	10912.26	PF 1	450.83	8.21	9.5		9.55	0.00135	1.38	531	794.39	0.4
19	10528	PF 1	450.83	7.84	9.03		9.06	0.001147	1.04	625	978.87	0.34
20	10230.47	PF 1	450.83	7.57	8.73		8.75	0.000956	0.95	696.95	1163.86	0.32
21	9888.513	PF 1	450.83	7.46	8.27		8.3	0.002008	0.93	615.41	1332.96	0.38
22	9601.38	PF 1	450.83	7.03	7.87		7.9	0.001126	0.77	612.01	897.84	0.29
23	9267.396	PF 1	450.83	6.93	7.66		7.68	0.00045	0.45	938.92	1200.31	0.18
24	8837.175	PF 1	450.83	6.83	7.47		7.49	0.000417	0.44	884.86	977.14	0.19
25	8395.274	PF 1	450.83	6.05	7.38		7.39	0.000132	0.39	1476.66	1457.08	0.12
26	8176.412	PF 1	450.83	5.99	7.28		7.33	0.000906	1.01	506.69	512.14	0.31
27	7948.979	PF 1	450.83	6.07	7.16		7.18	0.000495	0.62	709.61	772.91	0.21
28	7462.057	PF 1	450.83	5.49	7.04		7.05	0.000156	0.46	1289.81	1214.32	0.12
29	7261.517	PF 1	450.83	5.58	7		7.01	0.00026	0.57	1045.3	1020.35	0.16
30	6988.886	PF 1	450.83	5.54	6.95		6.95	0.000172	0.5	1467.71	1752.32	0.14
31	6815.573	PF 1	450.83	5.31	6.91		6.92	0.000211	0.63	1074.29	974.79	0.16
32	6463.334	PF 1	450.83	5.21	6.85		6.86	0.000161	0.48	1205.68	1087.43	0.13
33	6254.684	PF 1	450.83	4.81	6.81		6.82	0.000175	0.55	1160.64	1079.54	0.13
34	6043.969	PF 1	450.83	4.46	6.76		6.77	0.000287	0.87	1043.91	1405.25	0.19
35	5747.937	PF 1	450.83	5.22	6.64		6.66	0.000512	0.82	846.35	1114.96	0.23
36	5510.217	PF 1	450.83	4.99	6.44		6.48	0.001231	1.08	589.77	898.82	0.38
37	5117.517	PF 1	450.83	4.64	5.82		5.88	0.001991	1.34	468.4	746.73	0.42
38	4845.35	PF 1	450.83	3.71	5.31		5.39	0.001631	1.45	443.02	662.28	0.4
39	4603.675	PF 1	450.83	3.45	5.03		5.07	0.000972	1.04	640.25	1014.03	0.3
40	4318.655	PF 1	450.83	3.68	4.74		4.77	0.001066	0.93	681.26	1089.63	0.29
41	4059.313	PF 1	450.83	3.33	4.36		4.4	0.001966	1.09	592.96	1198.38	0.39
42	3835.204	PF 1	450.83	3.26	4.15		4.17	0.000532	0.55	881.37	1158.7	0.21
43	3524.59	PF 1	450.83	2.65	3.46	3.46	3.67	0.017387	2.16	290.62	761.96	0.94
44	3077.698	PF 1	450.83	2.51	2.74	2.16	2.78	0.000347	0.06	591.42	934.46	0.05
45	2644.084	PF 1	450.83	1.99	2.41		2.5	0.001435	0.3	359.76	712.27	0.2
46	2221.513	PF 1	450.83	1.81	2.35		2.36	0.000101	0.22	1010.89	1354.04	0.12
47	2015.68	PF 1	450.83	1.55	2.32		2.34	0.000192	0.37	778.52	1197.61	0.17
48	1591.813	PF 1	450.83	1.3	2.16		2.21	0.000595	0.87	483.24	766.64	0.34
49	1293.581	PF 1	450.83	0.99	1.95		2	0.000569	0.83	472.73	742.76	0.32
50	1009.178	PF 1	450.83	0.82	1.82		1.86	0.000443	0.76	542.2	821.63	0.27
51	565.095	PF 1	450.83	0.39	1.75	0.93	1.77	0.0001	0.43	1016.77	1259.47	0.13

[23][20]

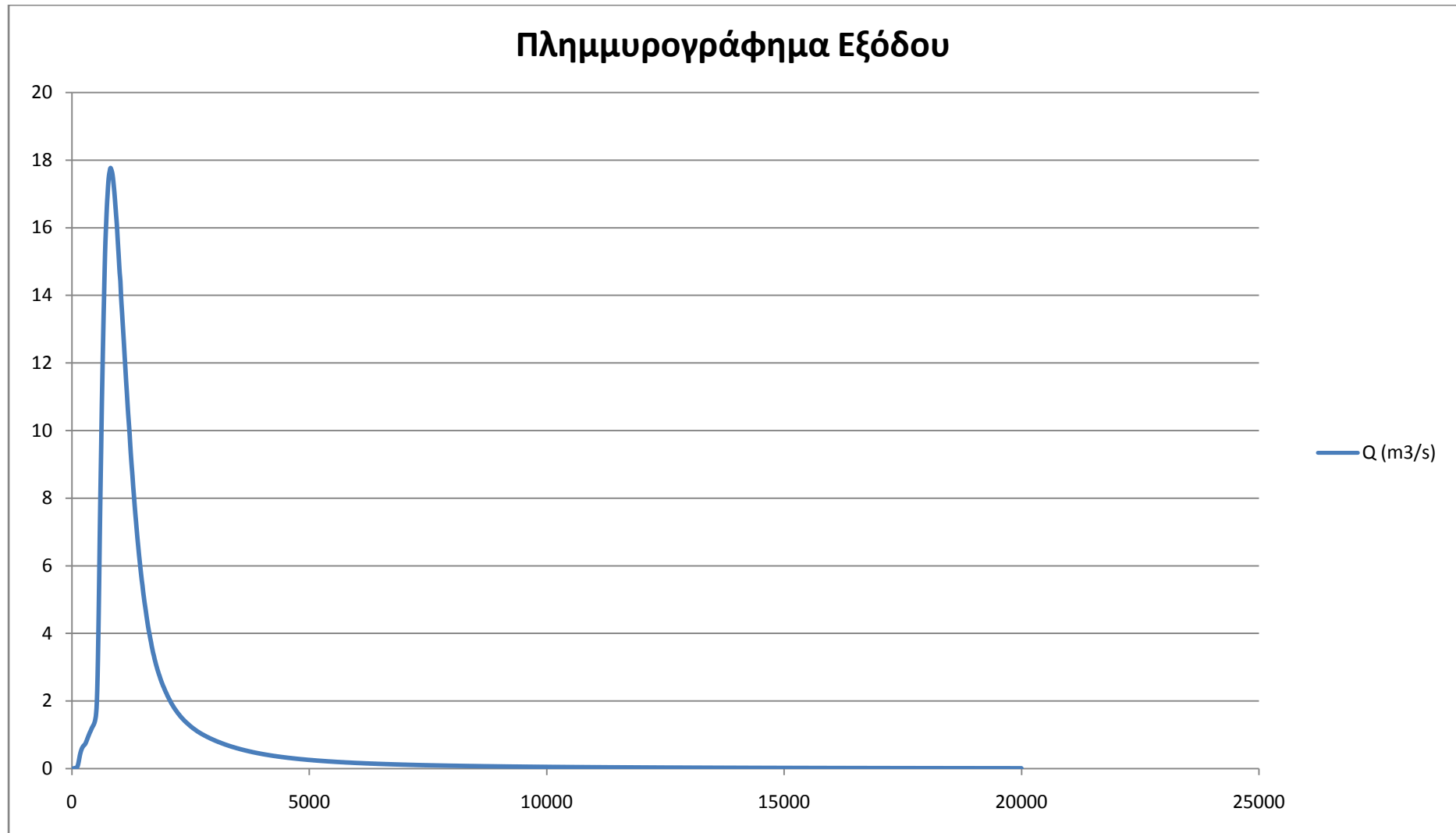
11.2. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από το GSSHA

Στις ακόλουθες εικόνες 39, 40 και 41 παρουσιάζονται οι εκτάσεις των πλημμυρικών πεδίων με έγχρωμες στάθμες-βάθη πλημμύρας, τα οποία επισημαίνονται στο υπόμνημα του χάρτη. Αφορούν αντίστοιχα τις τρεις περιόδους σχεδιασμού και προβάλλονται δισδιάστατα στον χάρτη της GoogleEarth. Σύμφωνα με τις πληροφορίες και τις δυνατότητες προβολής του μοντέλου GSSHA, στο περιβάλλον του λογισμικού WMS, παρέχονταν η δυνατότητα προβολής ταχυτήτων και παροχών, αλλά για κάποιο άγνωστο λόγο, μετά από επανειλημμένη εκτέλεση του μοντέλου, εμφανιζόταν, πάντα, κάποιο σφάλμα και δεν έγινε δυνατή η προβολή ταχυτήτων και παροχών. Υπήρξε όμως η δυνατότητα προβολής πλημμυρογραφήματος της λεκάνης. Το πλημμυρογράφημα που εξήχθηκε, για τις διάφορες περιόδους σχεδιασμού, ήταν αρκετά ασθενέστερο από εκείνο που υπολογίστηκε για το μοντέλο του HecRas και πιθανότατα, το εξαγόμενο πλημμυρογράφημα να είναι μια μέση τιμή πλημμυρογραφήματος, καθώς το μοντέλο, GSSHA, υπολόγισε ότι η Λεκάνη του Δέλτα διαθέτει δεκατρείς (13) εξόδους προς την θάλασσα. Το μοντέλο, όμως, δεν διέθετε την προβολή άλλων πλημμυρογραφημάτων και δεν έγινε εφικτή η εύρεση αντιστοιχίας πλημμυρογραφήματος και εξόδου υπολεκάνης. Γίνεται η υπόθεση ότι το μοντέλο υπολογίζει μια μέση τιμή πλημμυρογραφήματος και για τον λόγο αυτό παρατίθεται εκτός του εξαγόμενου πλημμυρογραφήματος, της αντίστοιχης περιόδου σχεδιασμού, ένα πλημμυρογράφημα πολλαπλασιασμένο με τον αριθμό δεκατρία, όσες δηλαδή και οι υπολεκάνες ή οι αντίστοιχες εξοδοί. Το «αθροιστικό» πλημμυρογράφημα παρατίθεται ακολούθως και θα συγκριθεί στις επόμενες σελίδες του παρόντος.

11.2.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών

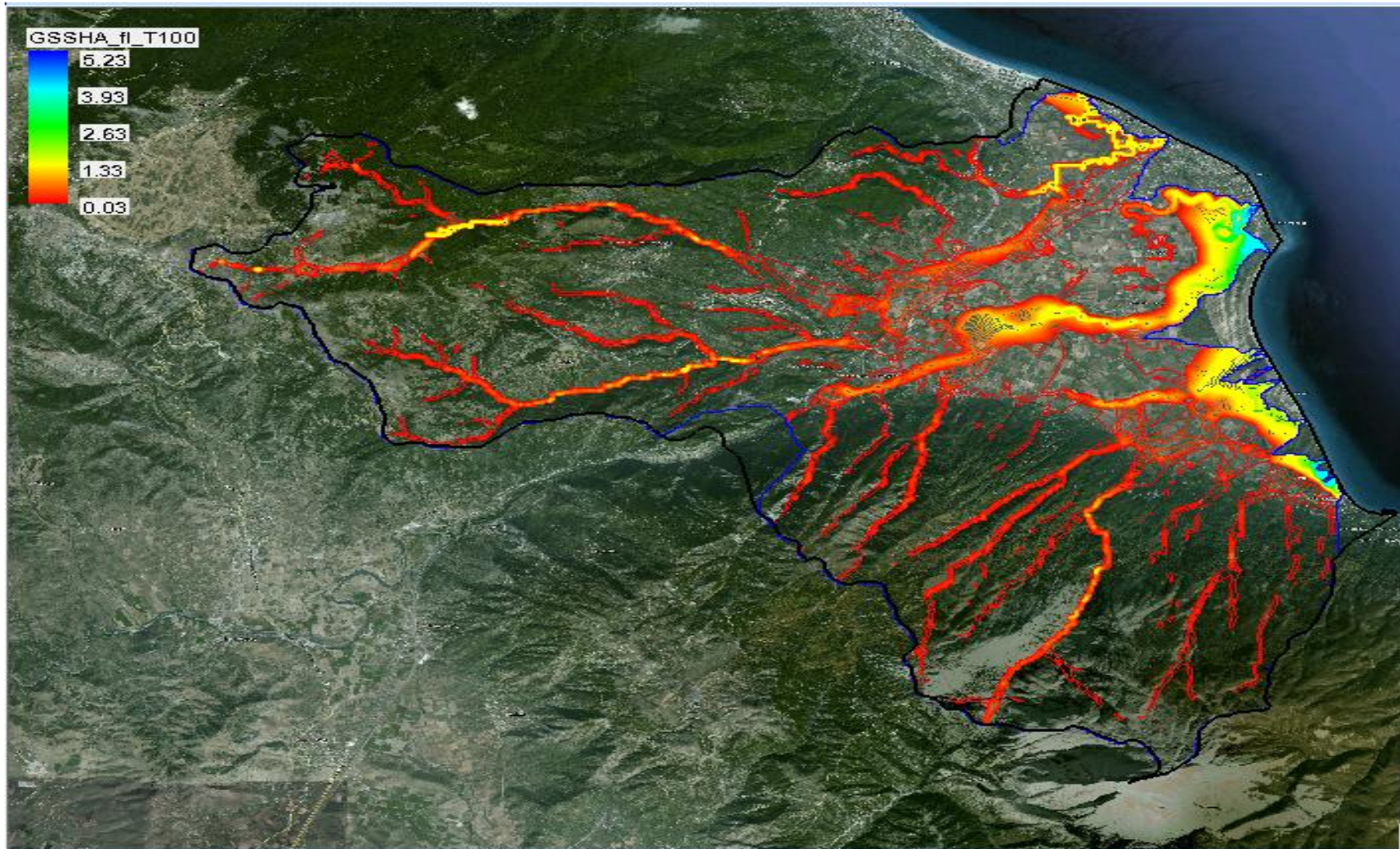


Εικόνα 39: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταγίδα σχεδιασμού των 10 ετών

