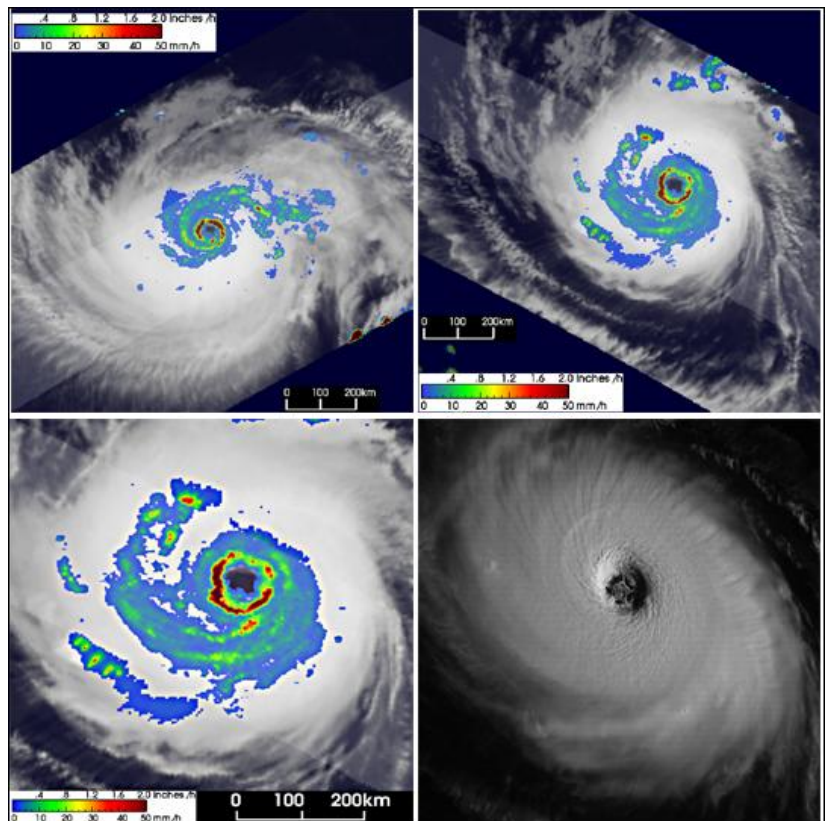




# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΛΕΠΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ



ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΑΘΕΟΔΟΣΙΟΥ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ 2011

Φωτογραφία εξωφύλλου: Καταγραφή του τυφώνα Isabel στις 16/9/2003 από το ραντάρ κατακρήμνισης (PR) του δορυφόρου TRMM. Ο συγκεκριμένος τυφώνας χτύπησε τα ανατολικά παράλια στις 18/9/03.

Πηγή <http://cpgis.gmu.edu/vaccess/news/Isabel.htm>

*Αφιερώνεται στην οικογένειά μου  
για την αμέριστη αγάπη και  
συμπαράσταση...*



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τελικά όποιος είπε πως ο καιρός τρέχει σα νερό έχει απόλυτο δίκιο καθώς γράφω τις τελευταίες σελίδες αυτής της εργασίας και δεν έχω προλάβει να συνειδητοποιήσω πως έφτασα μέχρι εδώ. Και το τέλος αυτής της εργασίας αισθάνομαι πως είναι κάτι το πολύ σημαντικό καθώς σημαίνει το τέλος (κατά πάσα πιθανότητα!) της φοιτητικής μου ζωής, μιας περιόδου από τις πιο ευτυχισμένες και δημιουργικές που έχω περάσει. Ομολογώ πως όλα αυτά τα χρόνια πέρασα αρκετές δυσκολίες και «ξενύχτια» με αποκορύφωμα την παρούσα εργασία, η συγγραφή της οποίας διήρκησε 1 χρόνο και πλέον! Ωστόσο, όσο κουραστικά και αν ήταν, μπορώ να πω πως το απήλαυσα (όσο παράλογο και αν ακούγεται) και πιστεύω ακράδαντα πως ωφελήθηκα τα μέγιστα.

Παρόλα αυτά, οφείλω να παραδεχτώ πως δεν θα κατάφερα να φέρω εις πέρας την παρούσα διπλωματική χωρίς τη βοήθεια του Θεού καταρχήν και χωρίς τη θεμελιώδη συμβολή κάποιων ανθρώπων τους οποίους επιβάλλεται να ευχαριστήσω θερμά και από καρδιάς καθένα ξεχωριστά.

Έτσι, αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κουτσογιάννη Δημήτριο, καθηγητή Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, ο οποίος υπήρξε και ο επιβλέπων καθηγητής αυτής της εργασίας. Δεν ξέρω πραγματικά τι να πρωτοπώ για αυτόν τον εξαιρετικό εκπαιδευτικό, επιστήμονα, άνθρωπο. Να τον ευχαριστήσω για τις συμβουλές του, το αμέριστο και αληθινό ενδιαφέρον του. Θα πω μόνο πως είναι η δεύτερη διπλωματική εργασία που κάνω μαζί του (μετά την προπτυχιακή μου) και θα ξανάκανα άλλες τόσες! Τον ευχαριστώ πάνω απ' όλα που με έμαθε να σκέφτομαι και να λειτουργώ σαν πραγματικός επιστήμονας και να βλέπω πέρα από αυτό που φαίνεται πρώτα, το προφανές.

Το δεύτερο άτομο που ευχαριστώ θερμά είναι ο κ. Μαμάσης Νικόλαος, λέκτορας Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, για τις σημαντικές συμβουλές του, την πολυτιμότερη και θεμελιώδη βοήθειά του στην συλλογή των επιγείων δεδομένων από τους σταθμούς της EMY αλλά και για το γενικότερο ενδιαφέρον του για την πρόοδο αυτής της εργασίας. Επίσης, τον ευχαριστώ από την καρδιά μου για τις υπέροχες συζητήσεις που είχαμε κατά τη διάρκεια αυτού του μεταπτυχιακού και τη θερμή υποστήριξη που μου έδειξε. Μαζί με τον κ. Κουτσογιάννη, αποτελεί για μένα πρότυπο όχι μόνο επιστήμονα αλλά και ανθρώπου!

Επιπροσθέτως, θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στους κ. Γιάννη Μαρκόνη και Αντώνη Κουκουβίνο, μέλη της ερευνητικής ομάδας ΙΤΙΑ και καλούς μου φίλους, για την πολύτιμη βοήθειά τους στην διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Και οι δυο τους, παρά το βεβαρημένο τους πρόγραμμα, διέθεσαν πολύ χρόνο βοηθώντας με, ο μὲν Γιάννης στην μορφοποίηση και σύνταξη του κειμένου και ο Αντώνης στην κατάρτιση των χαρτών.