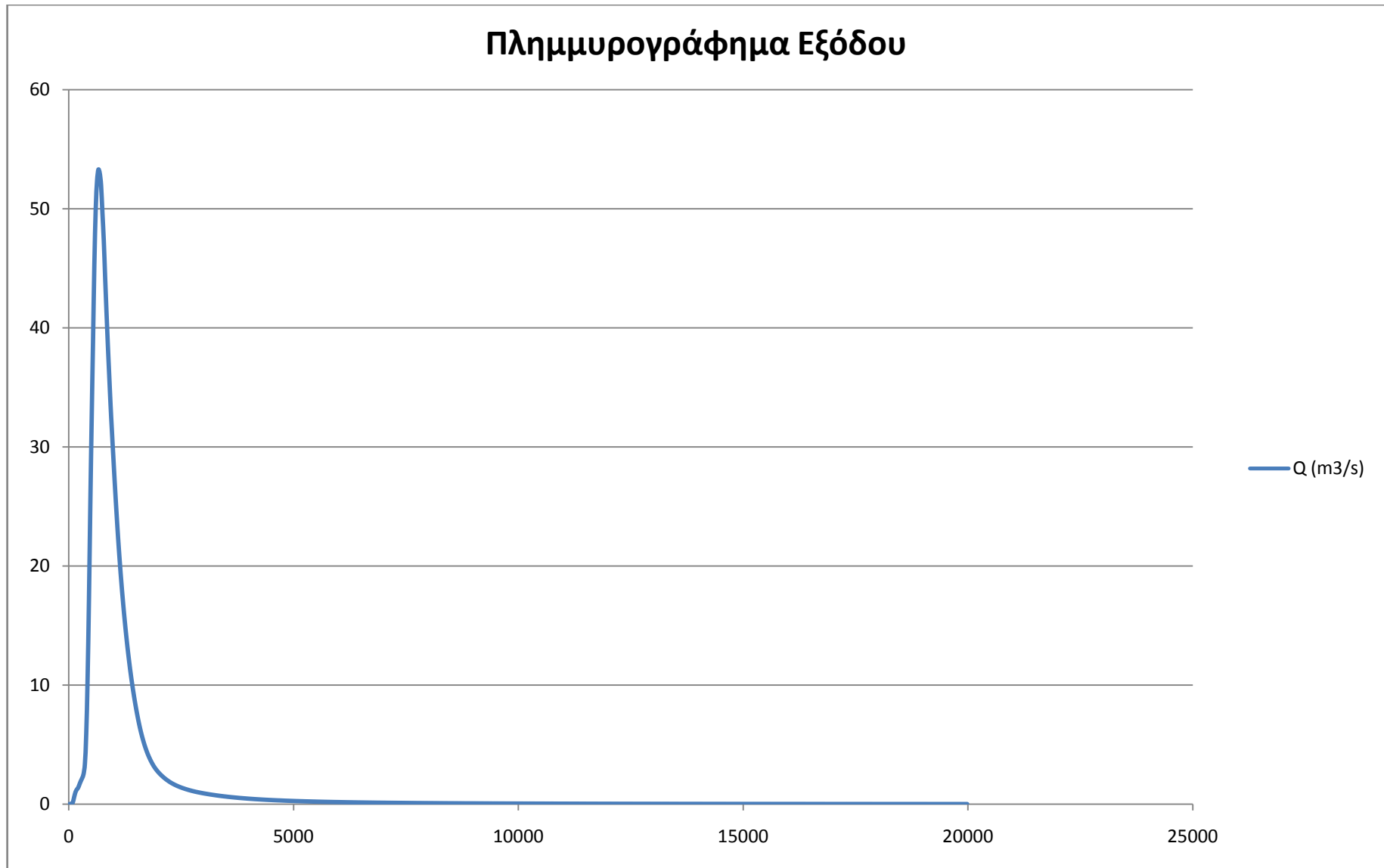


Γράφημα 20: Πλημμυρογράφημα εξόδου 10 ετών του μοντέλου GSSHA

11.2.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών

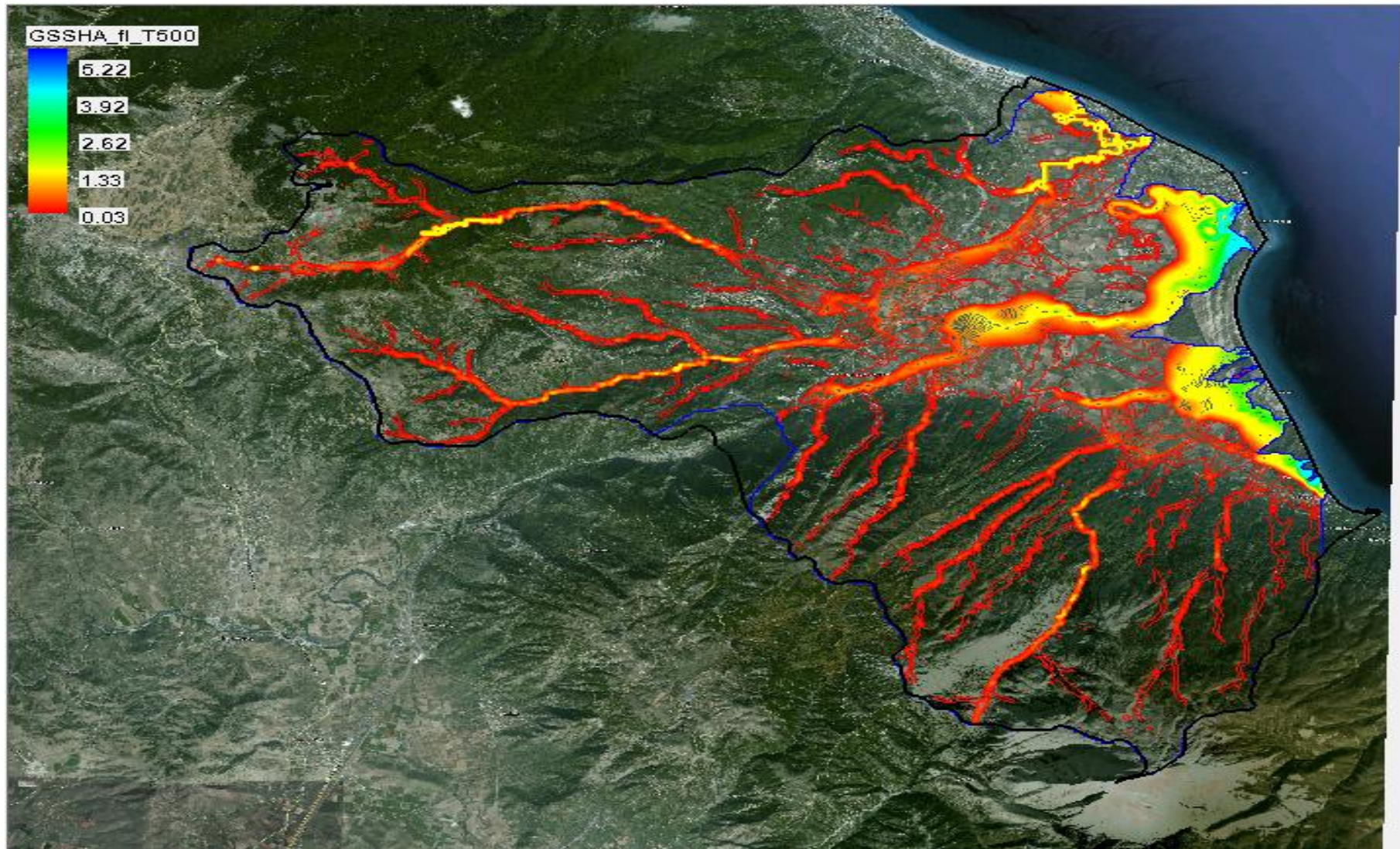


Εικόνα 40: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 100 ετών

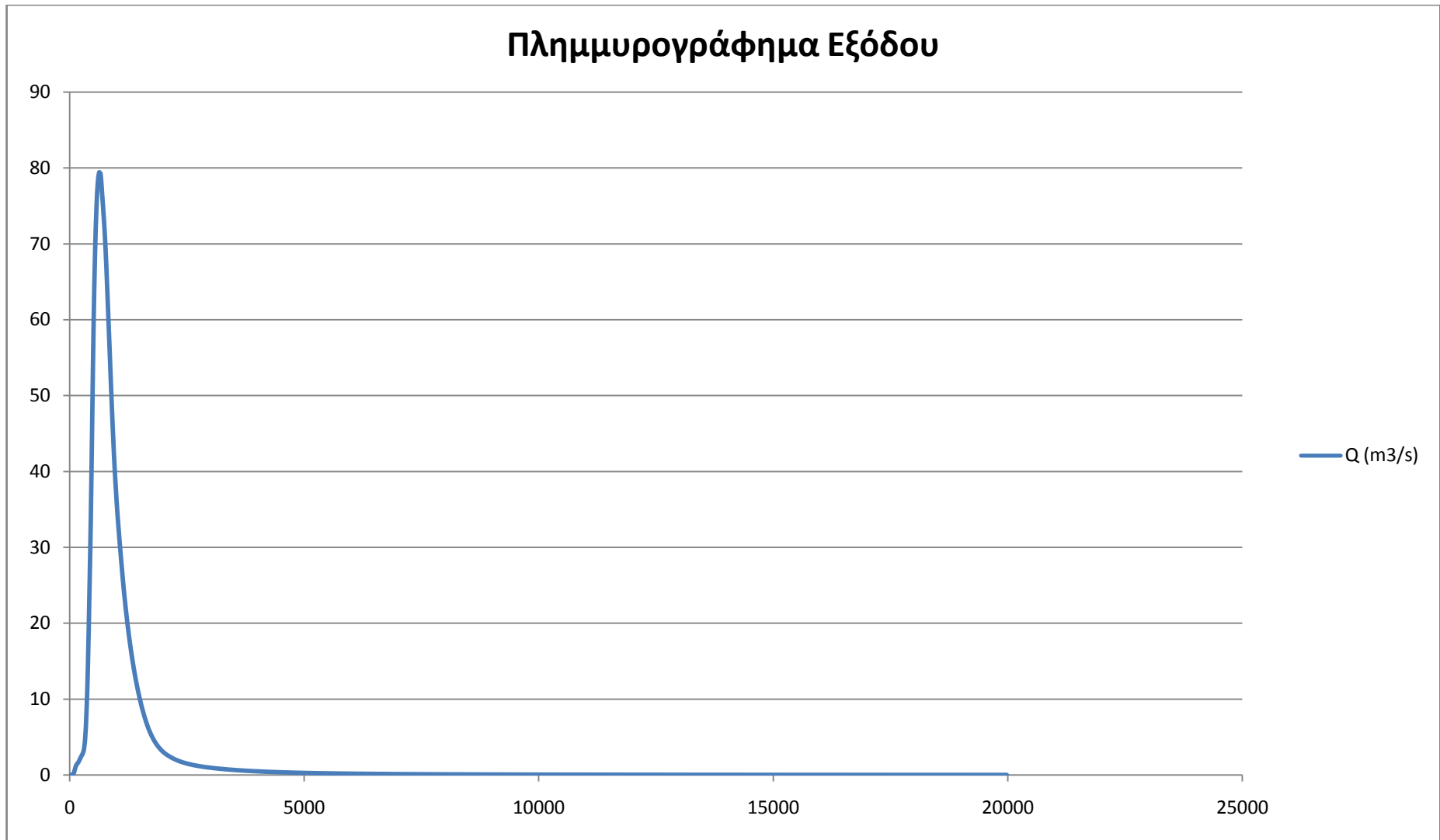


Γράφημα 21: Πλημμυρογράφημα εξόδου 100 ετών του μοντέλου GSSHA

11.2.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών



Εικόνα 41: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 500 ετών



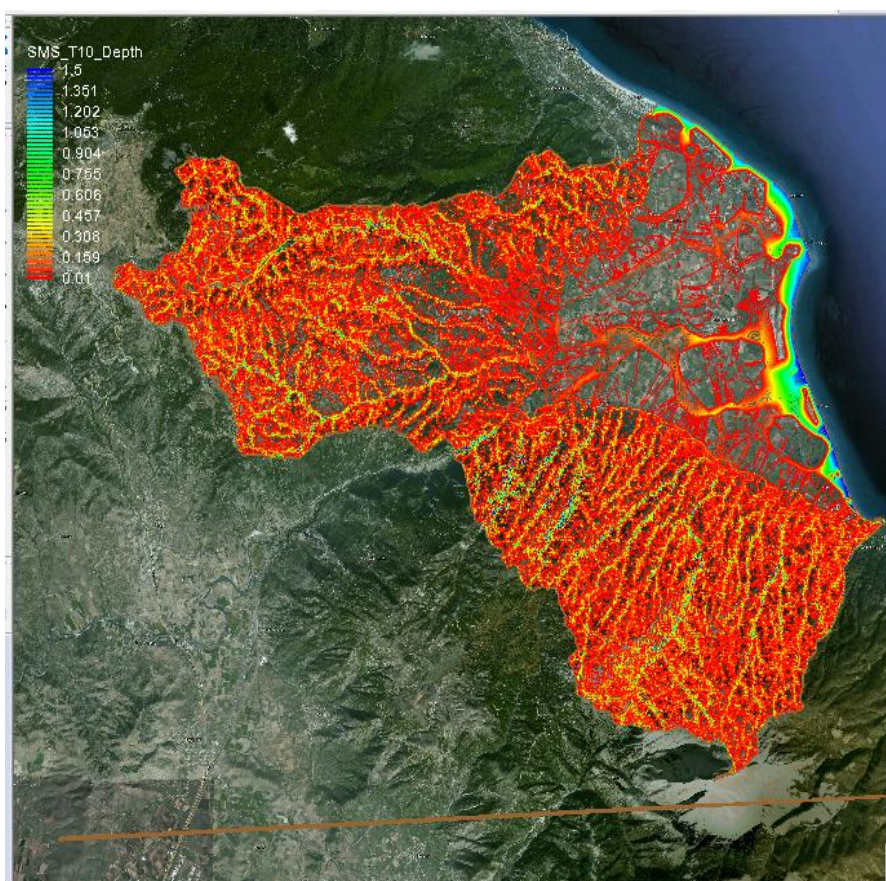
Γράφημα 22: Πλημμυρογράφημα εξόδου 500 ετών του μοντέλου GSSHA

[23][20]

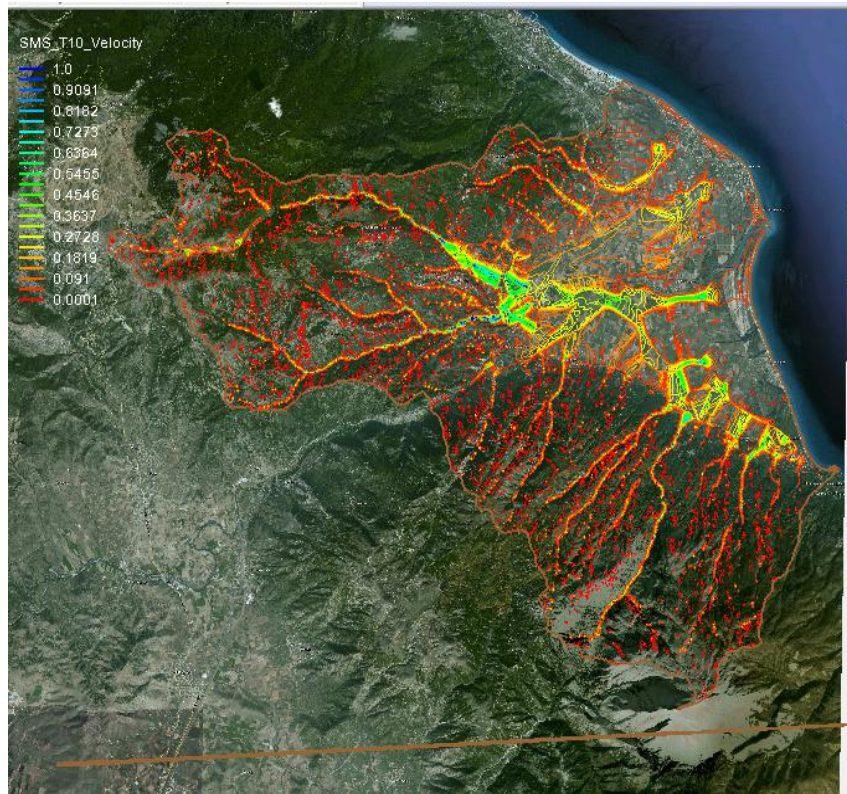
11.3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από το Tuflow

Στις ακόλουθες εικόνες 42, 45 και 48 παρουσιάζονται οι εκτάσεις των πλημμυρικών πεδίων με έγχρωμες στάθμες-βάθη πλημμύρας, τα οποία επισημαίνονται στο υπόμνημα του χάρτη. Στις εικόνες 43, 46 και 49 παρουσιάζονται οι ταχύτητες ροής της αντίστοιχης πλημμύρας σχεδιασμού. Στις εικόνες 44, 47 και 50 παρουσιάζονται οι παροχές των πλημμυρικών πεδίων. Όλες οι ομάδες εικόνων αφορούν, αντίστοιχα, τις τρεις περιόδους σχεδιασμού και προβάλλονται δισδιάστατα στον χάρτη της GoogleEarth. Το μοντέλο Tuflow δεν εξέδωσε ως αποτέλεσμα κάποιο πλημμυρογράφημα εξόδου και δεν κατέστη δυνατή η σύγκριση με τα προηγούμενα μοντέλα, GSSHA και HecRas. Ο μόνος τρόπος σύγκρισης του μοντέλου Tuflow είναι οι εικόνες πλημμυρικής έκτασης και βάθους, με τις αντίστοιχες εικόνες του μοντέλου GSSHA. Κατά αυτόν τον τρόπο μπορεί να συγκριθεί έμμεσα και το μοντέλο Tuflow με το μοντέλο HecRas.

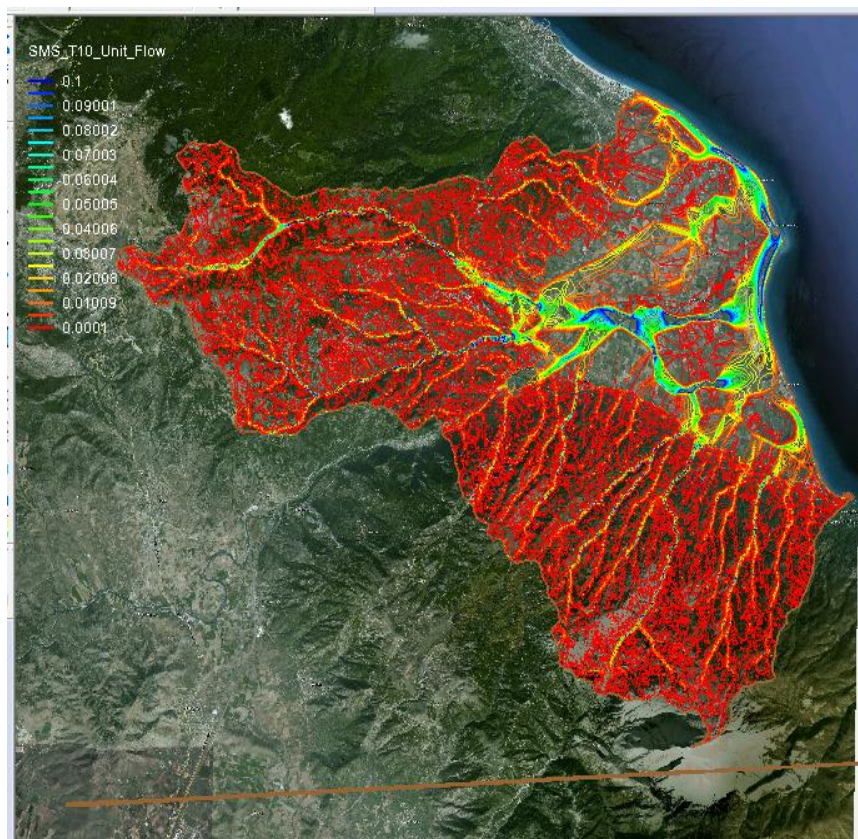
11.3.1. Περίοδος επαναφοράς 10 ετών



Εικόνα 42: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 10 ετών

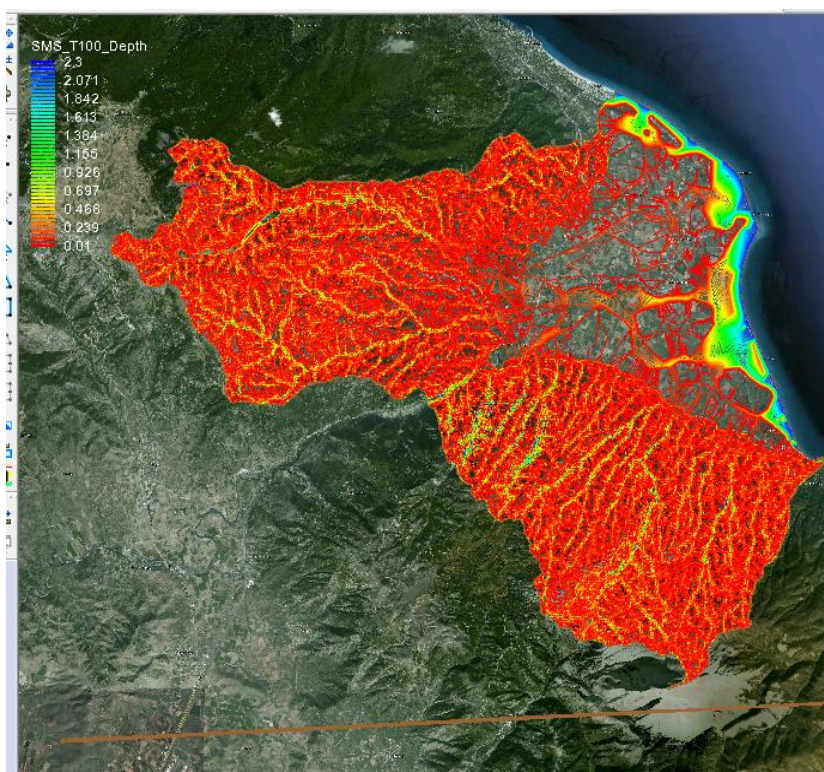


Εικόνα 43: Ταχύτητες ροής πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 10 ετών

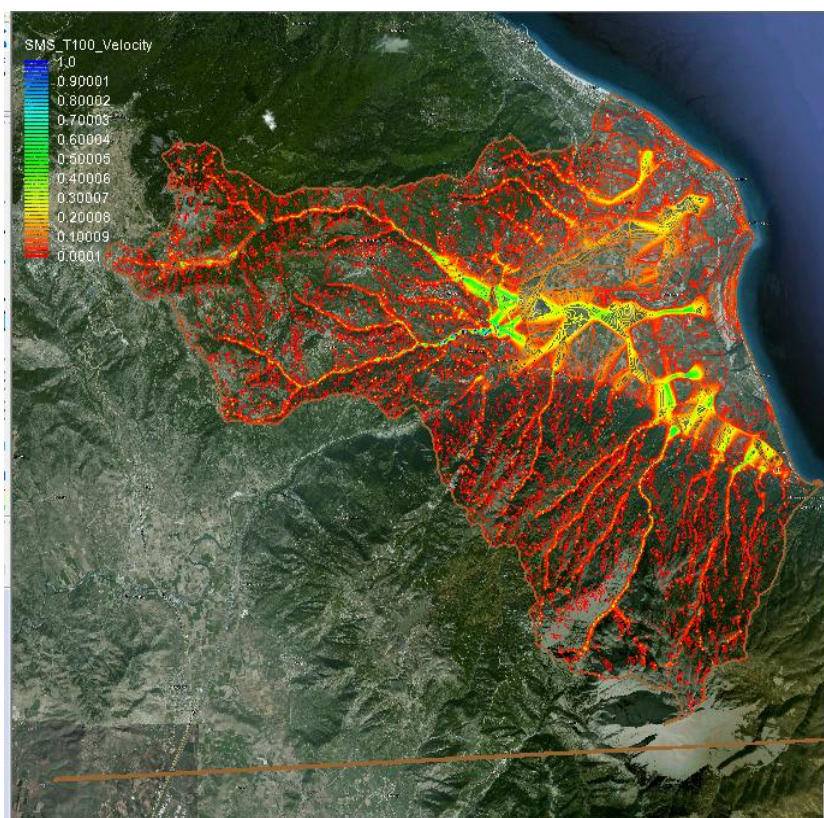


Εικόνα 44: Παροχή πλημμυρικής απορροής της καταιγίδας σχεδιασμού των 10 ετών

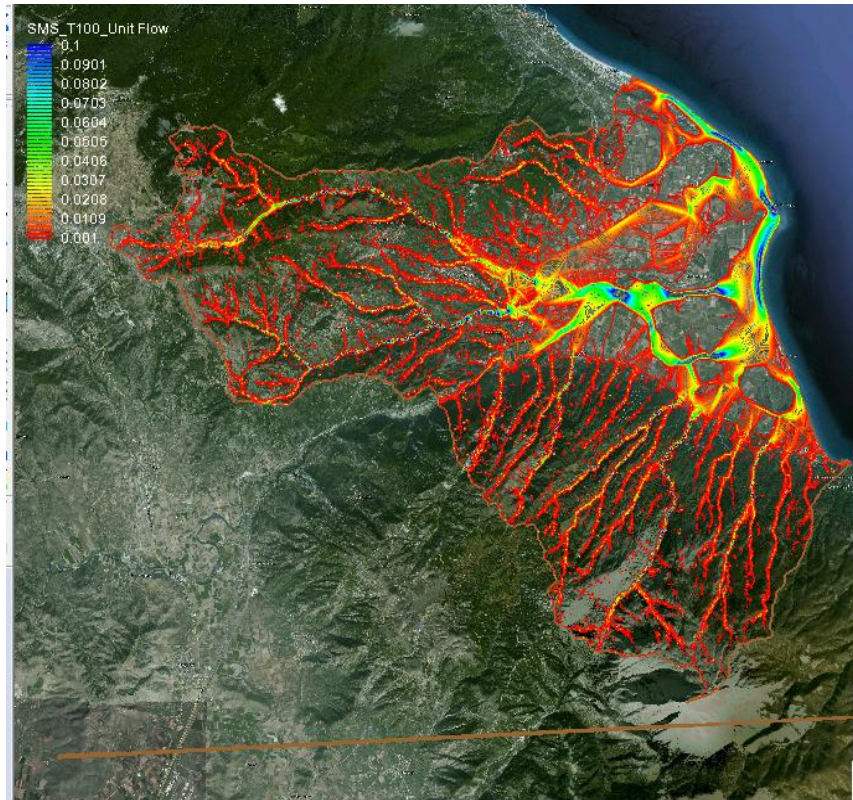
11.3.2. Περίοδος επαναφοράς 100 ετών



Εικόνα 45: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 100 ετών

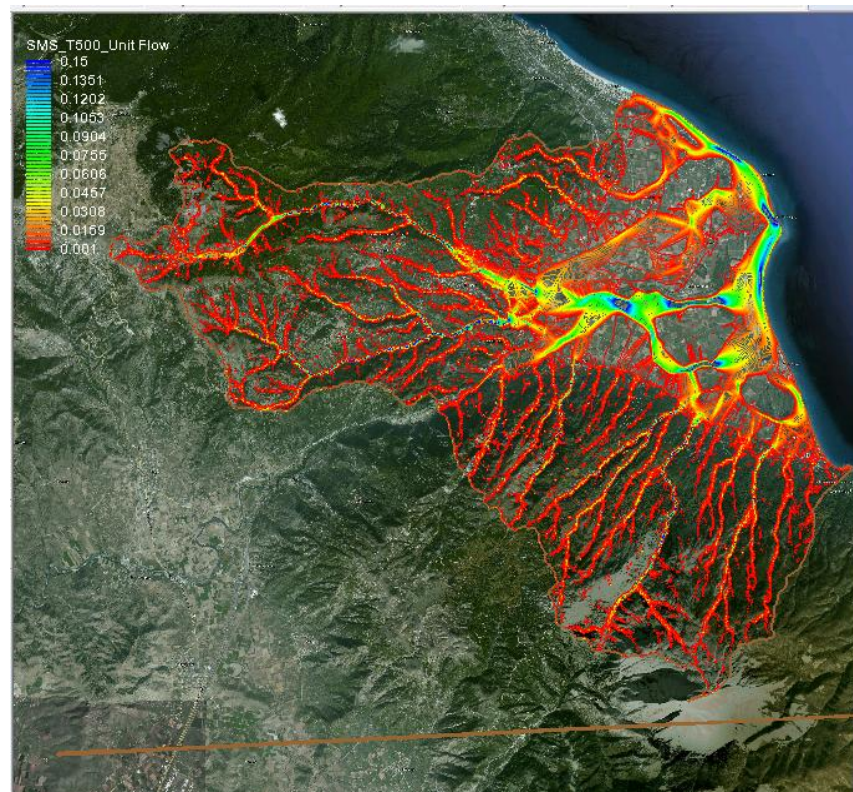


Εικόνα 46: Ταχύτητες ροής πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 100 ετών

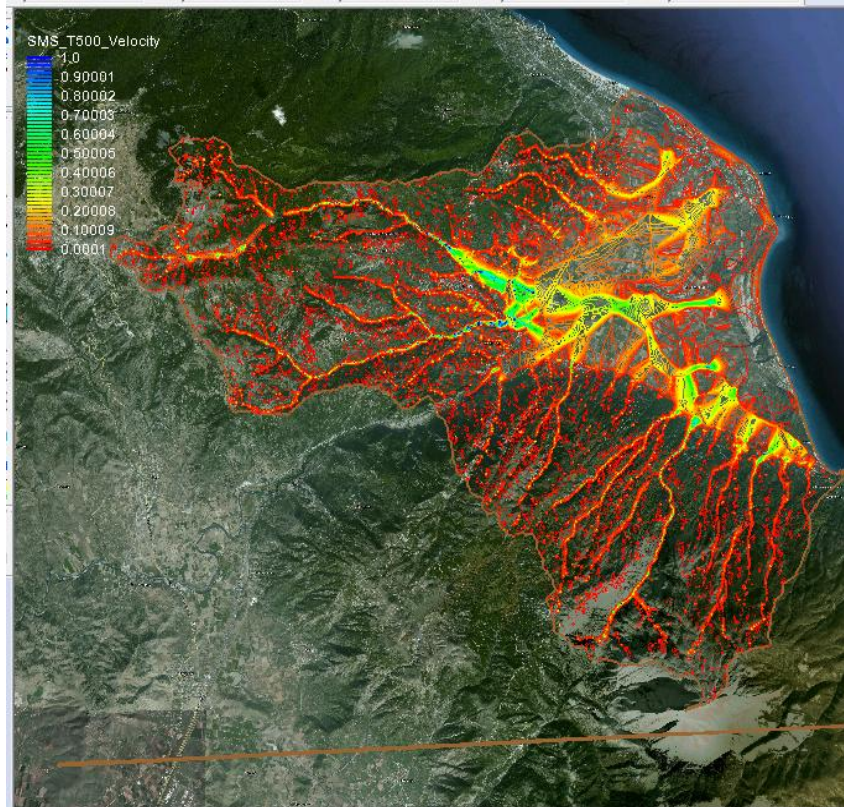


Εικόνα 47: Παροχή πλημμυρικής απορροής της καταιγίδας σχεδιασμού των 100 ετών

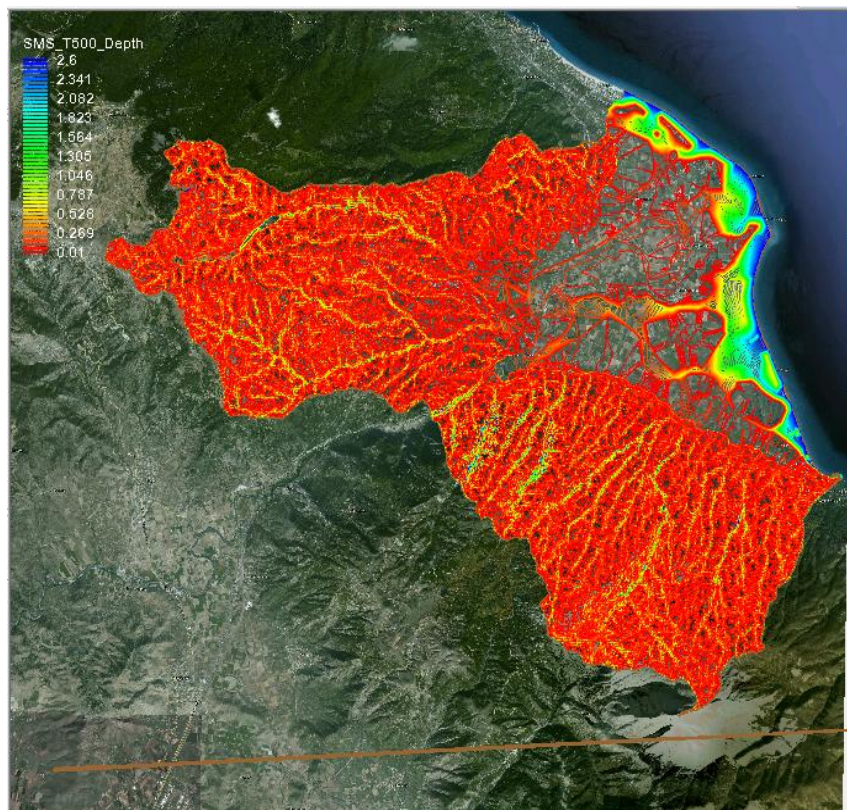
11.3.3. Περίοδος επαναφοράς 500 ετών



Εικόνα 48: Έκταση και βάθη πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 500 ετών



Εικόνα 49: Ταχύτητες ροής πλημμύρας για την καταιγίδα σχεδιασμού των 500 ετών



Εικόνα 50: Παροχή πλημμυρικής απορροής της καταιγίδας σχεδιασμού των 500 ετών

[23][19]

12 Συγκριτική αξιολόγηση αποτελεσμάτων μοντελοποίησης

HecRas

Το HecRas είναι το πιο γρήγορο στην προσομοίωση (λιγότερο από ένα λεπτό υπολογισμών). Είναι το πιο εύκολο στην χρήση, αλλά αν προκύψει κάποιο σφάλμα, υπάρχει κίνδυνος να χαθούν τα δεδομένα της ως τότε εργασίας. Αυτό αποφεύγεται με συχνές αποθηκεύσεις των αρχείων. Το HecRas απαιτεί τα περισσότερα δεδομένα για την εκτέλεση του. Τα δεδομένα αυτά είναι υδρολογικά και αφορούν κυρίως την εύρεση πλημμυρογραφήματος. Το μοντέλο μέσω του λογισμικού WMS είναι περισσότερο υποσχόμενο σε οπτική, καθώς από μοντέλο μονοδιάστατης προβολής, μετατρέπεται σε μονοδιάστατο μοντέλο δισδιάστατων αποτελεσμάτων. Παρόλα αυτά οι παροχές, οι κλίσεις, οι ταχύτητες και ο αριθμός Froude προβάλλονται σε πινακοποιημένη μορφή. Το WMS δίνει αποτέλεσμα μόνο της μέγιστης πλημμύρας και πιθανώς η μονοδιάστατη ροή σταθερής ροής να υπερεκτιμά τα αποτελέσματα. Το HecRas μέσω του WMS είναι το λιγότερο ευέλικτο. Ο λόγος είναι ότι προσομοιώνει μόνο ένα ποτάμι τη φορά, δηλαδή δεν αντιμετωπίζει προβλήματα πολλαπλών εξόδων, όπως περιπτώσεις Δέλτα ποταμών. Η εκτέλεση του μοντέλου απαιτεί συνήθως πλημμυρογραφήματα και πιθανώς πλημμυρογραφήματα-στάθμες. Δεν είναι δυνατή η εισαγωγή κάποιου υετογραφήματος και τα αποτελέσματα περιορίζονται στο ποτάμι σχεδιάστηκε για προσομοίωση.

GSSHA

Το μοντέλο GSSHA είναι το πιο αργό μοντέλο, ως αναφορά τον χρόνο εκτέλεσης της προσομοίωσης. Το προηγούμενο γεγονός δεν αντιστρέφεται ούτε και με ένα υπολογιστή πολυπύρηνων επεξεργαστών. Οι υπολογισμοί μπορούν να αποσπάσουν το 98-100% της CPU. Στην προκειμένη περίπτωση, τα αποτελέσματα, για την κάθε χρονική περίοδο σχεδιασμού, προέκυψαν ύστερα από μιάμιση με δυο μέρες προσομοίωσης. (χωρίς καμία διακοπή). Είναι αρκετά εύκολο στον χειρισμό, αλλά αν προκύψει κάποιο σφάλμα, υπάρχει κίνδυνος να χαθούν τα δεδομένα της ως τότε εργασίας. Αυτό αποφεύγεται με συχνές αποθηκεύσεις των αρχείων. Το GSSHA χρειάζεται σχετικά λίγα δεδομένα για την εκτέλεση του. Η προβολή των αποτελεσμάτων είναι δισδιάστατη. Τα όρια της δοθείσας λεκάνης δεν έχουν καλή εικόνα. Αυτό συμβαίνει γιατί το ψηφιακό μοντέλο εδάφους δεν έχει τη μέγιστη ακρίβεια και το μοντέλο διαθέτει την δυνατότητα αυτόματου σχηματισμού υδροκρίτη, με αποτέλεσμα να αλλάζει και να μειώνει τα θαλάσσια όρια των υπολεκανών. (παραλείπονται οικισμοί καθώς το δοθέν TIN μετατρέπεται σε 2D Grid). Το μοντέλο GSSHA παρέχει την δυνατότητα δισδιάστατης προβολής πλημμυρικών βαθών, ταχυτήτων και παροχών. Παρόλα αυτά κάποιο σφάλμα που προέκυψε πάντα στην εξαγωγή αποτελεσμάτων, εμπόδισε την εμφάνιση των ταχυτήτων και των παροχών. Εξάγει επίσης ένα κείμενο σύνοψης για την προσομοίωση και πλημμυρογράφημα εξόδου. Το GSSHA είναι αρκετά ευέλικτο. Μπορεί να προσομοιώσει λεκάνη με πολλαπλές εξόδους, όπως περιπτώσεις Δέλτα ποταμών. Το GSSHA μπορεί να παρέχει αποτελέσματα είτε με την προσθήκη πλημμυρογραφημάτων, είτε με τον συνδυασμό πλημμυρογραφήματος-σταθμών υδάτων, είτε με την προσθήκη υετογραφήματος. Η εισαγωγή υετογραφήματος είναι ίσως αμφιλεγόμενη και μπορεί να προκαλέσει ερωτηματικά στον

χρήστη. Η φόρτιση με βροχόπτωση σταθερής έντασης και διάρκειας αποδεικνύεται μια εύκολη και χρηστική επιλογή.

TUFLOW

Το μοντέλο TUFLOW παρουσιάζει μέση με ελάχιστη ταχύτητα εκτέλεση προσομοίωσης. Το προηγούμενο γεγονός δεν αντιστρέφεται ούτε και με ένα υπολογιστή πολυπύρηνων επεξεργαστών. Οι υπολογισμοί μπορούν να αποσπάσουν το 50-52% της CPU. Στην προκειμένη περίπτωση, τα αποτελέσματα, για την κάθε χρονική περίοδο σχεδιασμού, προέκυψαν ύστερα από μιάμιση με δυο μέρες προσομοίωσης. (χωρίς καμία διακοπή). Είναι πολύ εύκολο στον χειρισμό, αλλά αν προκύψει κάποιο σφάλμα, υπάρχει κίνδυνος να χαθούν τα δεδομένα της ως τότε εργασίας. Αυτό αποφεύγεται με συχνές αποθηκεύσεις των αρχείων. Χρειάζεται τα λιγότερα δεδομένα για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Δεν απαιτεί κάποιο σχηματισμό ποταμών και αντί αυτού υπολογίζει την ροή, σύμφωνα με το δοθέν ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Το μοντέλο προβάλλεται δισδιάστατα και επειδή για την λειτουργία του μοντέλου αρκεί ένα TIN και δεν γίνεται μετατροπή σε κানাβο, τα σύνορα, της δοθείσας λεκάνης του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, παρουσιάζονται αναλλοίωτα. Προβάλλει σε βίντεο τα στιγμιότυπα της πλημμύρας και παρουσιάζει επίσης δισδιάστατα τα πλημμυρικά βάθη, τις ταχύτητες ροής και τις παροχές. Δεν εξάγεται κάποιο πλημμυρογράφημα ούτε κάποια σύνοψη της προσομοίωσης και για αυτόν τον λόγο δεν είναι δυνατή η σύγκρισή του με το HecRas. Ο μόνος τρόπος έμμεσης σύγκρισης είναι το GSSHA, καθώς τα πλημμυρικά βάθη παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα. Ακόμα και με το GSSHA η σύγκριση είναι ελλιπής καθώς το τελευταίο δεν παρείχε τα στιγμιότυπα ταχυτήτων και παροχών. Κατά αυτόν τον τρόπο, η σύγκριση περιορίζεται στα πλημμυρικά βάθη. Το μοντέλο TUFLOW είναι αρκετά ευέλικτο και λειτουργεί σε λεκάνη με πολλαπλές εξόδους, όπως περιπτώσεις Δέλτα ποταμών.

Όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, για την αξιολόγηση των μοντέλων, συνοψίζονται, ακολούθως, στην εικόνα 51.

Εικόνα 51: Συγκριτική αξιολόγηση μοντέλων των λογισμικών WMS και SMS

	WMS		SMS
	Hec Ras	GSSHA	Tuflow
Speed	Max speed to run model (maybe less than 1 minute)	Min speed to run model even with a multiple core processor (maybe CPU rise at 98-100% of use and results may take 1.5 to 2 days)	Moderate to min speed to run model even with a multiple core processor (maybe CPU rise at 50-52% of use and results may take 1.5 to 2 days)
Handling	Easiest to handle, but if you make a mistake, maybe you are in danger of loose your data (as an experience, saving before another step is necessary)	Easy enough to handle, but if you make a mistake, maybe you are in danger of loose your data (as an experience, saving before another step is necessary)	Too easy to handle, but if you make a mistake, maybe you are in danger of loose your data (as an experience, saving before another step is necessary)
Data	Max data need (estimation of hydrograph input)	Moderate to min data need (needs river creation)	Min data need (no river creation)
View	More promising than waiting (1D model is transformed to 2D view), but it's view is limited to the 1D data. Best view for the boundary. No video frames is able (Only max flood 2D view). Velocities and flow rates are 1D and are viewed on tables	2D view. Worst view for the boundary. Best video frames. 2D view for flood depths. Velocities and flow rates are able to see in 2D, but in this study an error made the velocities and flow rates disable to view	2D view. Best view for the boundary. Good video frames. 2D view for flood depths, velocities and flow rates. Max Flood is not able to see, unless you can find it by experience or by "eye" choice.
Results	Limited to the 1D data (maybe overestimated in a steady state). Max flood 2D. Table of flows, slopes, velocities, Froude in the points of cross sections	Max Flood in 2D view, 2D flood depths frames, summary output, hydrograph output, velocities and flows. Repeated model error disabled the view of velocities and flow rates	2D flood depth frames, 2D velocity frames, 2D flow rate frames. Max flood is not a given option. No hydrograph output. No summary output.
Flexibility	Less flexible. Only one river at a time with one exit. Works only with hydrographs and maybe hydrographs-stages. No hyetograph input	Flexible enough. Multiple rivers with multiple exits. Works with hydrographs, stages, hyetographs. Maybe hyetograph is little complex for the user. Steady rain is much easier option	Flexible enough. Multiple rivers with multiple exits. Works with hydrographs, stages, hyetographs.