Ακόμα, θεωρώ σημαντικό να ευχαριστήσω την κα Κοτρώνη Βασιλική και τον κ. Λαγουβάρδο Κωνσταντίνο από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και τον κ. Δρη Νικόλαο από την ΕΜΥ, για την ευγένεια τους και την γρήγορη εξυπηρέτησή τους, καθώς μου παρείχαν έναν πολύ μεγάλο όγκο μετεωρολογικών δεδομένων βροχής σε ένα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Θα ήταν σοβαρή παράλειψη να μην αναφερθώ στα ονόματα 2 πολύ καλών μου φίλων που βοήθησαν ενεργά στην ολοκλήρωση αυτού του έργου. Αρχικά, στον πολύ καλό και παιδικό μου φίλο και συνάδελφο αρχιτέκτονα μηχανικό Νίκο Τσούπρο για την σημαντική συνεισφορά του στην πληκτρολόγηση των πολυάριθμων δεδομένων από τους σταθμούς της ΕΜΥ. Δεύτερον, στον επίσης πολύ καλό και παιδικό μου φίλο Γιάννη Μελά που μου παραχώρησε τον υπολογιστή του (το υπερμηχάνημα!!!) για να κάνω κάποιες βελτιστοποιήσεις με τις οποίες ο δικός υπολογιστής απλά «κόλλαγε».

Δεν θα μπορούσα με τίποτα να ξεχάσω την πολύ καλή μου φίλη, συνάδελφο τοπογράφο μηχανικό και συμφοιτήτρια στο παρόν μεταπτυχιακό, Αγγελική Αλεξοπούλου, της οποίας το όνομα αναφέρω πολλάκις στην παρούσα εργασία καθώς πέρα από της προσωπικές της συμβουλές, η δικιά της μεταπτυχιακή εργασία αποτέλεσε ένα «μπούσουλα» για μένα και με βοήθησε αφάνταστα στην εκπόνηση αυτού του έργου. Επιπλέον, μαζί με την Αγγελική, θέλω να ευχαριστήσω την Έλενα, την Δέσποινα, τη Μαρία, τη Μαρία και τη Δέσποινα, δηλαδή όλο το «παρεάκι» του μεταπτυχιακού, για τον υπέροχο χρόνο που πέρασα μαζί τους σε αυτό το μεταπτυχιακό και την ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχαν.

Ολοκληρώνοντας, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στη μητέρα μου και την οικογένειά μου για την υπομονή τους και την αγάπη που μου έδειξαν κατά τη συγγραφή αυτού του έργου. Και να σκεφτεί κανείς πως δεν είμαι και ο ευκολότερος χαρακτήρας... Πόσα «ξενύχτια» να θυμηθώ στο σπίτι μπροστά στον υπολογιστή που δεν ήμουν μόνος. Πραγματικά δεν υπάρχει για μένα μεγαλύτερος υποστηρικτής από

την οικογένειά μου που πάντα με ενθαρρύνει, με συμβουλεύει και πάντα είναι δίπλα μου σε όλες τις επιλογές μου.

Τέλος, καθότι δεν φημίζομαι για τη μνήμη μου, ευχαριστώ όλους όσους ξεχνάω και γενικά όλους όσους συνέβαλλαν με τον τρόπο τους στη συγγραφή αυτής της διπλωματικής εργασίας.

*Αθήνα, Σεπτέμβριος 2011.*





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	xi
ABSTRACT.....	xii
EXTENDED ABSTRACT.....	xiii
<i>INTRODUCTION</i> .....	xiii
<i>DATA</i> .....	xiii
<i>METHOD OVERVIEW</i> .....	xvi
<i>RESULTS</i> .....	xvii
<i>CONCLUSIONS-DISCUSSION</i> .....	xxi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ.....	1
1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	4
1.3. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	6
2. ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ.....	9
2.1. Η ΑΠΟΣΤΟΛΗ “TRMM”.....	9
2.2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	19
2.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	27
3. ΕΠΙΓΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	29
3.1. ΠΡΟΪΟΝΤΑ GPCC ΚΑΙ CPC.....	29
3.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ EMY.....	33
3.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ EMY.....	40
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	45
4.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	45
4.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	50
4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ.....	59

<b>5. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ.....</b>	<b>67</b>
<b>5.1. ΓΕΝΙΚΑ.....</b>	<b>67</b>
<b>5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....</b>	<b>68</b>
<b>5.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΧΑΡΤΩΝ.....</b>	<b>75</b>
<b>6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>87</b>
<b>6.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ-ΣΧΟΛΙΑ.....</b>	<b>87</b>
<b>6.2. ΧΑΡΤΕΣ-ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ-ΣΧΟΛΙΑ.....</b>	<b>107</b>
<b>6.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>118</b>
<b>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>127</b>
<b>8. ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>131</b>
<b>8.1. ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>131</b>
<b>8.2. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>133</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>139</b>
<b>A. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....</b>	<b>141</b>
<b>B. ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ.....</b>	<b>273</b>
<b>Γ. ΧΑΡΤΕΣ ΝΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>285</b>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Επιχειρείται μια πρώτη αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων υετού σε μικρή χρονική κλίμακα πάνω από όλη την Ελληνική επικράτεια. Τα δορυφορικά δεδομένα που αξιολογούνται είναι αυτά που προκύπτουν από τον αλγόριθμο 3B42V6 της αποστολής TRMM της NASA. Η μικρότερη χρονική κλίμακα στην οποία αξιολογούνται τα δεδομένα είναι το 3ωρο, που είναι και η χρονική ευκρίνεια στην οποία διατίθενται τα δορυφορικά δεδομένα αυτού του αλγορίθμου, ενώ η χωρική ευκρίνεια είναι 0.25°. Η αξιολόγηση έγινε με τη βοήθεια επίγειων (σημειακών) μετρήσεων υετού που λήφθηκαν από 29 σταθμούς της EMY, όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα κατανεμημένους στον Ελλαδικό χώρο. Η χρονική περίοδος που καλύπτει αυτή η αξιολόγηση ξεκινά από 1/1/1998 (δηλαδή από τότε που άρχισαν να διατίθενται τα δορυφορικά δεδομένα του συγκεκριμένου αλγορίθμου) μέχρι τις 31/5/2010.