[19] [20]

Παράρτημα Ι

Ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο NATURA 2000

Το Ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο Natura 2000 είναι ένα δίκτυο ζωνών προστασίας της φύσης που εκτείνεται σε ολόκληρη την Κοινότητα και έχει ως στόχο να διασφαλίσει τη μακροπρόθεσμη διατήρησή των πιο πολύτιμων και των πλέον απειλούμενων ειδών και ενδιαιτημάτων της σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών:

- τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Οрниθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ «για τη διατήρηση των άγριων πτηνών»

- τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Για τον προσδιορισμό των ΤΚΣ λαμβάνονται υπόψη οι τύποι οικοτόπων και τα είδη των Παραρτημάτων Ι και ΙΙ της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ καθώς και τα κριτήρια του Παραρτήματος ΙΙΙ αυτής.

Οι ΖΕΠ, μετά το χαρακτηρισμό τους από τα Κράτη Μέλη, εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000, και η διαχείρισή τους ακολουθεί τις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΚ και τις διατάξεις του άρθρου 4 της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ. Αντίθετα, για την ένταξη των ΤΚΣ πραγματοποιείται επιστημονική αξιολόγηση και διαπραγμάτευση μεταξύ των Κρατών Μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κατά οικολογική ενότητα Βιογεωγραφικών Σεμιναρίων. Οι ΤΚΣ υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

Μετά την οριστικοποίηση του καταλόγου των ΤΚΣ, τα Κράτη Μέλη υποχρεούνται να κηρύξουν τις περιοχές αυτές ως «Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ)» (Special Areas of Conservation - SAC)» το αργότερο μέσα σε μια εξαετία και να καθορίσουν τις προτεραιότητες για την διατήρηση σε ικανοποιητική κατάσταση των τύπων οικοτόπων και ειδών κοινοτικού ενδιαφέροντος εντός αυτών. Οι ΕΖΔ υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 1, 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

Η εφαρμογή του Δικτύου στην Ελλάδα

Η καταγραφή των τόπων που πληρούν τα κριτήρια της παρουσίας τύπων οικοτόπων και οικοτόπων ειδών της Οδηγίας 92/43/ΕΚ στη χώρα μας (296 περιοχές – «Επιστημονικός Κατάλογος»), έγινε από ομάδα περίπου 100 επιστημόνων που συστήθηκε ειδικά για το σκοπό αυτό στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE (1994-1996) με τίτλο «Καταγραφή, Αναγνώριση, Εκτίμηση και Χαρτογράφηση των Τύπων Οικοτόπων και των Ειδών Χλωρίδας

και Πανίδας της Ελλάδας (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ)». Στον «Επιστημονικό Κατάλογο» εντάχθηκε το σύνολο σχεδόν των μέχρι τότε προστατευόμενων περιοχών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Η επιλογή των τόπων που προτάθηκαν από τη χώρα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή έγινε από κοινή ομάδα εργασίας των πρώην Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ και Γεωργίας κατόπιν γνωμοδοτήσεων όλων των συναρμόδιων Υπουργείων. Οι συμπληρώσεις – τροποποιήσεις του καταλόγου βασίστηκαν στα συμπεράσματα των βιογεωγραφικών σεμιναρίων για τη Μεσογειακή ζώνη και στον χαρακτηρισμό από το BirdLife International Σημαντικών Περιοχών για τα Πουλιά στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα έχει χαρακτηρίσει σήμερα 202 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και 241 Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ). Οι δύο κατάλογοι περιοχών παρουσιάζουν μεταξύ τους επικαλύψεις όσον αφορά τις εκτάσεις τους.

Ο κατάλογος των Ελληνικών Ζωνών Ειδικής Προστασίας δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1495/Β/06.09.2010 ως παράρτημα στη νέα ενσωμάτωση της Οδηγίας 79/4009/ΕΟΚ (η οποία κωδικοποιήθηκε με την Οδηγία 2009/147/ΕΚ).

239 Ελληνικοί Τόποι Κοινοτικής Σημασίας χαρακτηρίστηκαν ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης με το Ν3937/2011 (ΦΕΚ60/Α/31-3-2011).

Όλοι οι τόποι του Δικτύου Natura 2000, που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων, συνοδεύονται από δελτίο δεδομένων με γενικότερα περιγραφικά στοιχεία και ειδικότερες πληροφορίες για τους τύπους οικοτόπων και τα είδη που ενδιααιτούν στον κάθε τόπο και από χάρτη κλίμακας 1:100.000.

Όλοι οι ανωτέρω χάρτες έχουν αποσταλεί στις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος και Χωροταξίας των Περιφερειών της χώρας, στα Τμήματα Περιβάλλοντος των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων, στις αρμόδιες Υπηρεσίες των Κεντρικών Υπουργείων, στη βιβλιοθήκη του ΥΠΕΚΑ και διανέμονται σε όλους τους ενδιαφερόμενους πολίτες. Λόγω του όγκου της πληροφορίας δεν επισυνάπτονται επί του παρόντος στο Διαδίκτυο οι χάρτες 1:100.000 των περιοχών του καταλόγου αλλά παρατίθενται ενδεικτικοί συνοπτικοί χάρτες της θέσης των περιοχών στο εθνικό έδαφος σε κλίμακα 1:2.800.000.

Natura 2000 Map Viewer

Το Natura 2000 Map Viewer λειτουργεί και ενημερώνεται με ευθύνη του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος και ενδέχεται να μην περιλαμβάνει την πλέον πρόσφατη πληροφορία για το Δίκτυο Natura 2000 των κρατών – Μελών. Επιπλέον, καθώς τα όρια των περιοχών Natura 2000 προβάλλονται στο Google Earth, το οποίο έχει διαφορετικό προβολικό σύστημα από το επίσημο ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα (ΕΓΣΑ 87), μπορεί το ελληνικό τμήμα του Δικτύου Natura 2000 να εμφανίζεται ελαφρά μετατοπισμένο σε σχέση με την πραγματική του θέση.

Κρίσιμα ενδιαιτήματα ειδών χαρακτηρισμού και οριοθέτησης ΖΕΠ

Στο πλαίσιο των ακόλουθων μελετών που χρηματοδοτήθηκαν από το Γ' ΚΠΣ:

α) Καθορισμός Μεθοδολογίας και σύνταξη προδιαγραφών για την αξιολόγηση περιοχών και το χαρακτηρισμό τους ως Ζωνών Ειδικής Προστασίας της ορνιθοπανίδας με πιλοτική εφαρμογή σε 10 περιοχές (2004), που υλοποιήθηκαν από το ΕΚΒΥ.

β) Πρόγραμμα επαναξιολόγησης 69 Σημαντικών Περιοχών για τα Πουλιά για τον χαρακτηρισμό τους ως Ζωνών Ειδικής Προστασίας της ορνιθοπανίδας. Σύνταξη σχεδίων δράσης για την προστασία των ειδών προτεραιότητας (2009), που υλοποιήθηκε από την κοινοπραξία Δημαλέξης - Μπούσμπουρας με την επιστημονική και τεχνική υποστήριξη της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας.

Αποτυπώθηκαν χαρτογραφικά τα κρίσιμα ενδιαιτήματα των ειδών χαρακτηρισμού και οριοθέτησης 76 ΖΕΠ. Τα ψηφιακά αρχεία των ενδιαιτημάτων αναρτώνται συνημμένα. Κάθε παραγόμενο προϊόν ή έκδοση, σε οποιαδήποτε μορφή, έντυπη, ηλεκτρονική ή οπτικοακουστική, η οποία βασίζεται σε μέρος ή στο σύνολο των παρεχόμενων υλικών, δεδομένων ή/και πληροφοριών, θα πρέπει να κάνει ρητή αναφορά της πηγής τους κατά τα ανωτέρω.

Ιστορικό και χαρακτηριστικά του δικτύου Natura 2000 στην Ελλάδα

1. Το Natura 2000 αποτελεί ένα ευρωπαϊκό δίκτυο περιοχών (Τόπων Κοινοτικής Σημασίας – Ειδικών Ζωνών Διατήρησης και Ζωνών Προστασίας), το οποίο λειτουργεί με κοινούς ευρωπαϊκούς κανόνες. Στις περιοχές αυτές πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα διαχείρισης, να αποφεύγεται η υποβάθμιση και η σημαντική όχληση και εφαρμόζεται η δέουσα εκτίμηση των επιπτώσεων, σχεδίων, έργων και δραστηριοτήτων. Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί εργαλείο εφαρμογής της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη φύση και την βιοποικιλότητα.
2. Το χρονοδιάγραμμα ολοκλήρωσης του Δικτύου Natura 2000 έχει αποτυπωθεί στη στρατηγική για τη βιοποικιλότητα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, όπου ορίζεται ότι μέσα στο 2012 θα πρέπει να έχει υλοποιηθεί σημαντικό μέρος του Δικτύου. Το 2012 είναι και η καταληκτική χρονολογία που τίθεται από την Οδηγία των Οικοτόπων για τους Τόπους Κοινοτικής Σημασίας, καθώς έξι έτη μετά το χαρακτηριστικό τους οι Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ) πρέπει να οριστούν ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) και να καθοριστούν για αυτές προτεραιότητες και μέτρα. Αντίστοιχα, απαιτείται και η προστασία των Ζωνών Ειδικής προστασίας (ΖΕΠ) για την ορνιθοπανίδα, για τις οποίες δεν υπάρχει μέσα στο κείμενο της Οδηγίας 79/409 συγκεκριμένη χρονική δέσμευση, αλλά η επιταγή να υλοποιηθεί το Δίκτυο άμεσα.
3. Οι πρώτες ελληνικές ΖΕΠ, οι οποίες ήταν αποκλειστικά δασικές εκτάσεις, υποβλήθηκαν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 1987. Το 1989 συμπληρώθηκε ο κατάλογος των ΖΕΠ με τους υγροτόπους διεθνούς σημασίας. Το 1992, με την έκδοση της Οδηγίας των οικοτόπων, η Ελλάδα έπρεπε να αναγνωρίσει και να δηλώσει ΤΚΣ για

την προστασία τύπων οικοτόπων και ειδών, αλλά και να δώσει στοιχεία για τις ΖΕΠ της ορνιθοπανίδας, τις οποίες είχε ήδη δηλώσει.

4. Για το σκοπό αυτό εκπονήθηκε ένα πρόγραμμα LIFE-NATURE από το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων και τα Τμήματα Βιολογίας των Πανεπιστημίων Αθηνών, Θεσσαλονίκης και Πάτρας με στόχο την αναγνώριση υποψηφίων περιοχών Natura 2000. Το πρόγραμμα υποστηρίχθηκε από τα, τότε, Υπουργεία ΠΕΧΩΔΕ και Γεωργίας, τα οποία και χρηματοδότησαν το 25%. Αυτό το πρόγραμμα έδωσε την πρώτη αξιολόγηση της παρουσίας και κατανομής των ειδών και τύπων οικοτόπων κοινοτικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα, και τον πρώτο κατάλογο των υποψηφίων περιοχών Natura 2000. Το πρόγραμμα βασίστηκε μόνο σε βιβλιογραφική εργασία.
5. Μετά από επεξεργασία των στοιχείων από ομάδα εργασίας των δύο Υπουργείων, το 1996 και το 1997 προτάθηκαν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή οι πρώτοι ΤΚΣ και συμπληρώθηκε ο κατάλογος των ΖΕΠ. Το δίκτυο των ΤΚΣ ως έχει σήμερα, προήλθε από 11 διαδοχικές επιπλέον υποβολές περιοχών ή επικαιροποιήσεις στοιχείων από το 1999 έως το 2012, ενώ αντίστοιχα, για τις ΖΕΠ από έξι διαδοχικές επιπλέον υποβολές περιοχών ή επικαιροποιήσεις στοιχείων από το 2001 μέχρι το 2012.
6. Η συμπλήρωση του δικτύου των ΤΚΣ βασίστηκε κατά κύριο λόγο στα συμπεράσματα των Βιογεωγραφικών Σεμιναρίων της μεσογειακής ζώνης που αφορούν στην αξιολόγηση της επάρκειας των προτεινόμενων ΤΚΣ για την αποτελεσματική προστασία των τύπων οικοτόπων και ειδών κοινοτικού ενδιαφέροντος, τα οποία υλοποίησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στην Ελλάδα οι εκκρεμότητες για τη συμπλήρωση του δικτύου των ΤΚΣ στη χέρσο είναι μικρές, και αφορούν κατά κύριο λόγο επιστημονικές επιφυλάξεις για συγκεκριμένα είδη και τύπους οικοτόπων. Οι εκκρεμότητες για τη συμπλήρωση του δικτύου των θαλασσίων ΤΚΣ είναι σημαντικές.
7. Η συμπλήρωση του δικτύου των ΖΕΠ βασίστηκε στην Απογραφή IBA 2000 του BirdLife International. Το 2008, η Ελλάδα καταδικάστηκε από το Δικαστήριο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, διότι ο αριθμός και η συνολική επιφάνεια των Ελληνικών ΖΕΠ υπολείπονταν σημαντικά σε αριθμό και σε έκταση του καταλόγου IBA 2000. Μετά από μελέτη, υποβλήθηκε από την Ελλάδα ένας σημαντικός αριθμός νέων ΖΕΠ με τελικό αποτέλεσμα η υπόθεση της καταδίκης να αρχειοθετηθεί από το Κολλέγιο των Επιτρόπων το Νοέμβριο του 2011. Σε εκκρεμότητα παραμένει ο χαρακτηρισμός θαλασσίων ΖΕΠ στην Ελλάδα.
8. Σήμερα το ελληνικό δίκτυο Natura 2000 περιλαμβάνει 419 περιοχές: 241 ΤΚΣ-EΖΔ και 202 ΖΕΠ, ενώ 24 περιοχές είναι ταυτόχρονα ΤΚΣ και ΖΕΠ. Η έκταση των ΤΚΣ ανέρχεται σε 2.807.512 ha που καλύπτουν 16,3% της Ελληνικής χέρσου και 5,7% των χωρικών υδάτων. Η έκταση των ΖΕΠ ανέρχεται σε 2.952.476 ha και καλύπτουν 21,1% της χέρσου και 1,4% των χωρικών υδάτων. Συνολικά, η έκταση του Δικτύου Natura 2000 στην Ελλάδα ανέρχεται σε 4.294.205 ha και καλύπτει 27,2% της χέρσου και 6,1% των χωρικών υδάτων. Η έκταση του ελληνικού δικτύου Natura 2000 αντιστοιχεί στο 4,5% της έκτασης του ευρωπαϊκού δικτύου, φέρνοντας την Ελλάδα στη δέκατη θέση σε σχέση με τα 27 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο μέσος όρος κάλυψης εθνικού εδάφους χέρσου της Ευρώπης είναι 17,5%, οπότε η Ελλάδα τοποθετείται στην έκτη

θέση μεταξύ των 27 κρατών-μελών, μετά τη Σλοβενία, τη Βουλγαρία, τη Σλοβακία, την Κύπρο και την Ισπανία.

- 9.** Η πλειονότητα των περιοχών του Δικτύου Natura 2000 είναι μεγάλης έκτασης και λόγω της ιδιαίτερης βιοποικιλότητας του ελληνικού χώρου, οι περιοχές περιλαμβάνουν ποικιλία τύπων οικοτόπων και οικοτόπων ειδών.
- 10.** Σε μεγάλο μέρος της έκτασης του Natura 2000 έχει πραγματοποιηθεί αναλυτική χαρτογράφηση των τύπων οικοτόπων στο πλαίσιο του προγράμματος «Αναγνώριση και περιγραφή των τύπων οικοτόπων σε περιοχές ενδιαφέροντος για την διατήρηση της φύσης», το οποίο εκπονήθηκε με χρηματοδότηση από το Β' και Γ' ΚΠΣ (1999-2001). Στο πλαίσιο του έργου αυτού παρήχθησαν αναλυτικοί χάρτες βλάστησης τύπων οικοτόπων κλίμακας 1:50.000, οι οποίοι παρουσιάζονται και σε κλίμακα 1:20.000.
- 11.** Τμήμα των περιοχών του δικτύου Natura 2000 είναι χαρακτηρισμένο ως προστατευόμενο σύμφωνα με τη δασική νομοθεσία. Τμήμα του δικτύου, περίπου το 25% της έκτασής του, είναι χαρακτηρισμένο σύμφωνα με το νόμο 1650/1986 όπως ισχύει σήμερα μετά την έκδοση του νόμου 3937/2011. Τα δύο αυτά τμήματα έχουν πολύ μεγάλο ποσοστό αλληλοεπικάλυψης. Με το νόμο 3937/2011, 239 ΤΚΣ χαρακτηρίστηκαν ήδη ως ΕΖΔ.
- 12.** Επιπλέον, έχουν θεσμοθετηθεί οριζόντιες προβλέψεις περιορισμών και ρυθμίσεων εντός των περιοχών Natura 2000, οι οποίες περιλαμβάνονται στο νόμο 3937/2011, στα ειδικά πλαίσια χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης, στο νόμο 3851/2010 για τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, στην εναρμόνιση της Οδηγίας 79/409 για τα είδη ορνιθοπανίδας χαρακτηρισμού, στα δασικά διαχειριστικά σχέδια, στα αγροπεριβαλλοντικά μέτρα και στη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης.
- 13.** Το Δικαστήριο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων καταδίκασε την Ελλάδα, γιατί δεν έχει θεσπίσει και εφαρμόσει ένα συνεκτικό, συγκεκριμένο και ολοκληρωμένο νομικό καθεστώς, ικανό να εξασφαλίσει τη βιώσιμη διαχείριση και την αποτελεσματική προστασία των ΖΕΠ. Η Ελλάδα, παράλληλα με τις υπόλοιπες προσπάθειες που κάνει, εκπόνησε και τη μελέτη «Προσδιορισμός δραστηριοτήτων συμβατών με τα είδη χαρακτηρισμού των υφιστάμενων ΖΕΠ» και θεσμοθέτησε συμπληρωματική εναρμόνιση της Οδηγίας 2009/147 (κωδικοποίηση της 79/409).
- 14.** Περαιτέρω, έχουν ιδρυθεί 29 Φορείς Διαχείρισης, που καλύπτουν περίπου το 23% της έκτασης του Natura, ήτοι περίπου 1.000.000 ha.

[14][15]

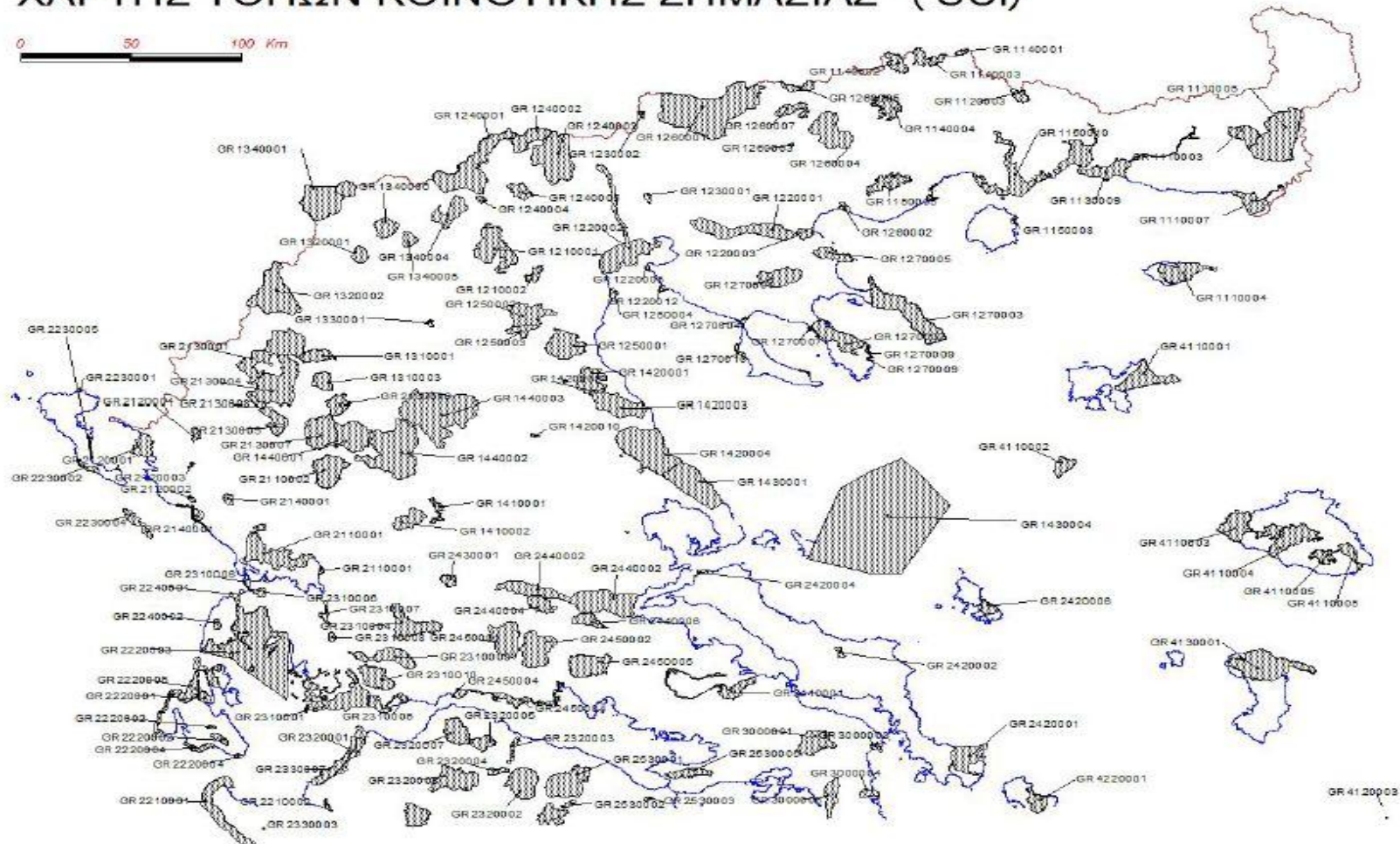
Παράρτημα ΙΙ

1ο επίπεδο	2ο επίπεδο	3ο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ- ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	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 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1 ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	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
	3.1 ΔΑΣΗ	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	3.2 ΣΥΝΑΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αέριο χιόνι
	4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	5.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.1.1 Υδατορρέυματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Παράρτημα III

ΧΑΡΤΗΣ ΤΟΠΩΝ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ (SCI)

0 50 100 Km

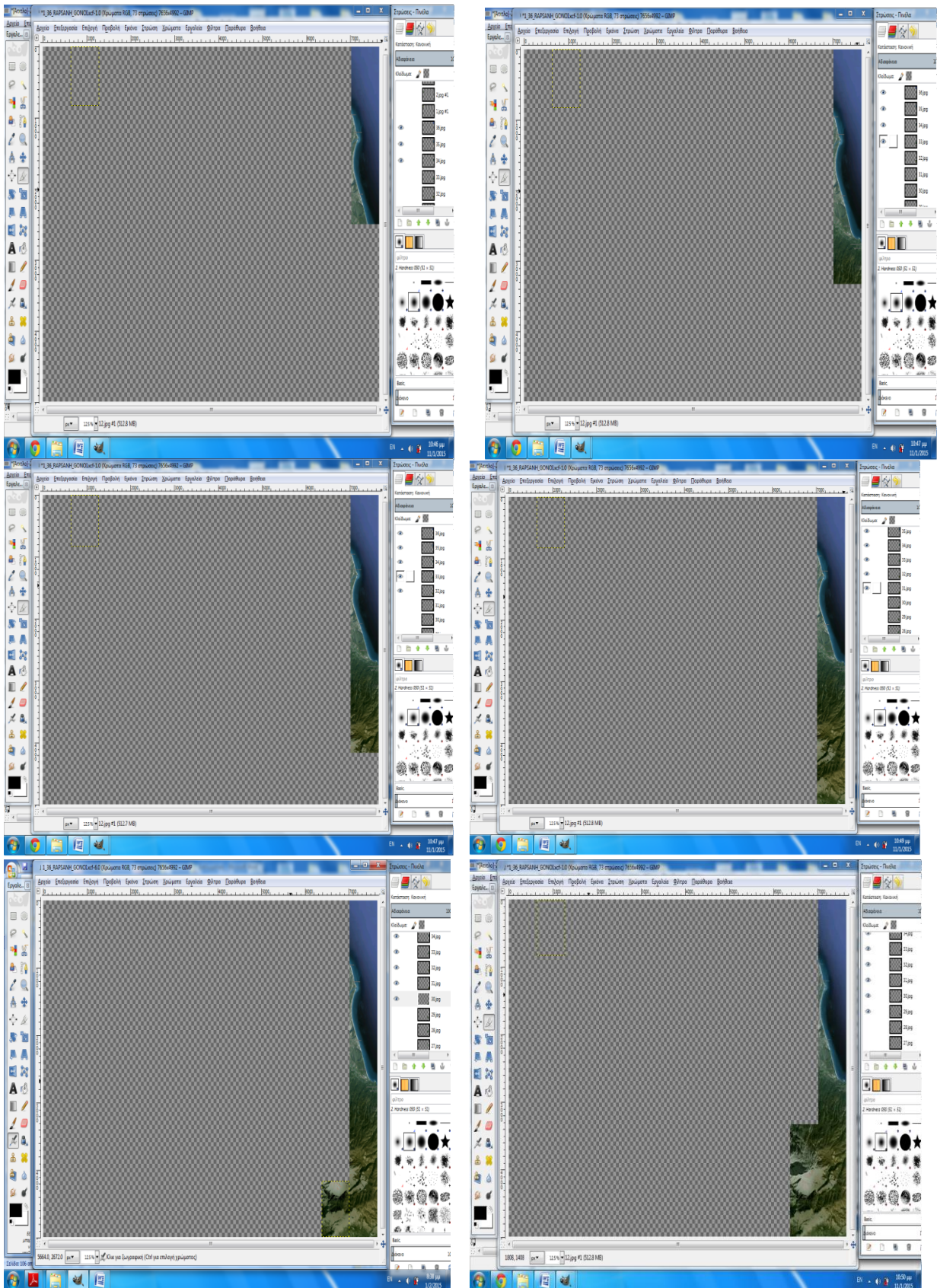


Παράρτημα IV

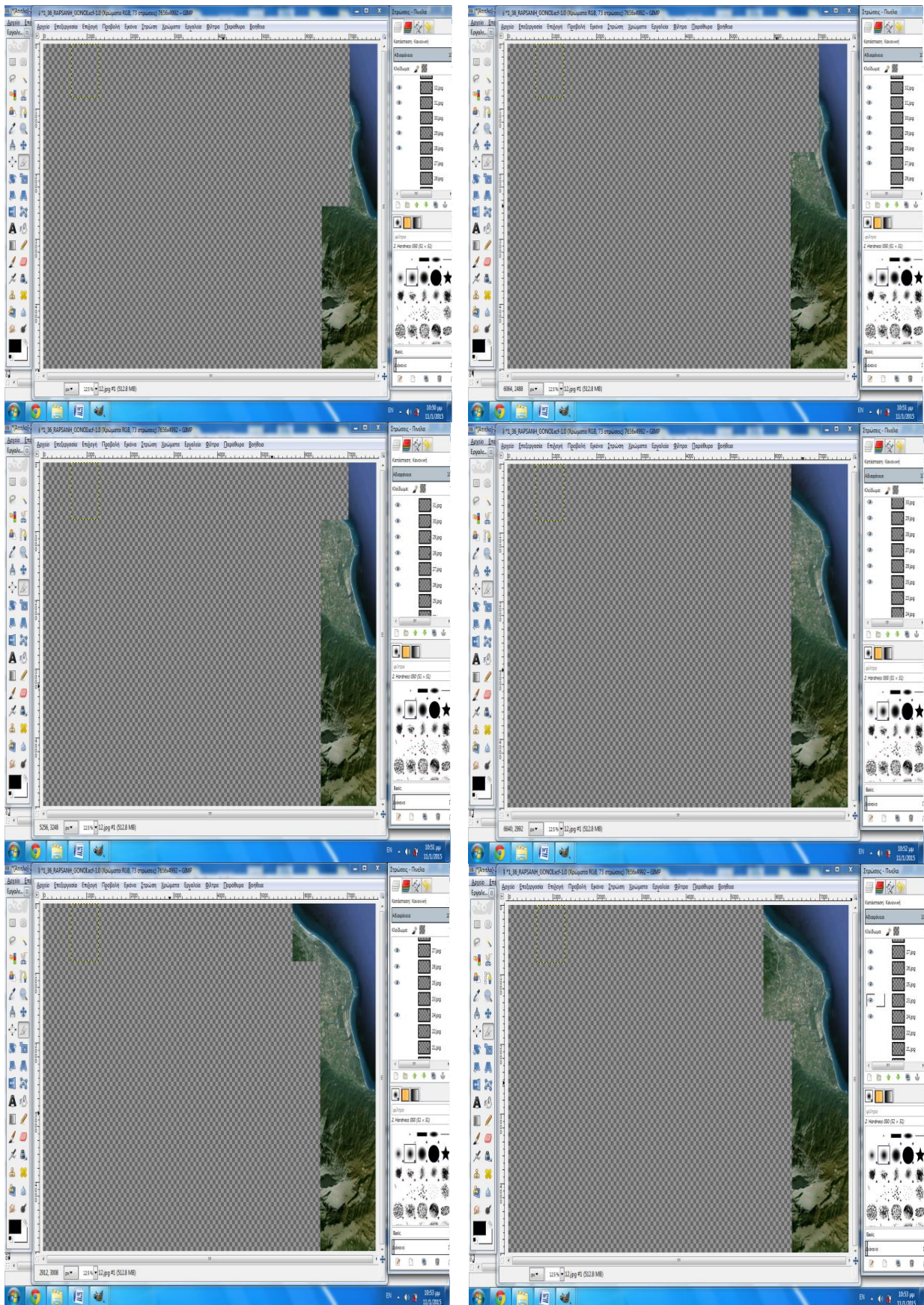


[15]

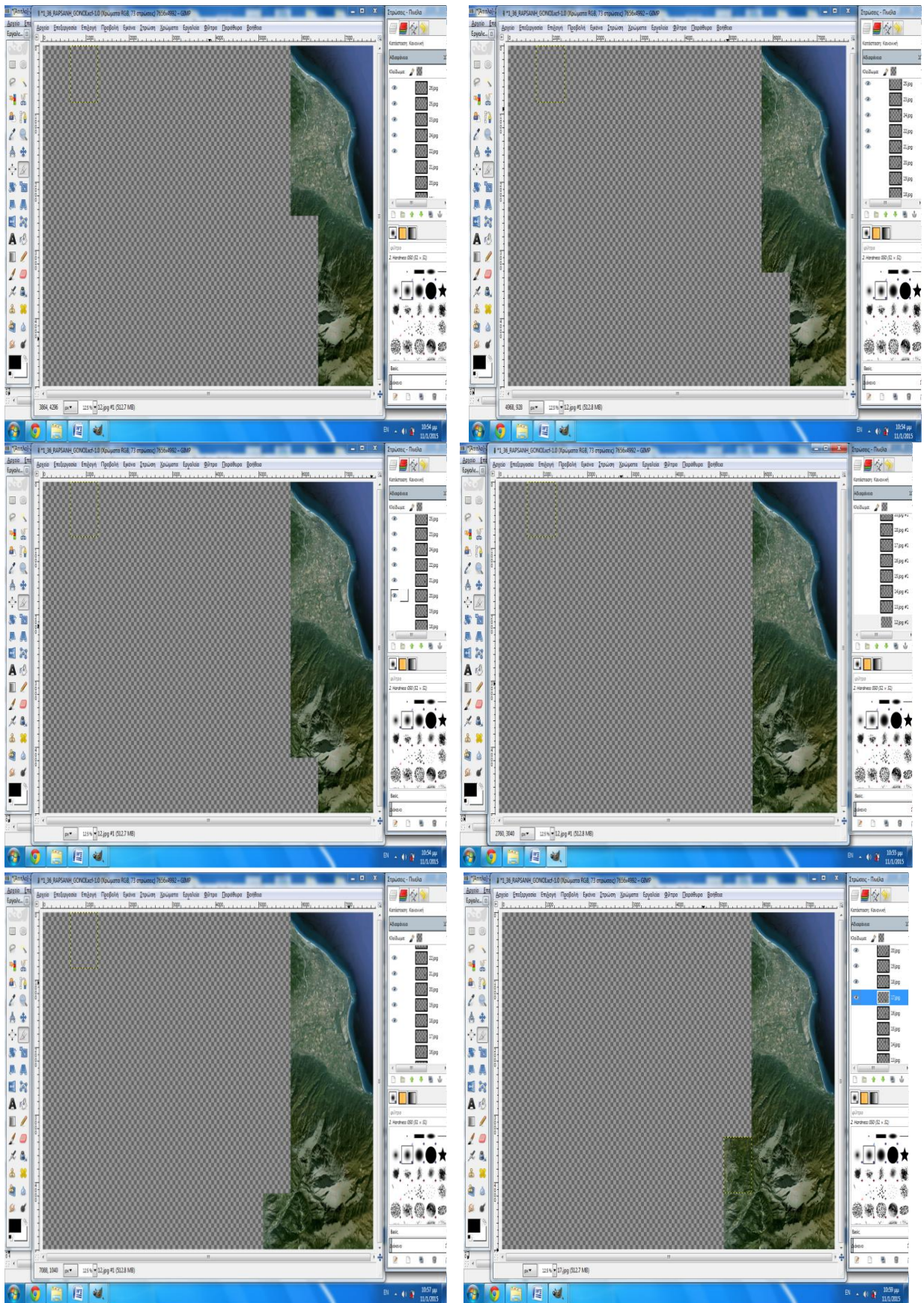
Παράρτημα V



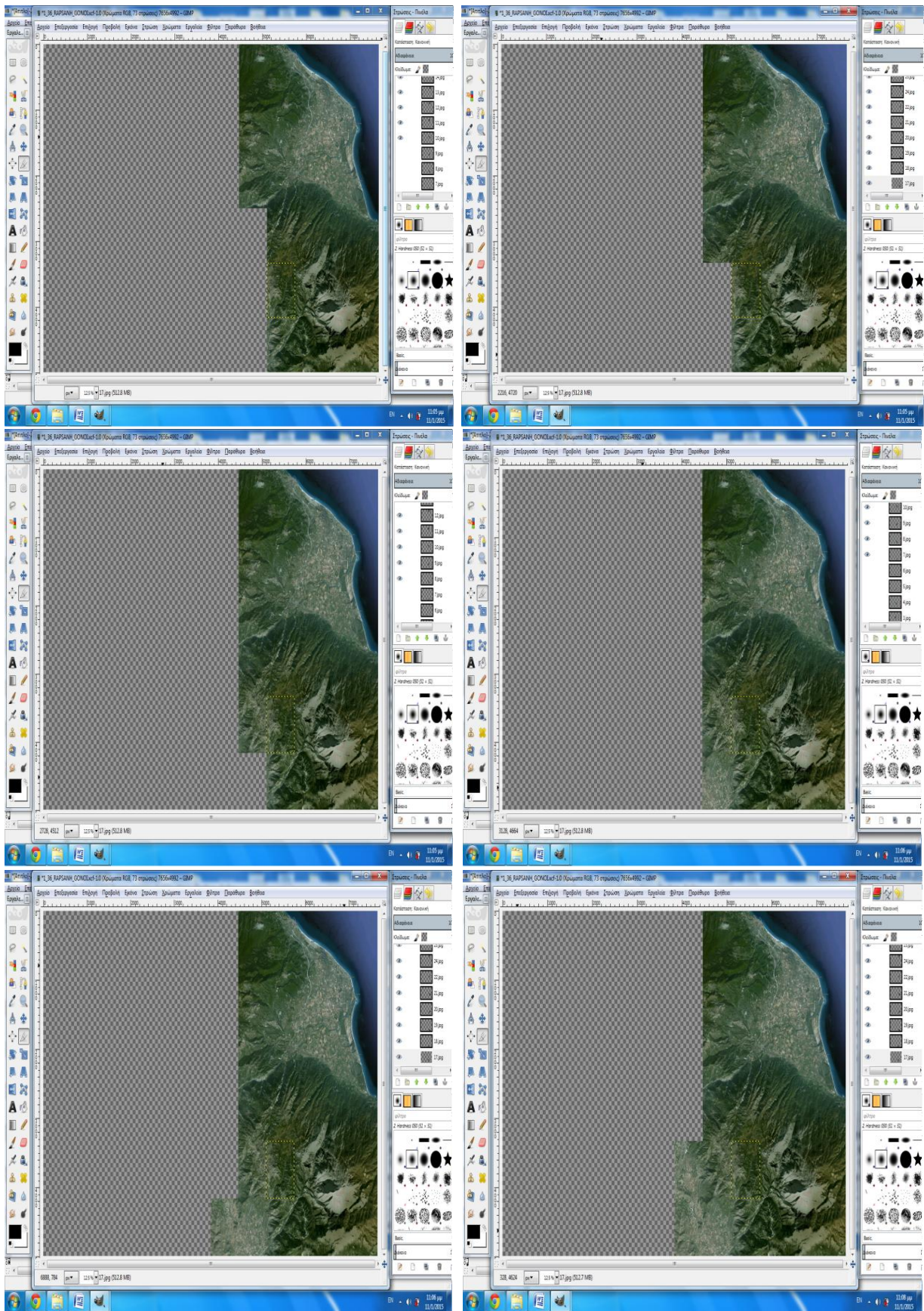
Εικόνες 53, 54, 55, 56, 57, 58: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