Επιπλέον, τόσο από τα δορυφορικά δεδομένα όσο και από τις επίγειες μετρήσεις εξήχθησαν, με εμπειρική κατανομή, μέγιστα 10ετίας και 5ετίας και έγινε σύγκριση μεταξύ των αντίστοιχων τιμών. Οι διάρκειες των μεγίστων που υπολογίστηκαν είναι οι 3, 6, 12, 24 και 48 ώρες. Από την σύγκριση αυτή υπολογίστηκε το σφάλμα μεγίστων των δορυφορικών δεδομένων. Επίσης, επιχειρήθηκε η αναπαράσταση της χωρικής κατανομής του σφάλματος μεγίστων σε χάρτες, με την χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ-GIS), όπως επίσης και των ίδιων των μεγίστων που προέκυψαν από τα δορυφορικά δεδομένα χωρίς καμία διόρθωση. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως πέρα από τις τιμές μεγίστων ελέγχθηκε και κατά πόσο οι δορυφορικές μετρήσεις προσομοιώνουν την δίαιτα (συχνότητα, μέγεθος κ.α.) των ισχυρών επεισοδίων βροχής μέσα σ' αυτό το διάστημα των 10 περίπου υδρολογικών ετών (1/1998-5/2010).

## **ABSTRACT**

We evaluate satellite precipitation data at the fine time scale all over the Greek territory. The evaluated satellite data are derived from the algorithm 3B42 Version 6, from the NASA TRMM mission (Tropical Rainfall Measuring Mission). The finest time scale in which this data is evaluated is 3 hours, which is the temporal resolution of the 3B42V6 data. The spatial resolution of the data is  $0.25^\circ$ . In order to evaluate the satellite data, we used ground observations data from 29 meteorological stations belonging to the National Meteorological Service of Greece (EMY). The time period of this evaluation starts in 1/1/1998, since TRMM satellite data is available, and ends in 31/5/2010.

After the comparison between satellite and ground data, we extracted the maxima of both data sets by using the empirical distribution and then we compared the respective values. These are 10 and 5 years maxima as the period of the evaluation slightly exceeds a hydrological decade. The durations of the maxima are 3, 6, 12, 24 and 48 hours. Through the maxima comparison, we calculated the bias of the maxima and we tried to depict its spatial distribution on maps using a Geographical Information System (GIS). Moreover, we depicted the spatial distribution of the satellite maxima without any correction. Finally, apart from comparing strictly the maximum values, we checked if the satellite data can simulate the behaviour of maxima (frequency, intensity etc) through the study period (1/1998-5/2010).

## **EXTENDED ABSTRACT**

### ***INTRODUCTION***

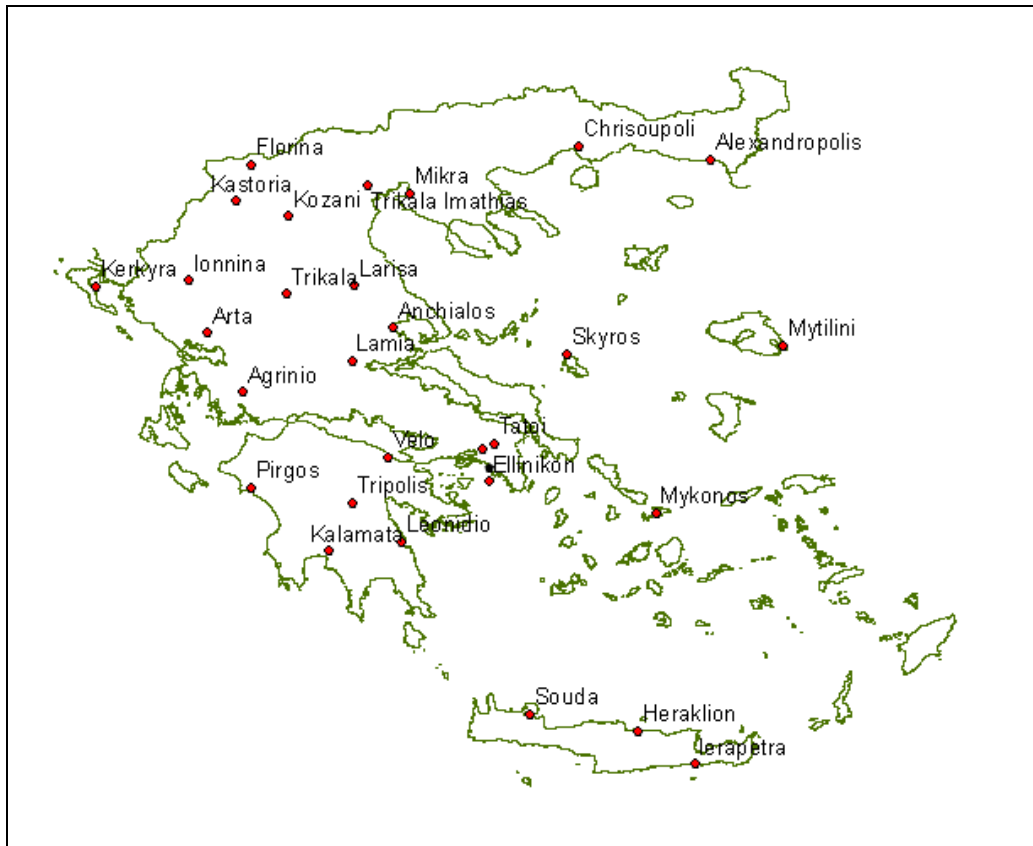
This study made in the framework of MSc thesis concerns the evaluation of the satellite rainfall data derived from the 3B42 algorithm, version 6, from the mission TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). This mission was established by the American institution NASA and the Japanese JAXA. The product of the 3B42 algorithm is gridded data with the best spatial and temporal resolution of all products of rainfall data, free available. This fact makes the 3B42 product extremely attractive as it is definitely a very practical solution to the numerous problems arisen from the terrestrial-gauge data. The uneven distribution of meteorological stations in the embossed surface, the almost complete absence of these above sea and the frequent malfunctions caused by extreme weather events are some of these problems to name but a few. These problems have resulted in many gaps in meteorological data, especially when talking to fine (subdaily) time scales.

Therefore, satellite data may be useful for some areas and where there is a complete lack of reliable ground measurements, their use may become imperative. Keep in mind that the rainfall data in fine time scale is crucial to safe and economical design of hydraulic infrastructure. The critical question is whether the satellite data can respond, otherwise if they have the necessary reliability to meet these needs. This question is tried to be asked in this study which is perhaps the first to try to evaluate satellite data in fine time scale over the entire country of Greece.