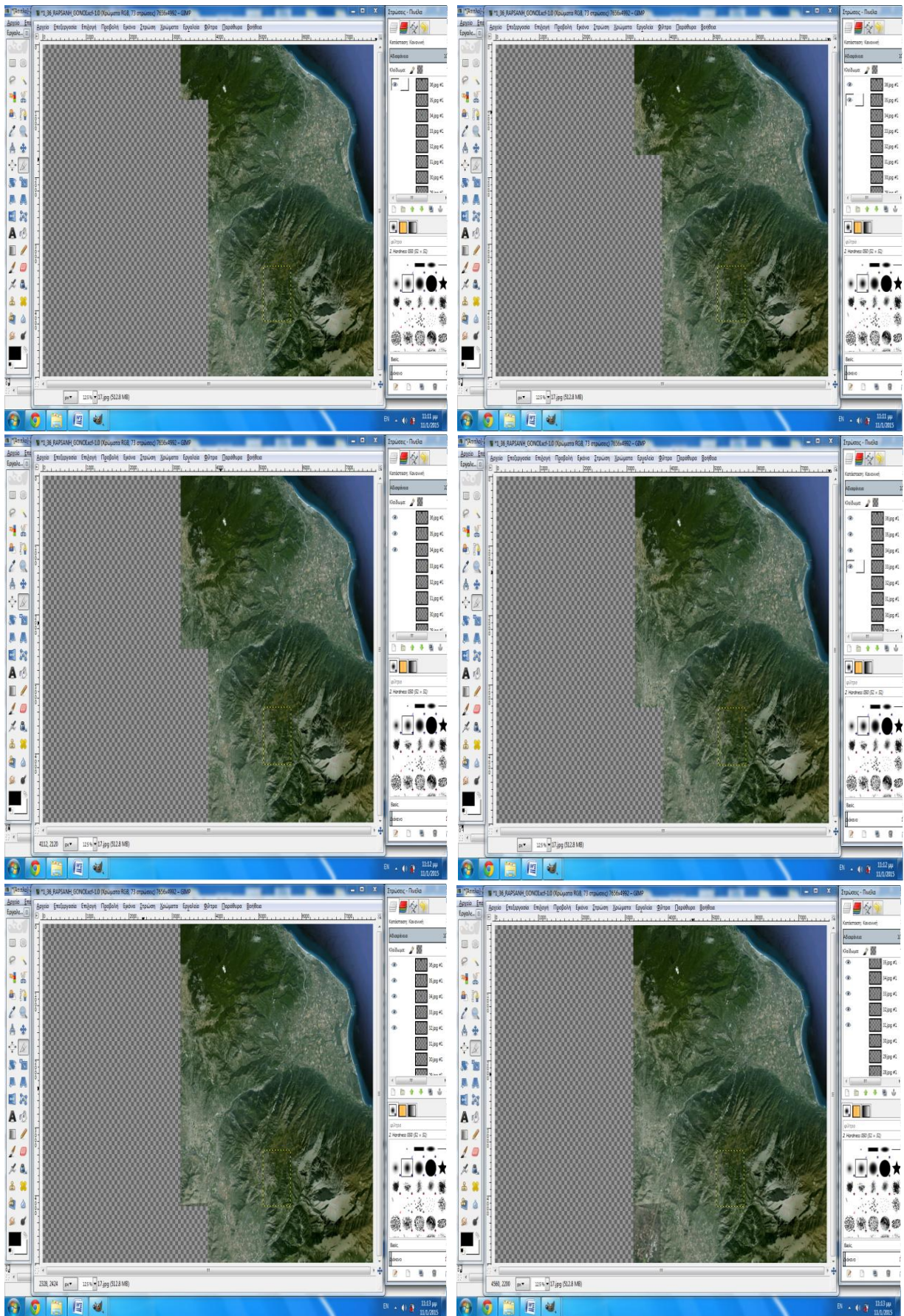
Εικόνες 59, 60, 61, 62, 63, 64: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



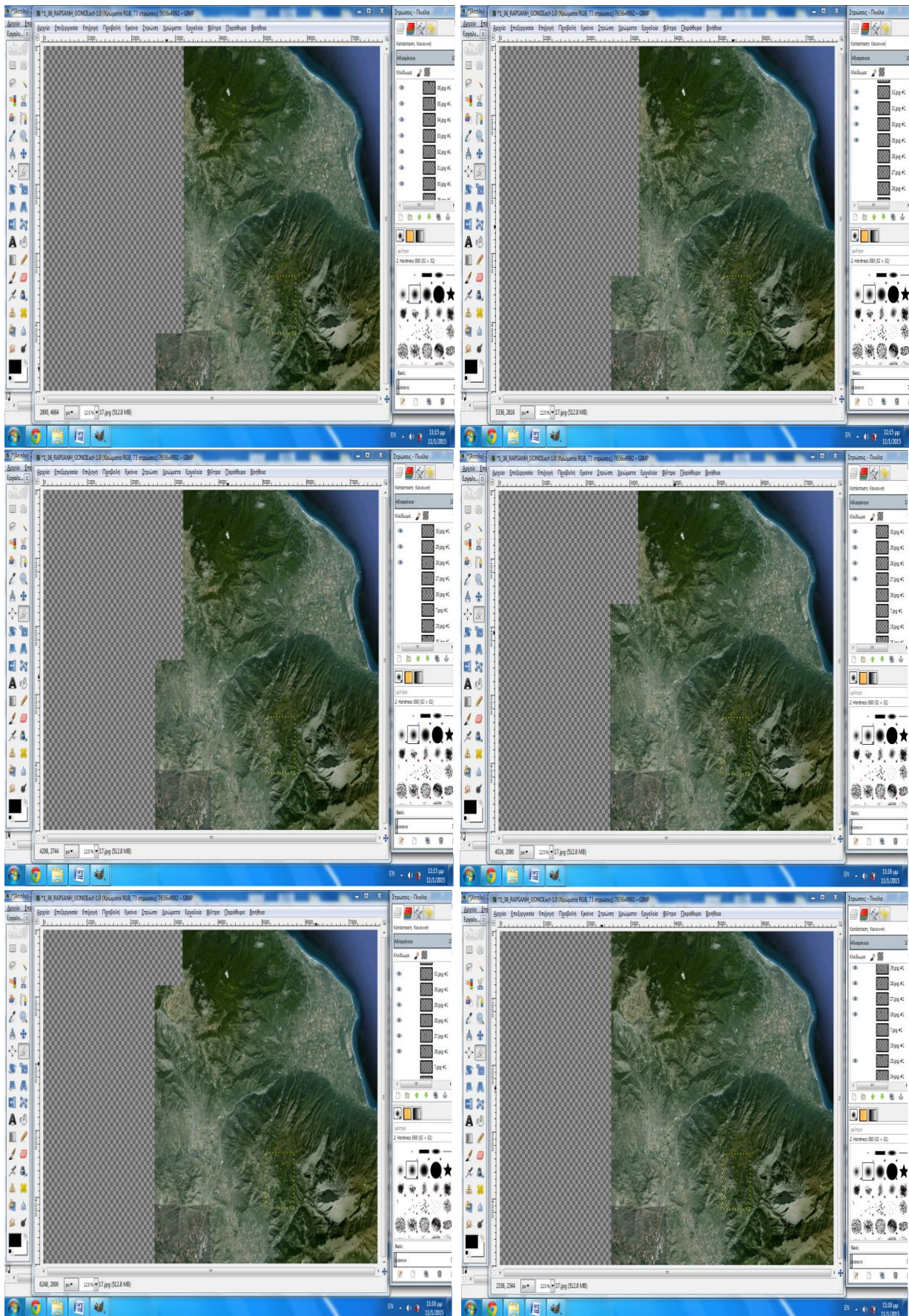
Εικόνες 65, 66, 67, 68, 69, 70: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



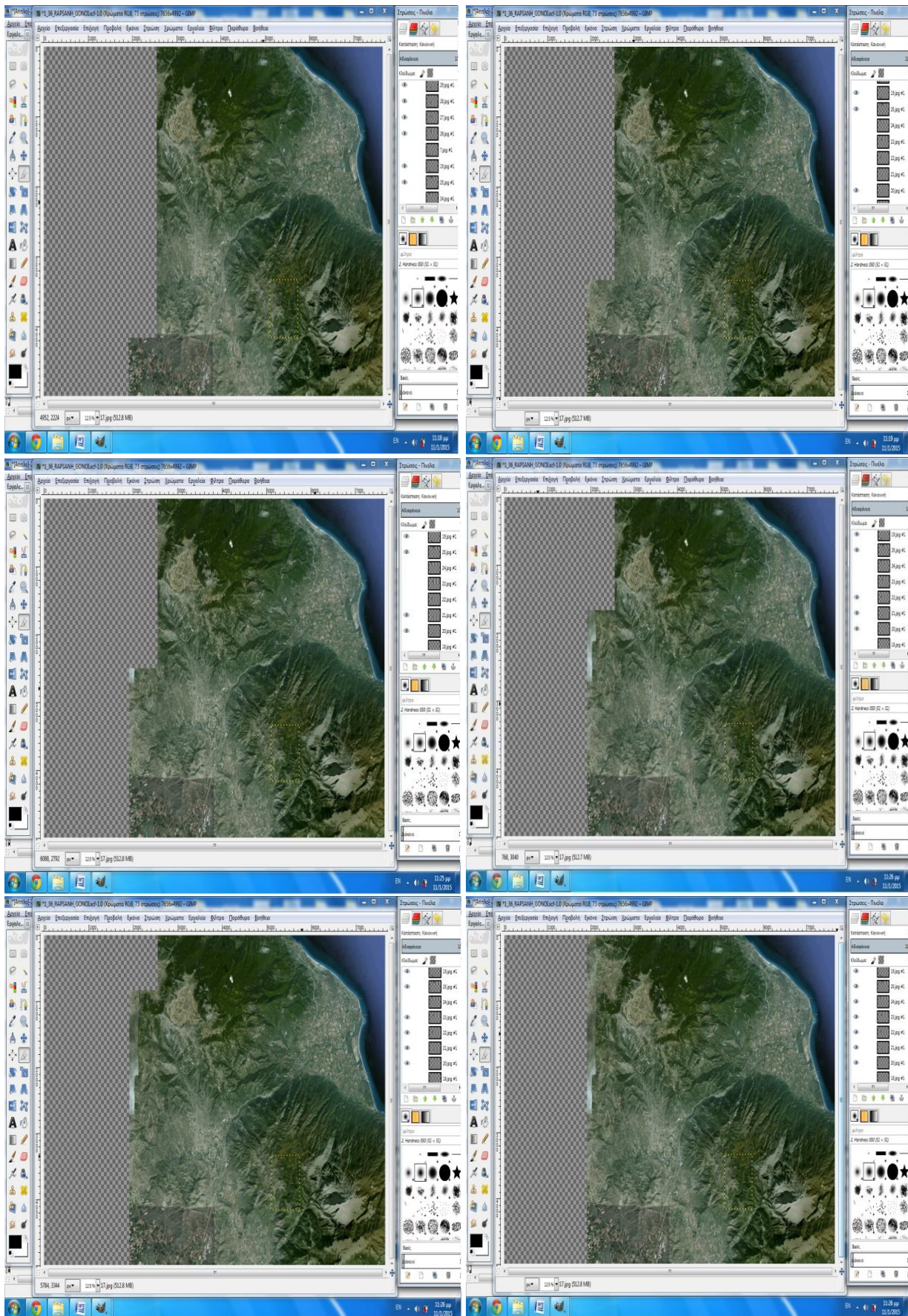
Εικόνες 71, 72, 73, 74, 75, 76: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



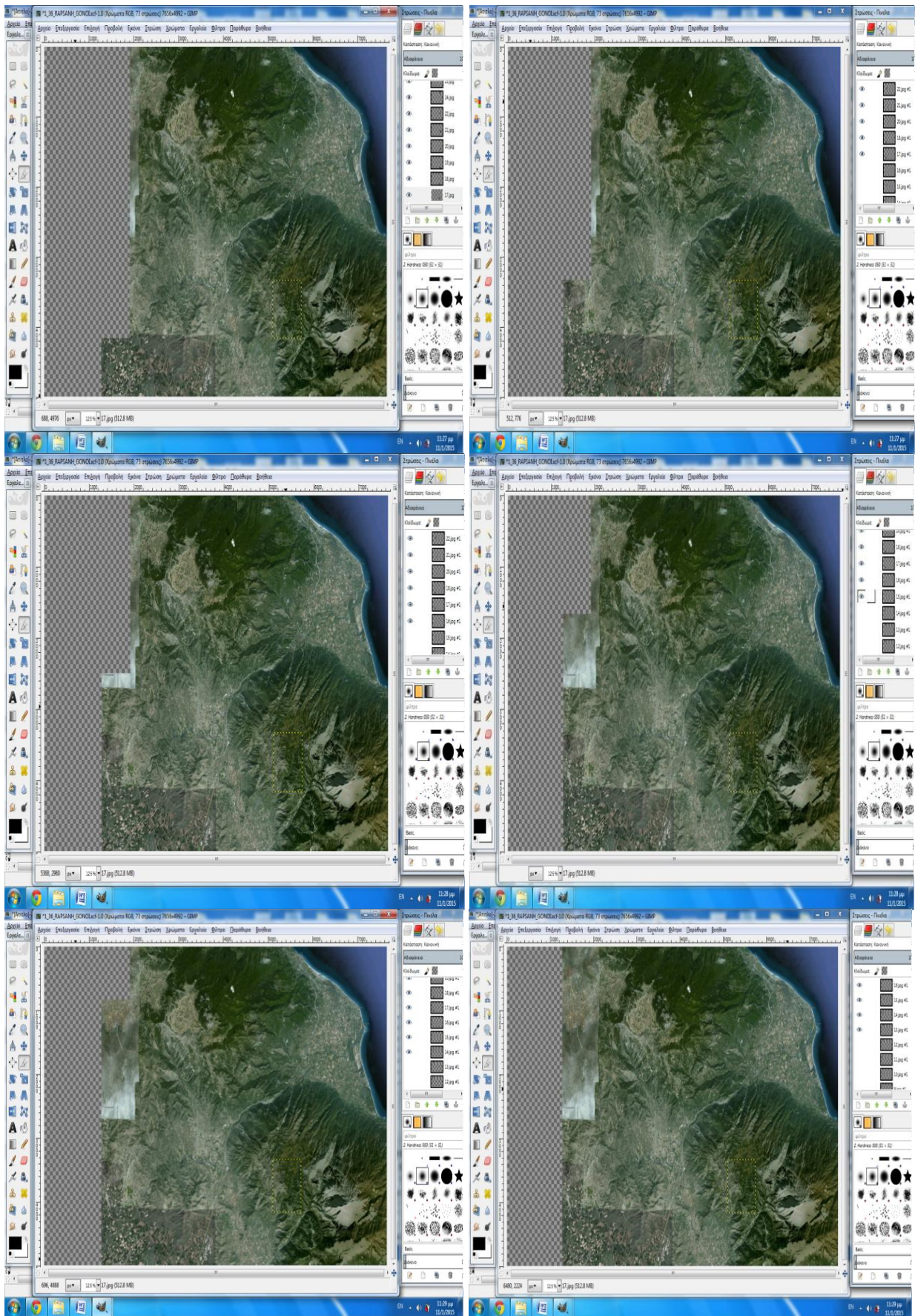
Εικόνες 71, 72, 73, 74, 75, 76: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



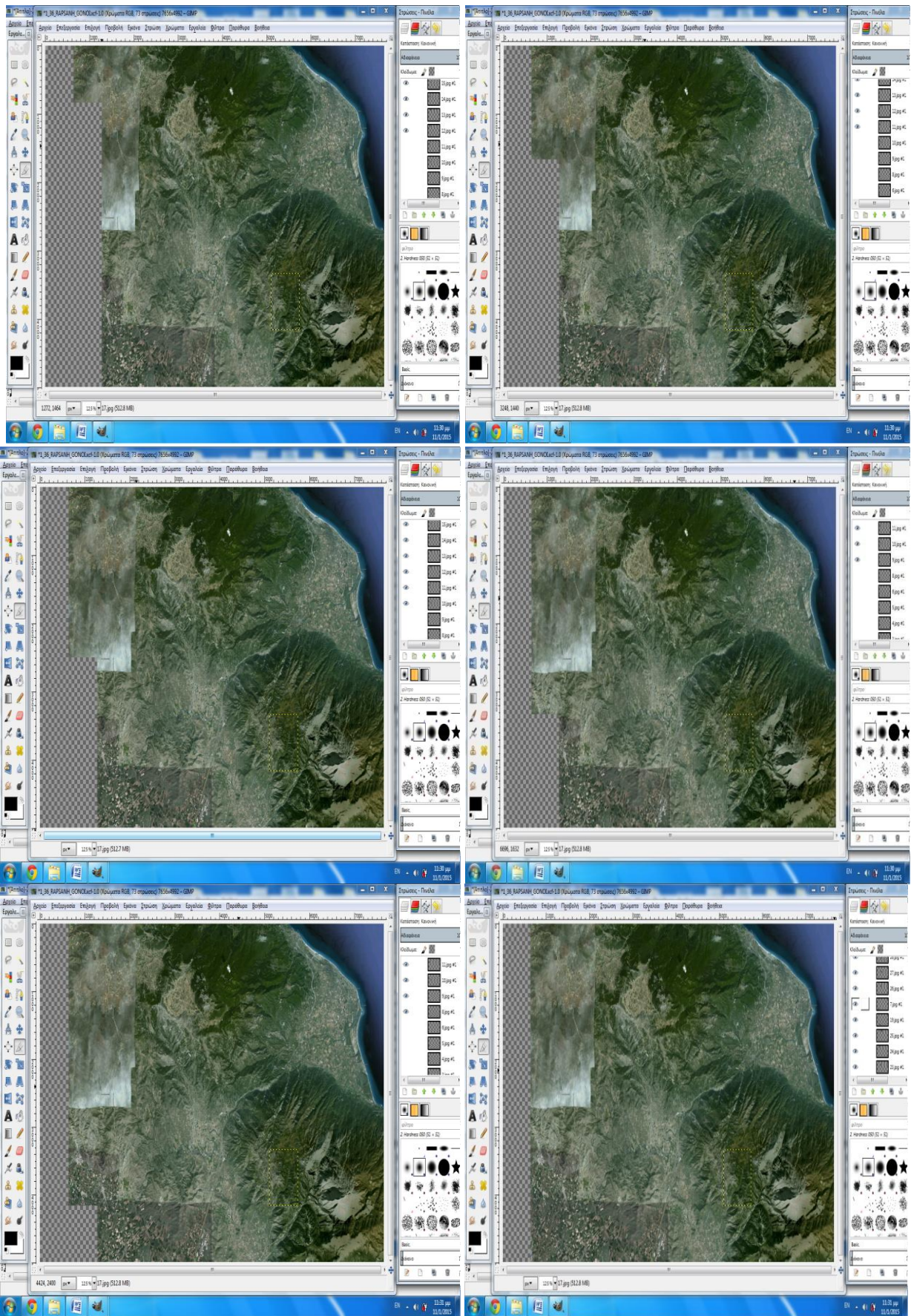
Εικόνες 77, 78, 79, 80, 81, 82: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