### ***DATA***

In order to evaluate the quality of the 3B42 satellite data, we were provided these satellite products by the official website of NASA (<http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/ovas/>). The spatial coverage is a region of latitude from 34° until 42° above the equator and longitude from 19° until 29° east of the prime meridian, covering the entire Greek territory. The data's spatial resolution is 0.25° and temporal 3 hours, covering a period from 1/1/1998 until 31/5/2010. So basically the above data is a grid and at each grid point is given a rainfall time series of 1/1/1998 to 31/5/2010 with a 3 hour time step. Each value in grid points is the

average surface of the grid cells, which area is  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ , so the data is already surface and not just point values (NASA, 3B42 Algorithm, 2011).



**Map 1. Map of Greece where the used meteorological stations of HNMS are shown**

To evaluate these satellite data, terrestrial gauged data of rainfall was provided by 29 meteorological stations of HNMS (Hellenic National Meteorological Service, <http://www.hnms.gr/>), which are shown on map 1 and are parted into 2 groups because of their structure of data. The first group consisted of 12 stations whose data we got from the handwritten paper of the rain recorders and we typed them in electronic form so as to be edited. In each paper of rain recorder is shown, for each day, the daily indication of rainfall from rain gauge and the indications of the rain recorder in 5 minute time scale. We typed for each day and station the daily readings of rainfall and of the 10 most rainy days of each hydrological year, the readings of rain recorders on an hourly basis. The second group consists of 17 stations with already digitized data of rain in 12 hour time scale. Both groups of stations clearly cover the period from 1/1/1998 until 31/5/2010.

## **METHOD OVERVIEW**

To assess the reliability of satellite data, these were compared with the ground gauged data collected at each station. Because no meteorological station was in the same location with some grid point, the time series of satellite data at each station was estimated by interpolation from the 4 neighboring grid points. The method of interpolation is followed such that calculates the optimal unbiased estimator, followed by nonlinear transformation. Initially, each time series of the 4 neighboring grid points is transformed as follows (Koutsoyannis, 2004, Koutsoyannis et al, 2008, Tsaknias et al, 2011):

$$S_{ji} = (a + Y_{ji})^c$$

Where,  $Y_{ji}$  is the original time series into one of the 4 grid points  $j$  and  $S_{ji}$  is the nonlinear transformed.  $c$  and  $a$  is nonnegative coefficients. We then use a simple linear model (weighted aggregation), from which we estimate the optimal linear unbiased estimator (Best Linear Unbiased Estimator, BLUE, Koutsoyiannis et al, 2008):

$$S_i = \sum_{j=1}^4 w_j \times S_{ji}$$

The  $w_j$  are weights and their sum equals 1. Combining these two equations we conclude to the full expression of the generalized model we use (Tsaknias et al, 2011, Tsaknias, 2011):

$$S_i = \left( \sum_{j=1}^4 w_j \times (a + Y_{ji})^c \right)^{1/c} - a$$

The choice of weights and the coefficients  $a$  and  $c$  was a laborious process of optimization, given the complexity of the problem. The objective function was the minimizing the mean square error (MSE) at the maxima values of all time steps (3, 6, 12, 24 and 48 hours). After we calculate an estimator of satellite data for each station, we made the comparison at each one of them. In each station from the first group we made 2 comparisons, one in the small scale of 3 hours for the 10 more rainy days per hydrological year and one in 24 hours along the time series. As for the second group of stations, we made only one comparison at 12-hour time step.

From each comparison, we calculated, initially, the statistical characteristics (mean and standard deviation) of each time series, ie the ground-gauged and satellite-

estimated and then the bias (%) of averages (PBIAS) and standard deviations, the average absolute error of the observations (MAE) and the root mean squared error (RMSE). To assess the reliability of satellite data, in each comparison we calculated the efficiency coefficient Eff (Nash-Sutcliffe), the value of the error function Er (the mean square error of observations by adding the squares of the bias of the average and standard deviation multiplied in 1000), the rate of correlation R and the mean square error MSE of the maximum values (Moriassi et al, 2007, Koutsoyiannis, 1996) as we wanted to see the ability of the simulation of the maxima as absolute values.

The maxima calculated from each station were for 3, 6, 12, 24 and 48 hours time step. For each time step, we calculated the probability distribution of both the actual time series, and satellite and were compared with each other. The calculated distributions were the simple empirical ones, as the few years of time series does not allow the adjustment of a mathematical distribution (Koutsoyiannis, 1996). Moreover, at each station, the total rainfall was calculated, and the number of time steps that have non-zero rainfall and height greater than some value.

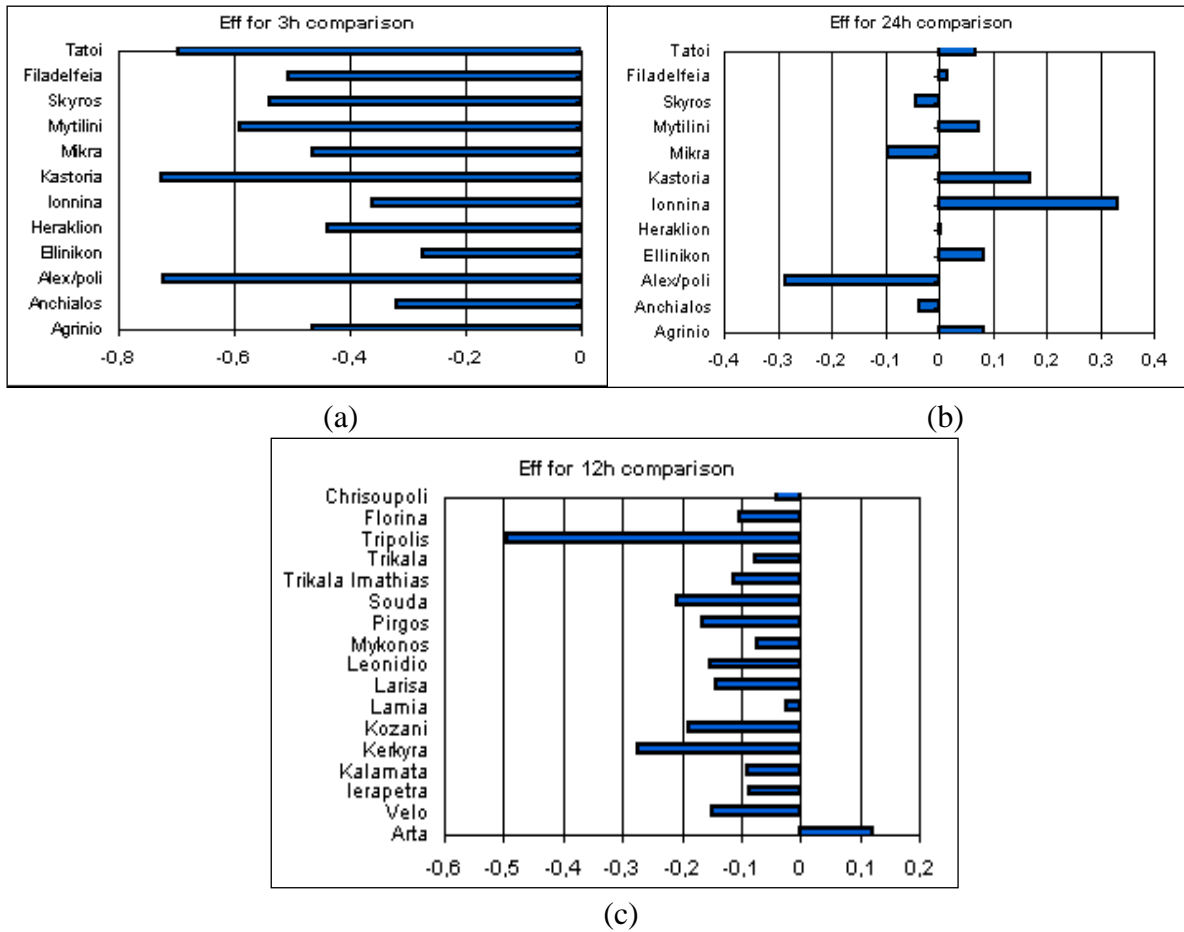
Regarding the errors, we calculated for each station the error of maxima with 10 years and 5 years return period (the largest and second largest values, respectively, according to the empirical distribution), the mean and the mean absolute errors for the maxima values in each time step of 3, 6, 12, 24 and 48 hours separately. These errors were about to be represented on GIS maps (GIS) to investigate the spatial distribution of errors and therefore the bias trends of satellite data in space. Finally, it was investigated whether the satellite data represent the behavior of extreme events and in particular their capacity to reduce their percentages compared to the average annual rainfall when it increases (Mamassis, 1997, 2011).

## ***RESULTS***

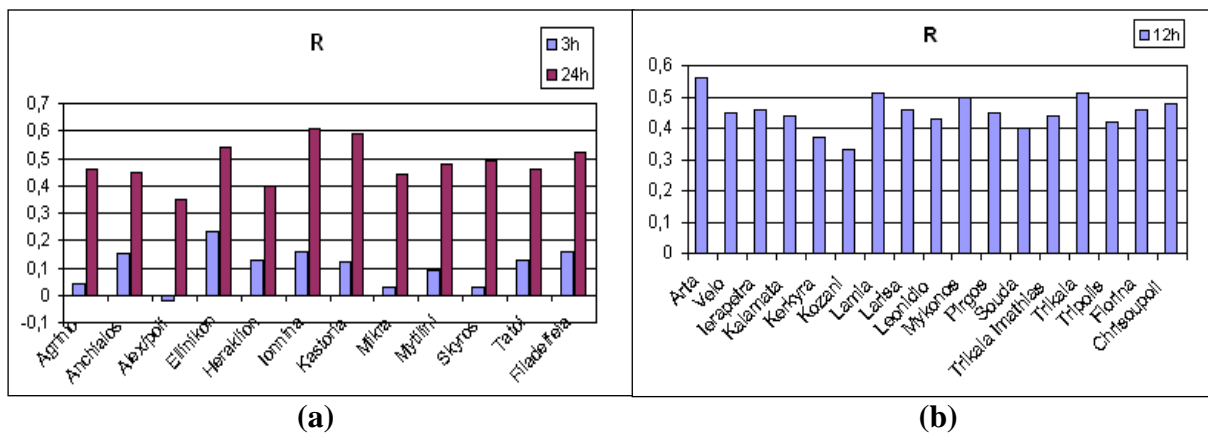
The results of the statistical analysis conclude that satellite data did not adequately simulate the terrestrial data. Apart from some stations, coming from the first group and only in the 24 hour comparison, the rate of efficiency (Eff) was negative everywhere, resulting in the simple average to be a much better estimator (Figure 1 (a) (b) and (c)). The correlation rate was about 0.5 and at the first group in the 3 hour comparison, hardly exceeded 0.15 (Figure 2 (a) and (b)). The value of 0.5 is mainly due to the many zero values contained in the series, because of the short time scale.



Also it worths noting that the vast majority of comparisons showed serious underestimation of the average of observations, even 50%.

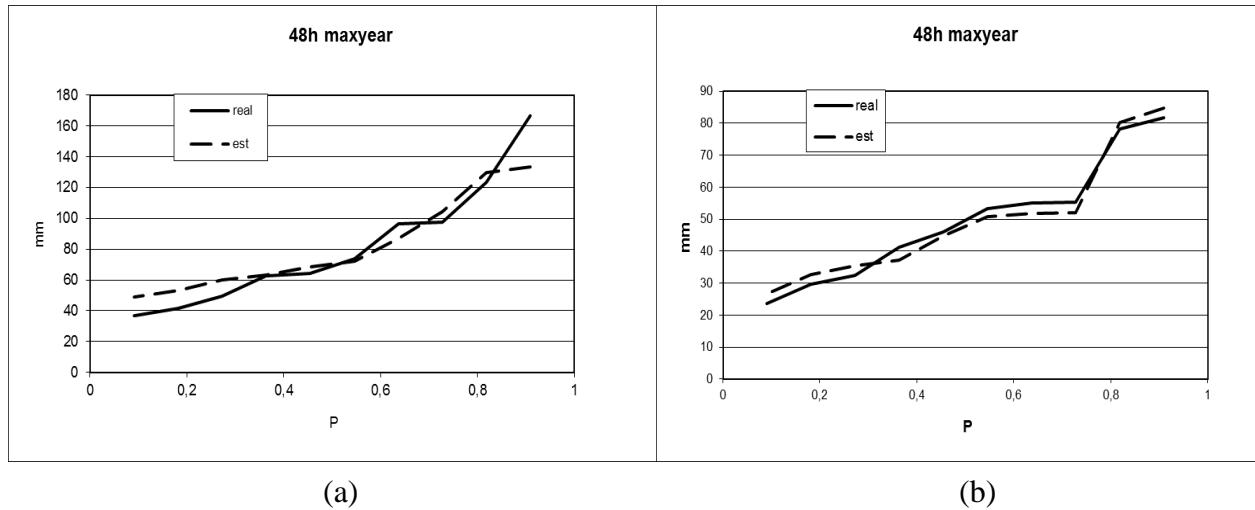


**Figure 1. Rate of efficiency for the first group of stations in the 3-hour comparison (a), in the 24-hour comparison (b) and for the second one (c).**



**Figure 2. Rates of correlation for the first (a) group of stations and the second (b) respectively.**

As for the distributions of maxima, where we had much better performances, at some stations the differences were very small. Especially, for the station of Ellinikon, the distribution simulations were very good at all time scales (see Figure 3 (a)). This could be due to the fact that there may be near a ground station that participates in the primary calibration of satellite measurements. What is more, very good performance we had in other stations such as Florina (see Figure 3 (b)).