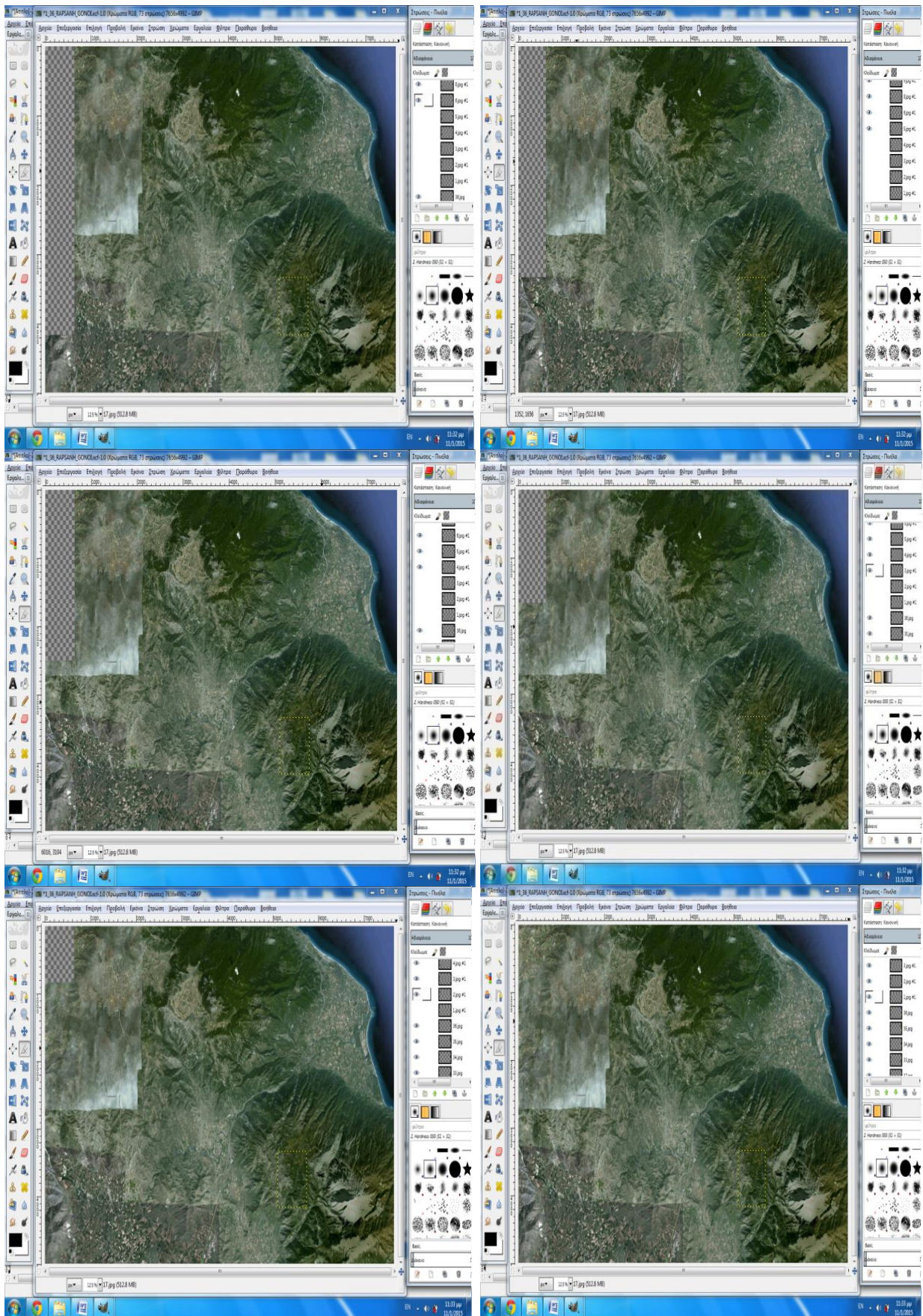
Εικόνες 83, 84, 85, 86, 87, 88: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



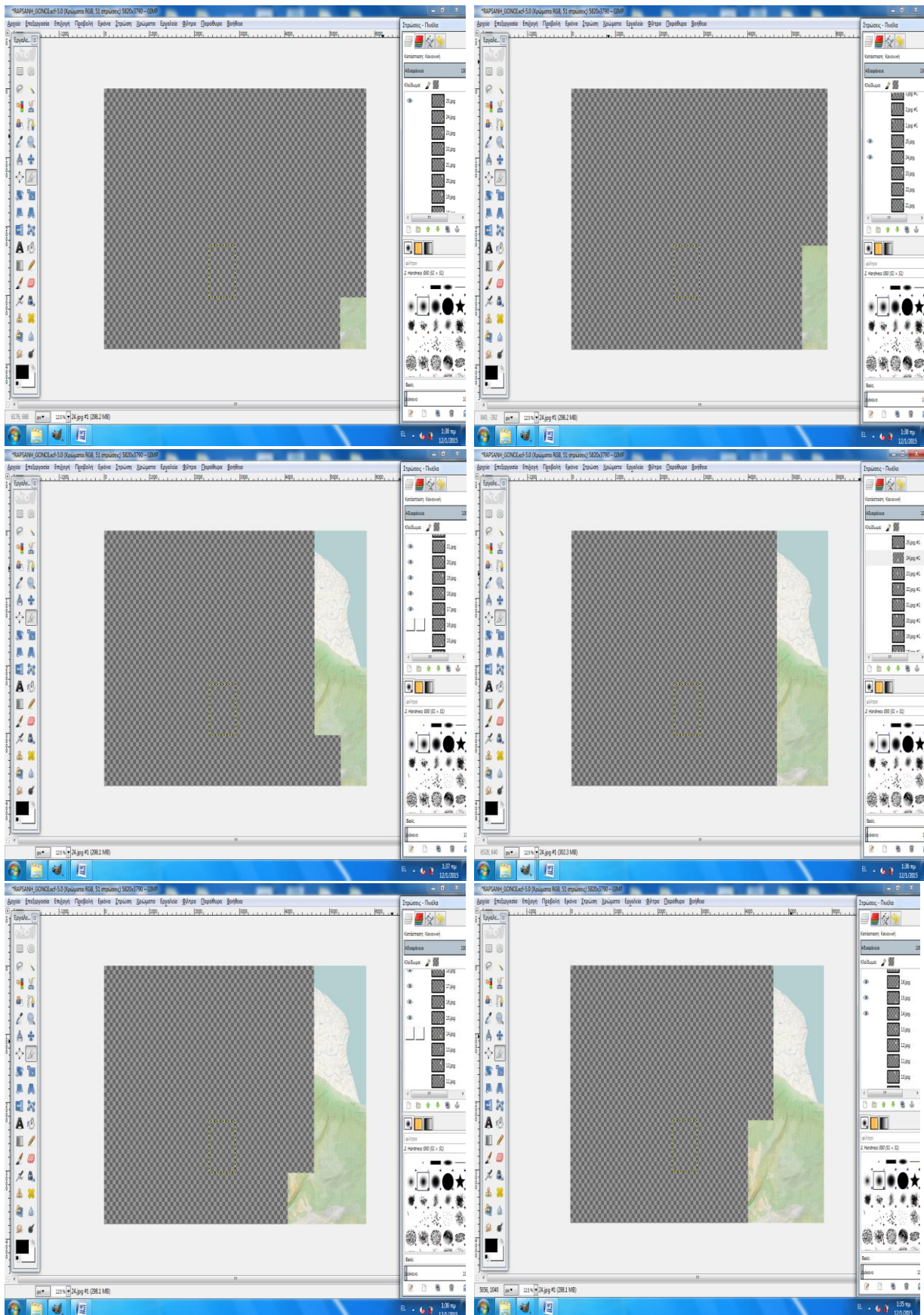
Εικόνες 89, 90, 91, 92, 93, 94: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



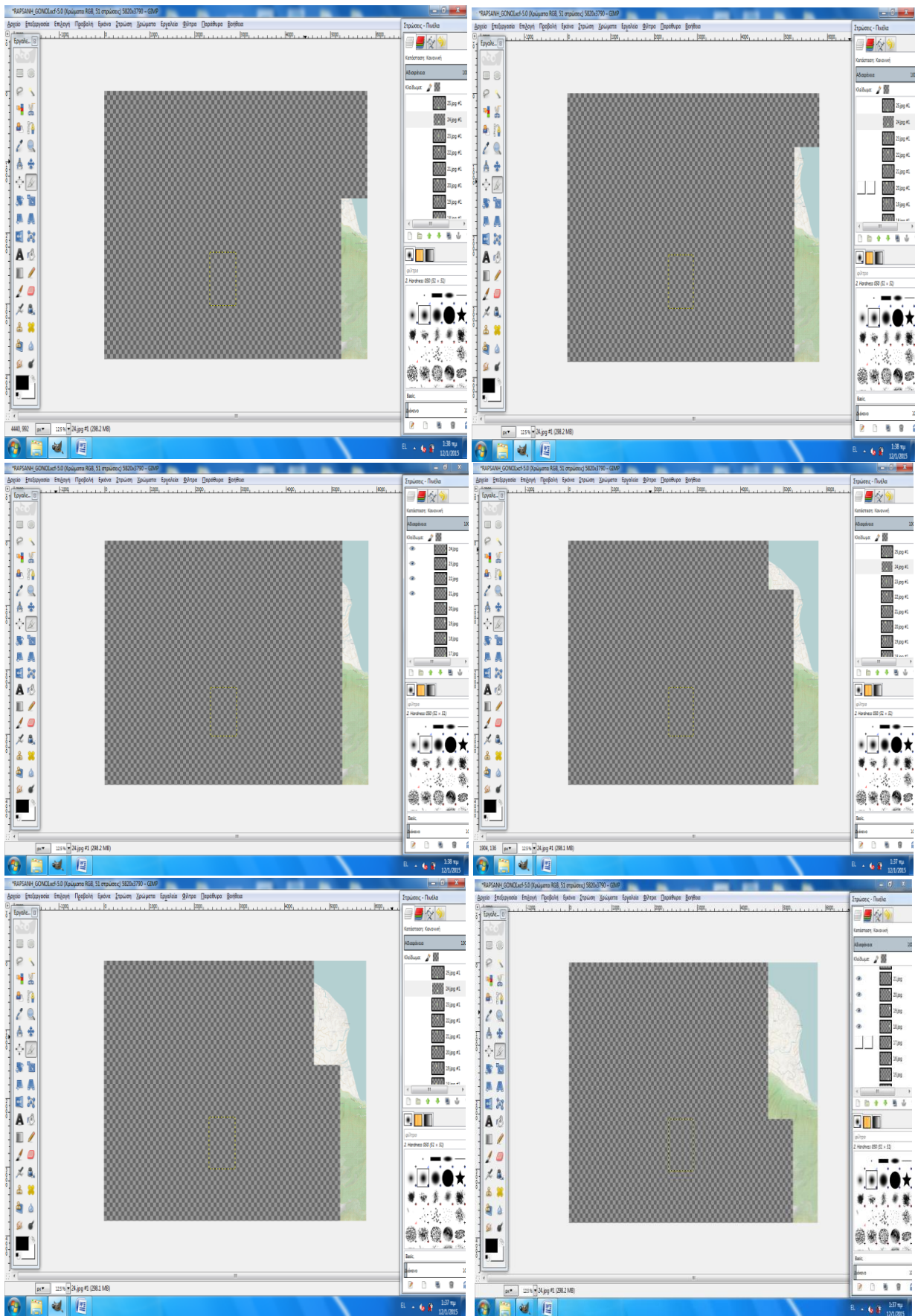
Εικόνες 95, 96, 97, 98, 99, 100: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



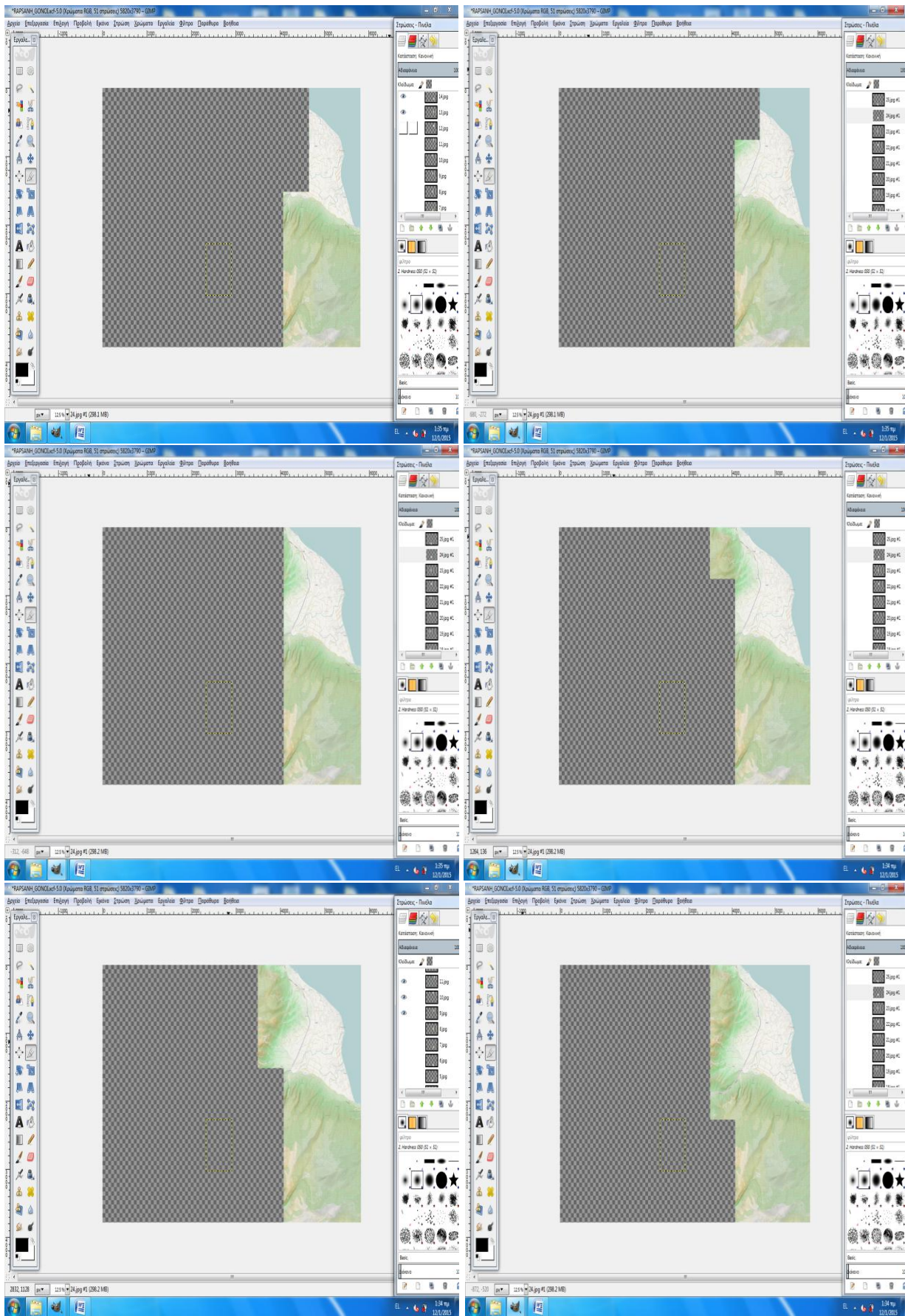
Εικόνες 101, 102, 103, 104, 105, 106: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το GoogleEarth [18] [23]



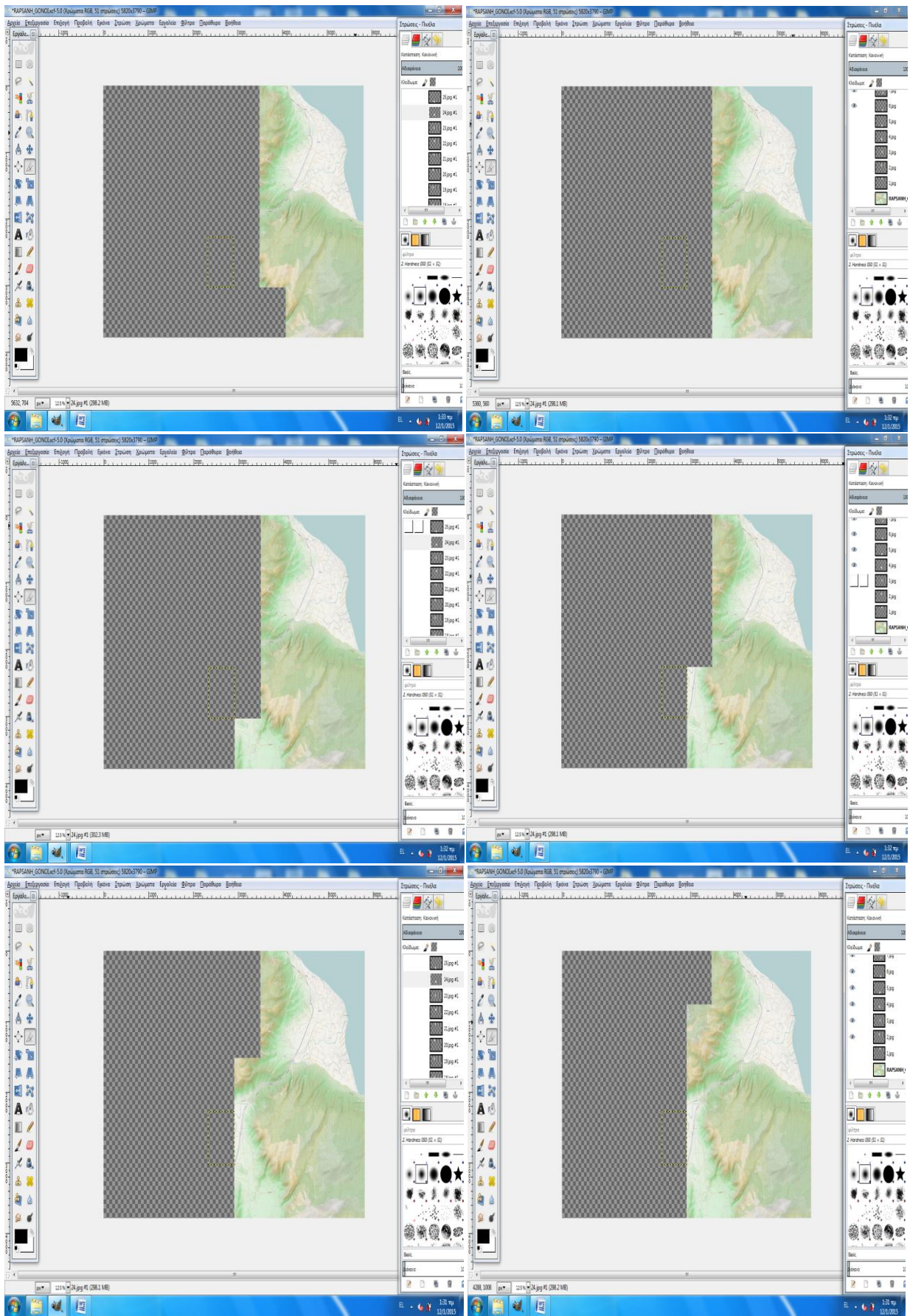
Εικόνες 107, 108, 109, 110, 111, 112: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