**Figure 3. Examples of very good simulation of distributions for annual maxima of 48 hours for the station of (a) Ellinikon and (b) Florina.**

Both statistics and distributions of maxima showed an improvement as the time scale was growing. Furthermore, in some stations there was a clear improvement in the simulation of maximum values by the year 2004-05, which is probably due to the technological development of satellite instruments. On the frequency of episodes, there was the almost complete lack of recording the small rainfall events and the apparent underestimation of the mediocre. Even the extreme episodes were underestimated, especially in frequency. Generally, satellite data function in such a way as to ignore almost all the small episodes and at some time give a great value (which can be much greater than the given by the terrestrial data in that time) to equalize the situation somewhat. This is because of the calibration of satellite measurements that occurs at larger scales and then come back (with disaggregation models) to the fine 3-hour scale (NASA, 3V42 Algorithm, 2011). As a result, we have a serious underestimation of the total amount of rain and of course the average, for that previously mentioned. Also, we observed that in many cases where the

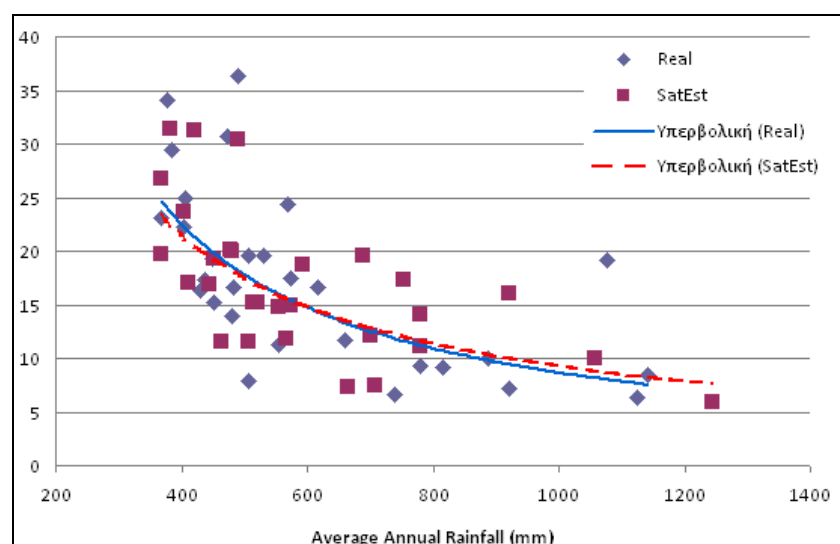
respective maxima values from satellite and terrestrial data had very little variation, they were not contemporary but occurred at very different times.

As for the errors, whose spatial distribution was investigated, this vary depending on the scale and kind. Specifically, for the maxima with return period of 10 years, there was an underestimation of 25% and in a few cases of 50% (mainly Anchialos with error 50% at all scales) and overestimated by 25% or less by 50%. Greater overestimation of 50% was observed at Mytilini in 3-hour step and 75% and 125% in 2 stations, in Kalamata and Pirgos, respectively, in 12-hour step. Concerning the maxima with return period of 5 years we have mainly underestimation around 25% or less, except for Souda in which the error reaches 50%. The overestimation ranged from 25% to 50%, but for Pirgos reaches 75%. The largest errors are usually in smaller scales. The mean error is approximately  $\pm 10$  mm while the overestimation predominates. Especially for Leonidio and Souda in 48-hour scale we have mean error -30 mm and for Pirgos, Tripoli and Kerkyra, the error is +20 mm in 12, 24 and 48-hour scale, respectively. Finally, the mean absolute error is approximately 10 mm with Anchialos, Pirgos, Tripoli, Souda, Leonidio and Kerkyra the error is about 20 mm in almost all scales.

In regards with the spatial distribution of errors, the maxima of 10 and 5 years return period were almost permanently and seriously overrated by the satellite data in the regions of the North Aegean (Mytilini) and a seriously underrated in the regions of Central and Eastern mainland (Thessaly). Also, from 12 hours and above there is another serious and permanent overestimation in the western Peloponnese (Pirgos), as well as in western Crete (Souda) where there is a permanent and severe underestimation. Also, Kerkyra shows large negative errors in the maxima of 10 years return period (understatement), while on large scales (24 and 48 hours) and in the maxima of 5 years return period are positive (overstatement). In the mean errors, it is impressive the permanent overestimation in the region of northeastern Aegean and Thrace. Again in the region of Thessaly, we found permanent underestimation and above the 12 hours step, overestimation in the western Peloponnese and underestimation in western Crete and central Macedonia (Thessaly included). Moreover, in the mean absolute errors, higher values, which means that we have the worst simulations of distribution of maxima, located on the northeast country and

particularly in the region of Thrace, Mytilini. After 12 hours large errors found in W-SW Peloponnese, in Western Crete and the Ionian region (Eptanese).

Finally, while investigating if the satellite data simulate the behavior of extreme events, we can say that in general that the satellite data simulate it satisfactorily. That seems that the most intense events are concentrated in Western (mainly coastal and island) country, in the south region (Crete included), in the eastern coastal area (Attica, Evia up to Volos) and in the eastern Aegean Sea, especially in the Dodecanese. Also, it seems that the satellite data simulate very well the tendency of extreme events to increase their proportion in relation to the average annual rainfall, and the second is reduced, which is shown in Figure 4.



**Figure 4. Percentages (%) of maxima of 12 hours with 10 years return period compared with mean annual precipitation for terrestrial (Real) and satellite (SatEst) data.**

### **CONCLUSIONS-DISCUSSION**

The satellite data does not sufficiently simulate the ground data series. More specifically, in nearly all cases, except some on the comparison of 24 hours, the coefficient of efficiency Eff (Nash-Sutcliffe) is negative (Figure 1). Also, the correlation coefficient R in very few cases exceeds 0.5 and for the comparisons of 3 hours, hardly exceeds 0.15. Going on the comparison of maxima, here we had better results as in most cases the probability distribution of maxima was simulated relatively well. However, in many stations, considering the maxima of 10 years return

period, we noticed that although the bias between satellite and terrestrial peak was very small, even negligible, the maxima values may not be contemporary. This shows an inconsistency, and it is possible the very good performance was due to luck.

At both time series and distributions were evident improvement in performance as a function of increasing time scale. This is purely due to the fact that the calibration of satellite data becomes in larger scales (NASA, 3B42 Algorithm, 2011) but also due to the fact that the small scale of the rainfall events are characterized by high volatility. However, the behavior of satellite data appears to follow a specific pattern. This is the total ignoring of small and less moderate rainfall events and somewhere to put a great value of rain to rectify the situation. The moment chosen to put the value can be “random” and there may not be an intense episode according to ground data or the respective value according to ground data can be 0. Almost completely ignoring the small incidents, results in the fact that the satellite data fall behind too much in total rainfall and the average is almost always less (even 50%) than the corresponding of the terrestrial observations. Even the intense episodes seemed underrated in most cases at least in the frequency, thus indicating a general inability to simulate the frequency of rain events in a region.

Concerning the spatial distribution of errors, that vary significantly depending on the time scale and the actual figures look (return period etc.). However, there are some general trends. Initially, at large values, ie maxima of 10 and 5 years return period, standing there (on all time scales) a significant overestimation of the ground-gauged data in the regions of North Aegean (Mytilini) and in western Peloponnese (Pirgos) and severe underestimation in the mainland of central-eastern Greece (Thessaly) and western Crete (Souda). Still, Kerkyra shows large errors mainly negative (understatement). The mean errors follow approximately the same distribution in space, ie overestimate the northeastern Aegean, Thrace, western Peloponnese and the Ionian Islands and underestimation in regions of Thessaly, Crete and central-western Macedonia.

Generally, the spatial behavior of extreme events, satellite data show to simulate sufficiently. That seems that the most intense events are concentrated in western and southern country, the eastern coastal and the eastern Aegean. Also, it seems that the satellite data simulate very well the tendency of extreme events to increase their proportion in relation to the average annual rainfall as the latter

decreases. Thus, areas with low average annual rainfall, such as Attica, is expected to give very intense extreme events as a percentage of average annual value, a trend that satellite seems to follow very well.

Satellite data of precipitation is a new perspective in the field of meteorology and hydrology. From the evidence so far, they seem relatively weak to simulate the precipitation regime at all levels in an area. Thus, we conclude that in hydrological issues, such as hydrological and flood prevention planning, can be used only in a subsidiary way and constitute an option only in cases of total lack of reliable ground measurements. The reliability of satellite data is much greater in large time scales, such as monthly, seasonal, annual and scaling, making them particularly useful in climate issues and surveys. The availability of satellite data and others like that, in no way negates the need for meticulous ground data recording especially when it refers to extreme rainfall events which by their nature pose great uncertainty.

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ**

Η ύπαρξη δεδομένων κατακρήμνισης υψηλής αξιοπιστίας και μεγάλης χωρικής και χρονικής κάλυψης κρίνεται θεμελιώδης τόσο για την αποτελεσματική διαχείριση των υδατικών πόρων, όσο και για την βελτίωση των μοντέλων μετεωρολογικής πρόγνωσης, αλλά και για την μελέτη της κλιματικής διακύμανσης σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο, ώστε να γίνει κατανοητή η δυναμική των κλιματικών αλλαγών και να καταστεί (όσο είναι δυνατόν) η πρόγνωσή τους στο άμεσο μέλλον.

Παραδοσιακά, η μέτρηση της βροχόπτωσης γίνεται με τη χρήση βροχόμετρων που παρέχουν αρκετά ακριβείς σημειακές μετρήσεις της κατακρήμνισης. Ωστόσο, τα βροχόμετρα δίνουν αθροιστικά το ύψος βροχής τη στιγμή της μέτρησης. Τα όργανα που δίνουν την κατανομή της βροχής σε σχέση με το χρόνο είναι οι βροχογράφοι που δίνουν μετρήσεις σε συνεχή χρόνο. Προφανώς, ένας βροχομετρικός σταθμός πρέπει να διαθέτει και τα δύο όργανα: βροχογράφο γιατί η μέτρηση κατακρήμνισης σε μικρή χρονική κλίμακα απαιτεί μέτρηση σε συνεχή χρόνο, και βροχόμετρο για την επαλήθευση του βροχογράφου.

Παρά τη μεγάλη σημασία της ύπαρξης αξιόπιστων επίγειων μετρήσεων βροχόπτωσης, στον Ελλαδικό χώρο είναι σποραδικές, μικρές σε μήκος και συχνά διακοπτόμενες λόγω βλαβών στους σταθμούς και συχνά κρίνονται αναξιόπιστες λόγω πολλών ελλείψεων και εξόφθαλμων λαθών. Ακόμα, οι μετρήσεις βασίζονται συχνά σε όργανα παλαιάς τεχνολογίας και η ακρίβεια των μετρήσεων επαφίεται στην σχολαστικότητα (και το φιλότιμο) του παρατηρητή. Αξίζει να σημειωθεί πως πολλοί σταθμοί, συχνά λειτουργούν μόνο με βροχόμετρο ή μόνο με βροχογράφο για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Φωτόπουλος, 2011).

Όπως είναι προφανές, οι πιο συχνές ελλείψεις είναι στα δεδομένα βροχογράφου, δηλαδή σ' αυτά που αναφέρονται στη μικρή χρονική κλίμακα (π.χ. κλίμακα ώρας ή τριώρου), που είναι όμως και τα πιο σημαντικά όταν μιλάμε για αντιπλημμυρικό σχεδιασμό και διαχείριση πλημμυρών. Αρκετές φορές η έλλειψη τέτοιων στοιχείων έχει οδηγήσει σε σημαντικές υπερδιαστασιολογήσεις ή αστοχίες έργων αντιπλημμυρικής προστασίας.

Τόσο η έλλειψη δεδομένων, όσο και η ανομοιόμορφη χωρική κατανομή των βροχομετρικών σταθμών έχει σαν συνέπεια την ελλιπή κάλυψη, ειδικότερα στις δυσπρόσιτες περιοχές και θαλάσσιες περιοχές, με αποτέλεσμα τη συχνή χρήση δεδομένων από «γειτονικές» λεκάνες που όμως απέχουν πολύ από το σημείο ενδιαφέροντος ή και έχουν τελείως διαφορετικές κλιματικές συνθήκες και δίαιτα βροχής, αυξάνοντας έτσι κατά πολύ την υδρολογική αβεβαιότητα. Βέβαια, η έλλειψη δεδομένων σε δυσπρόσιτες και θαλάσσιες περιοχές δεν είναι μόνο Ελληνικό πρόβλημα αλλά και πολλών άλλων χωρών του κόσμου, ανεπτυγμένου ή μη.