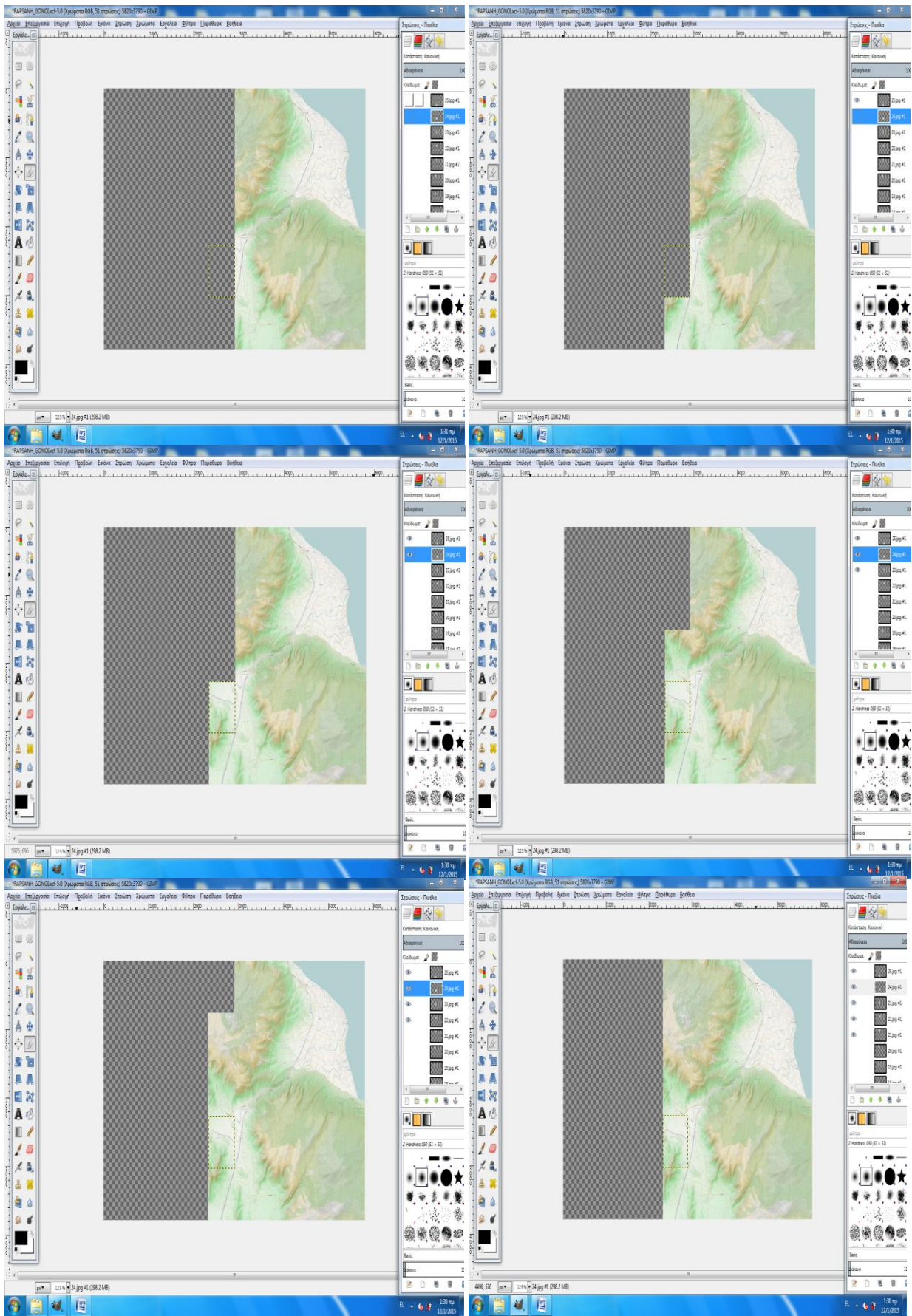
Εικόνες 113, 114, 115, 116, 117, 118: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



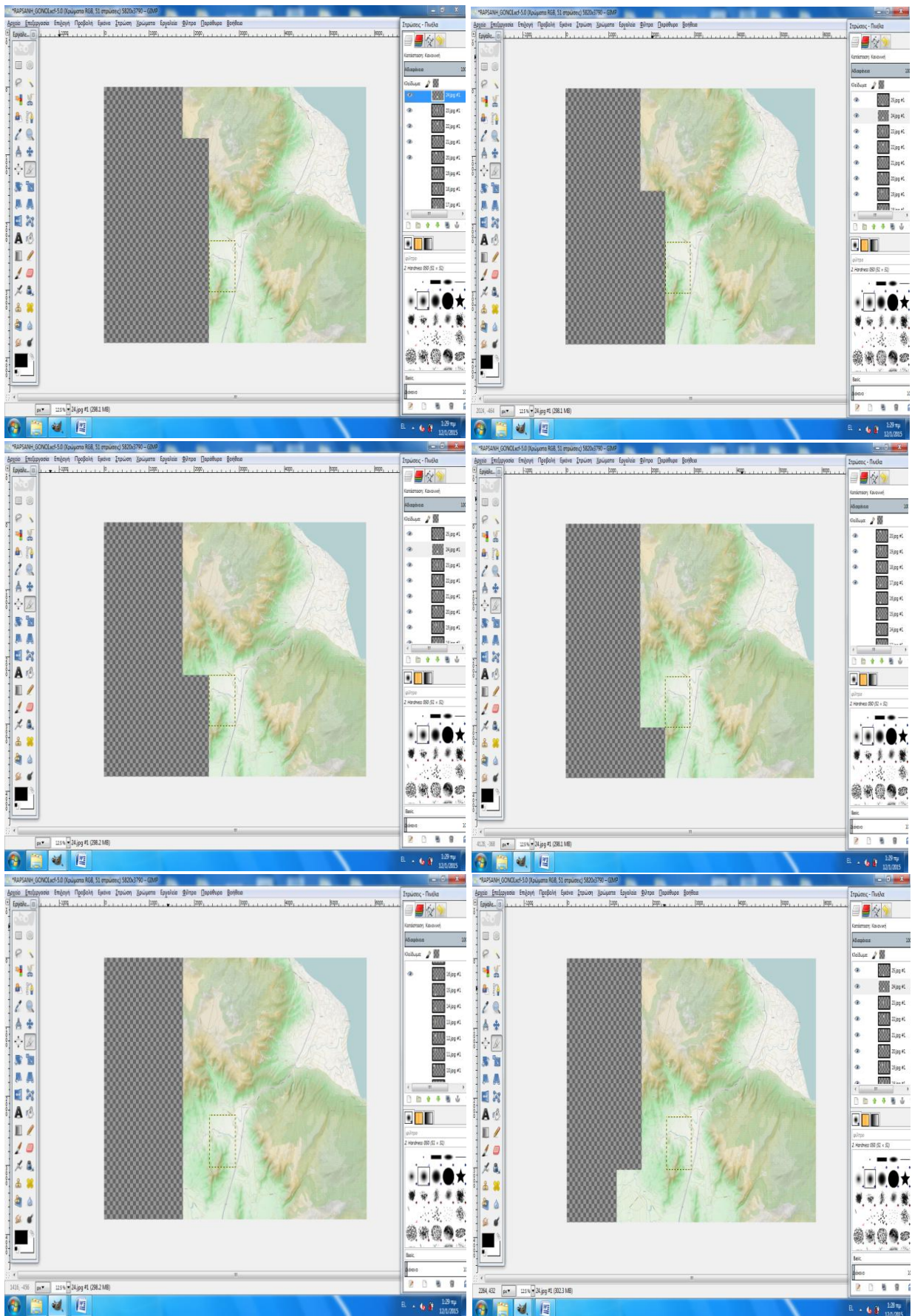
Εικόνες 119, 120, 121, 122, 123, 124: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



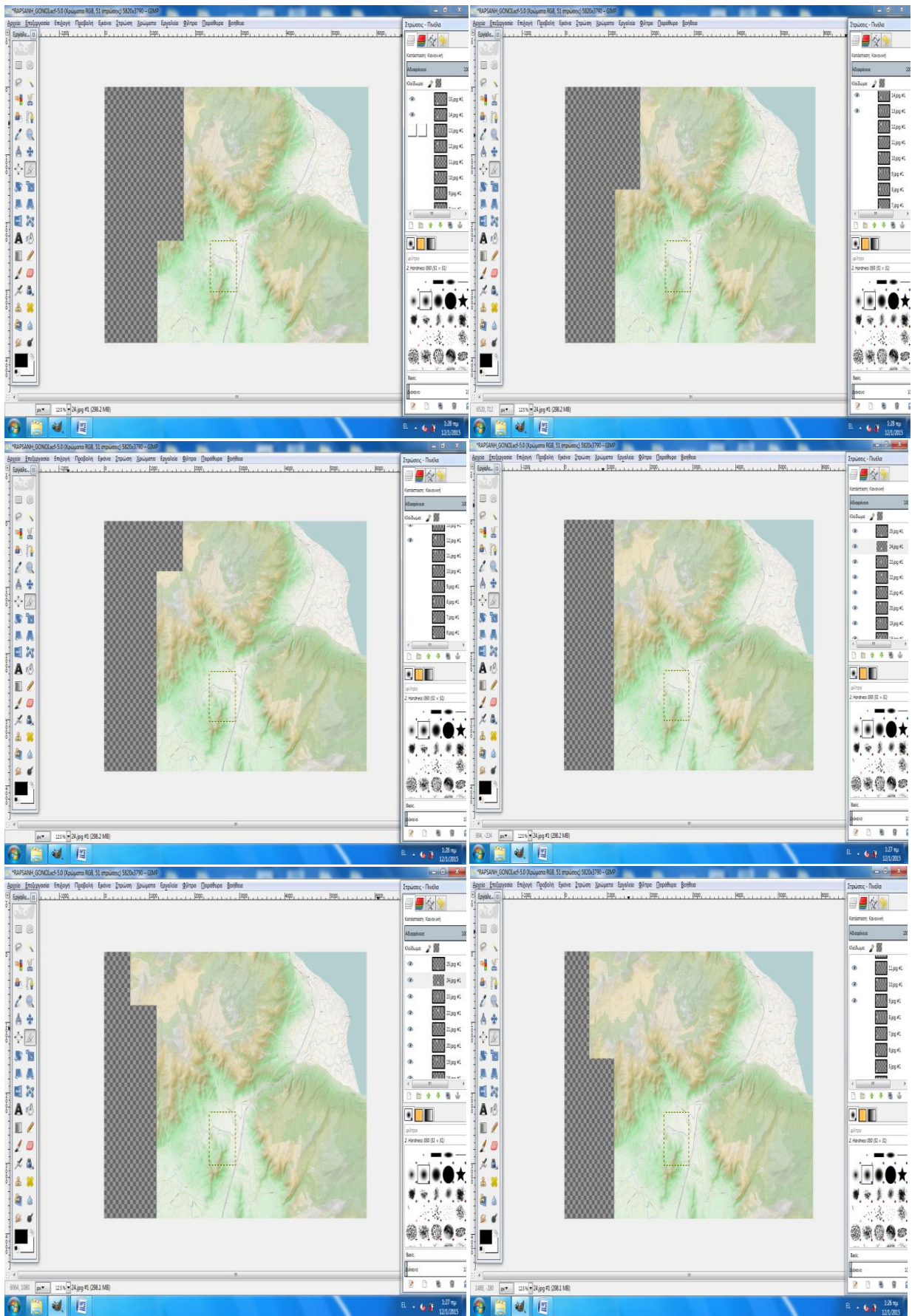
Εικόνες 125, 126, 127, 128, 129, 130: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



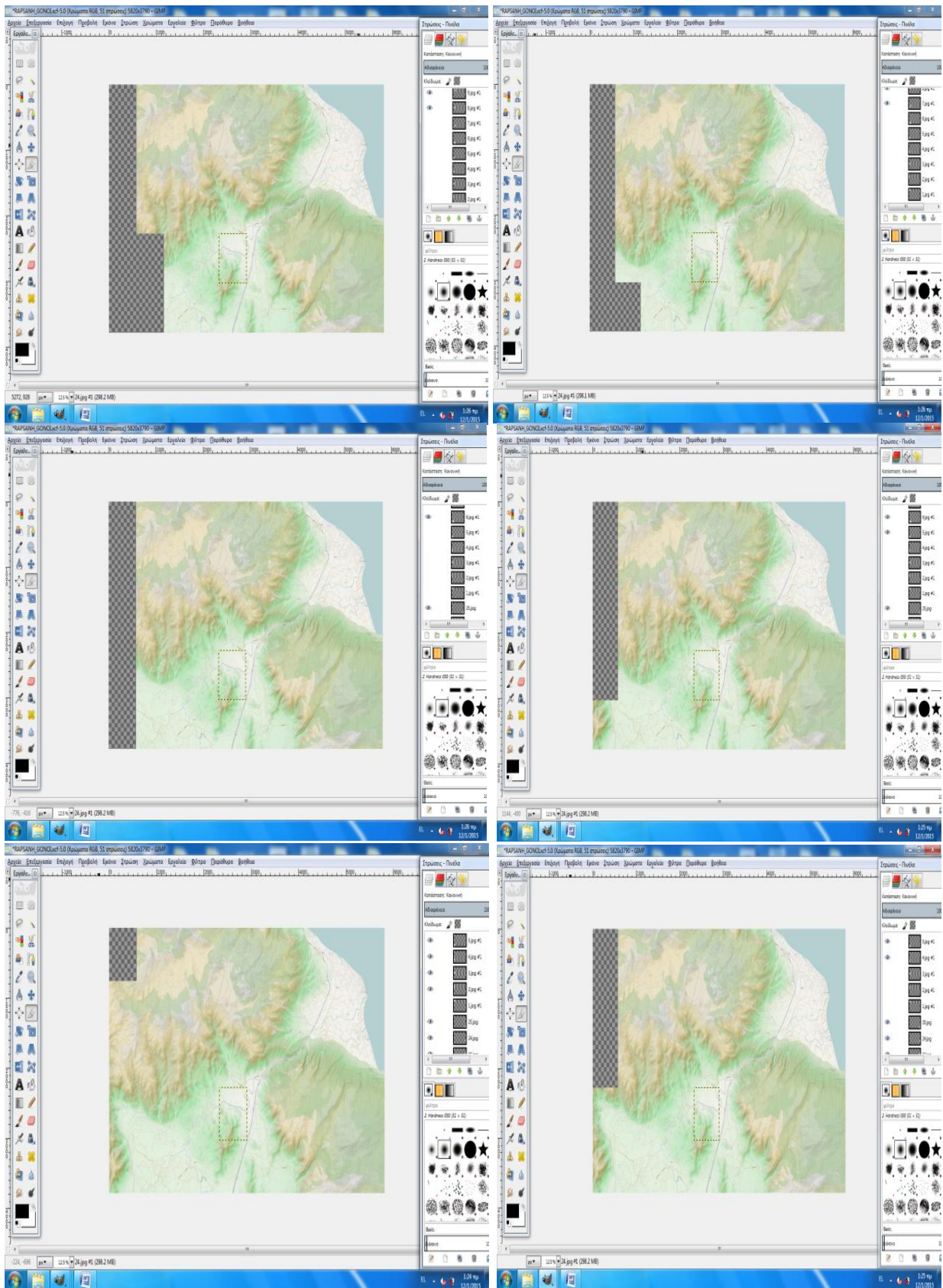
Εικόνες 131, 132, 133, 134, 135, 136: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



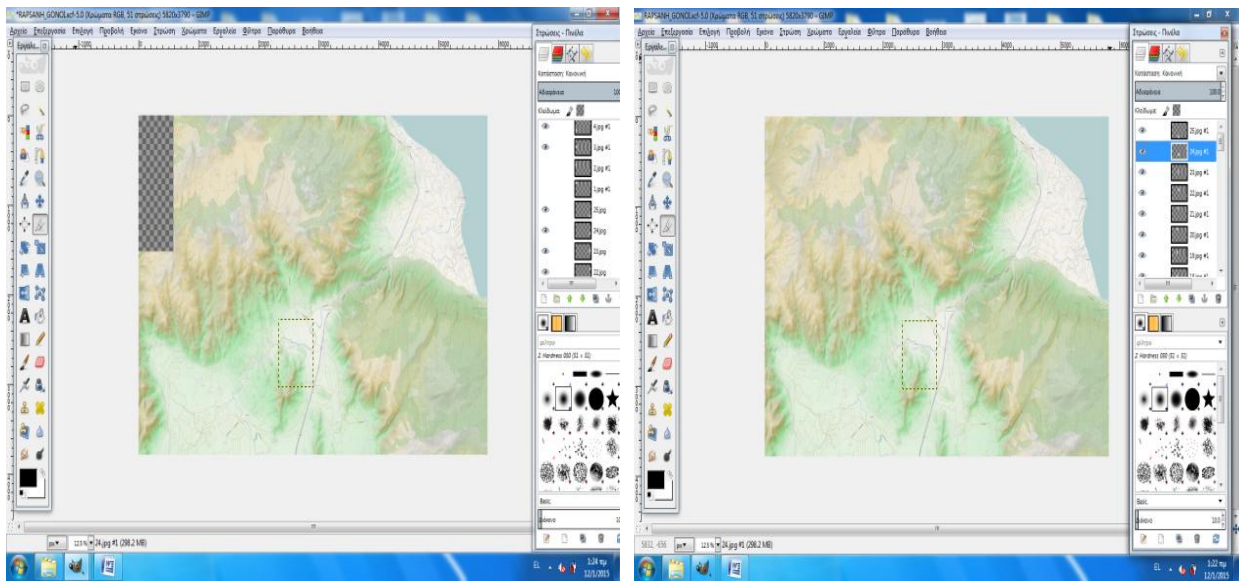
Εικόνες 137, 138, 139, 140, 141, 142: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



Εικόνες 143, 144, 145, 146, 147, 148: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



Εικόνες 149, 150, 151, 152, 153, 154: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]



Εικόνες 155, 156: Επεξεργασία, στο Gimp, εικόνας, εξαγόμενης, από το OpenStreetMaps [18] [22]

[18][22] [23]

Βιβλιογραφία

- [1] <http://gsshawiki.com/Introduction:Introduction>
- [2] <http://gsshawiki.com/Introduction:History>
- [3] <http://gsshawiki.com/Introduction:Purpose>
- [4] http://gsshawiki.com/Model_Formulation:Model_Formulation
- [5] http://gsshawiki.com/Surface_Water_Routing:Surface_Water_Routing
- [6] <http://www.tuflow.com/About.aspx>
- [7] <http://www.tuflow.com/About.aspx?History>
- [8] <http://www.esri.com/software/arcgis>
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki/HEC-RAS>
- [10] <http://www.hec.usace.army.mil/about/>
- [11] <http://www.hec.usace.army.mil/about/history.aspx>
- [12] <http://www.dimosagias.gr/fusi-peribalon/item/200-delta-pineiou.html>
- [13] <http://www.larissa-dimos.gr/new/index.asp?pid=5&sub=1>
- [14] <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=sAQ4jrOlk%2bo%3d&tabid=432&language=el-GR>
- [15] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=432>
- [16] Γεωλογικός χάρτης του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Ραψάνη
- [17] Χάρτης της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) σε κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Ραψάνη
- [18] <http://www.gimp.org/>
- [19] <http://www.aquaveo.com/software/sms-surface-water-modeling-system-introduction>
- [20] <http://www.aquaveo.com/software/wms-watershed-modeling-system-introduction>

[21] <http://www.aquaveo.com/software/gms-groundwater-modeling-system-introduction>

[22] <http://www.openstreetmap.org/#map=5/40.447/26.982>, “© Συνεισφέροντες του OpenStreetMap”

[23] <https://www.google.com/earth/>

[24] http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=16&sobi2Id=54&Itemid

[25] <http://www.itia.ntua.gr/getfile/428/1/documents/1999sofianopoulos.pdf>

[26] <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=keIuJ1wwrsc%3d&tabid=252>, ΦΕΚ Β 1108 21072010

[27] Τεχνική υδρολογία, Μ. Α. Μιμίκου, Ε. Α. Μπαλάς, Παπασωτηρίου, 2006, 297 σελ., ISBN 960-7530-80-2, ISBN-13 978-960-7530-80-6

[28] https://www.itia.ntua.gr/nikos/floods/ombries_13.pdf, Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα, στα πλαίσια του ΔΠΜΣ, του ΕΜΠ, «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων»

[29] Διευθετήσεις Υδατορευμάτων, Βασιλείου Δ. Δερμίσση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2011, 631 σελ., ISBN 978-960-418-296-1

[30] <http://www.aquaveo.com/>

[31] http://smstutorials-11.2.aquaveo.com/SMS_TUFLOW_2D.pdf

[32] <http://wmstutorials-9.1.aquaveo.com/47%20Gssha-Modeling-Wizard.pdf>

[33] <http://wmstutorials-9.1.aquaveo.com/25%20HydraulicsAndFloodplainModeling-HECRASAnalysis.pdf>

[34] <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=252&language=el-GR>