Επίσης, μεγάλο πρόβλημα, σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι οι διασυνοριακές λεκάνες απορροής, όπου παρατηρούνται σοβαρές ελλείψεις ή πλήρης ανυπαρξία μετρήσεων. Στην Ελλάδα τέτοιες λεκάνες είναι του Έβρου, που αντιμετωπίζει και τα σημαντικότερα προβλήματα πλημμυρών (Φωτόπουλος, 2011), του Νέστου, του Στρυμόνα, του Αξιού και του Αώου. Μάλιστα, καθώς στον Έβρο, στον Νέστο, στον Στρυμόνα και τον Αξιό η Ελλάδα βρίσκεται στα κατάντη, ο κίνδυνος των πλημμυρών είναι μεγάλος και η ύπαρξη δεδομένων βροχής (και απορροής) θεμελιώδης στον αντιπλημμυρικό σχεδιασμό των παραπάνω περιοχών. Φυσικά, και σε αυτές τις λεκάνες τόσο στην Ελλάδα, όσο και στις γείτονες χώρες υπάρχουν σοβαρές ελλείψεις σε βροχομετρικά δεδομένα.

Μια άλλη λύση για την παροχή βροχομετρικών δεδομένων σε δυσπρόσιτες περιοχές είναι η χρήση επίγειων βροχομετρικών ραντάρ, πάνω από θάλασσες και διακρατικές λεκάνες, με συνεχή κάλυψη τόσο χωρικά όσο και χρονικά, αλλά η απόδοση τους περιορίζεται αφενός από το σχετικά μικρό εύρος μέτρησης τους (<150 km) και αφετέρου από την ορογραφία (Κοτρώνη, 2010).

Έτσι λοιπόν, τα βροχομετρικά δεδομένα που προέρχονται από μετρήσεις των μετεωρολογικών δορυφόρων γίνονται όλο και πιο ελκυστικά, αφενός διότι παρέχουν πλήρη χωρική και χρονική κάλυψη ακόμα και σε περιοχές όπου η μέτρηση με τις επίγειες μεθόδους δεν είναι εφικτή και αφετέρου διότι είναι εύκολα προσβάσιμα μέσω του διαδικτύου. Συνεπώς, τα τελευταία χρόνια, τα δορυφορικά δεδομένα, βρίσκουν όλο και πιο ευρεία εφαρμογή, καθώς διατίθενται σε υψηλή χρονική και χωρική ανάλυση και αποτελούν μια καλή και εύκολη λύση σε περιοχές με σοβαρές ελλείψεις ή και παντελή ανυπαρξία επίγειων δεδομένων. Επίσης, τα δορυφορικά δεδομένα θα μπορούσαν να θεωρηθούν ένα καλό μέτρο αξιολόγησης επίγειων δεδομένων που θεωρούνται αναξιόπιστα και πιθανώς να βοηθήσουν στην διόρθωση των δευτέρων ή στη συμπλήρωση κενών-ελλιπών τιμών ή ακόμα να συμβάλλουν στην



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

επέκταση χρονοσειρών επιγείων δεδομένων μικρού μήκους (Fotopoulos et al, 2010, Endrey and Inbeah, 2009).

Τα δορυφορικά δεδομένα βροχόπτωσης ποικίλουν σε χρονική ανάλυση με την τρίωρη να είναι η μικρότερη δυνατή (προϊόντα 3B42 και 3B42RT). Επιπλέον, η ελεύθερη διάθεση αξιόπιστων δεδομένων σε μικρή χρονική κλίμακα, ουσιαστικά θα καταργήσει την ανάγκη επιμερισμού (disaggregation) των μετεωρολογικών δεδομένων κάνοντας τον υδρολογικό σχεδιασμό πολύ ευκολότερο και πολύ ακριβέστερο (Koutsoyiannis, 2003). Επίσης, κάποια από αυτά τα δεδομένα (3B42RT) με μικρή χρονική ανάλυση (3 ωρών) είναι διαθέσιμα σε (σχεδόν) πραγματικό χρόνο (Real Time), με λίγες ώρες υστέρηση, και μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην πρόγνωση και αντιμετώπιση πλημμυρών σε μεσαίες και μεγάλες λεκάνες με χρόνους συγκέντρωσης πολλαπλάσιους των 3 ωρών.

Φυσικά, για να παίξουν τέτοιους ρόλους τα δορυφορικά δεδομένα θα πρέπει, τουλάχιστον σε τοπικό επίπεδο, να αποδειχθεί η αξιοπιστία τους. Επειδή όμως δεν αποτελούν απευθείας μετρήσεις βροχόπτωσης αλλά εκτιμήσεις αυτής μέσω μετρήσεων ακτινοβολίας, η ακρίβεια τους είναι αμφιλεγόμενη. Είναι, λοιπόν, σκόπιμο να πραγματοποιηθεί η αξιολόγησή τους με βάση τις επίγειες μετρήσεις έτσι ώστε να προσδιοριστεί η ακρίβεια τους και να καθοριστεί το επιτρεπόμενο εύρος χρήσης τους.

Ωστόσο, ήδη από τα τέλη του 1997, βρίσκεται σε τροχιά ο μετεωρολογικός δορυφόρος TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). Αρχικός στόχος της αποστολής αυτής ήταν η μέτρηση της βροχόπτωσης γύρω από τους τροπικούς για γεωγραφικό πλάτος -30 έως +30. Η γρήγορη επιτυχία της αξιοποίησης των μετρήσεων αυτών οδήγησε σε παράταση της ζωής της αποστολής μέχρι και το 2012 (NASA, TRMM, 2011) και με την ταυτόχρονη βελτίωση των αλγορίθμων και το συνδυασμό με μετρήσεις από άλλους δορυφόρους (Aqua, Meteosat 5, Meteosat 7 κ.α.) επέτρεψε την επέκταση των μετρήσεων από το -50 έως το +50 με χωρική ανάλυση που φτάνει το  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  (NASA, TRMM, 2011).

Ακόμα, από το 2013, η GPM (Global Precipitation Mission) θα εισάγει την νέα γενιά δορυφορικών προϊόντων βροχόπτωσης και αναμένεται να είναι πολύ πιο βελτιωμένα και πιο ακριβή από αυτά της αποστολής TRMM και θα καλύπτουν ένα εύρος γεωγραφικών πλατών από το  $65^\circ$  βόρειο μέχρι το  $65^\circ$  νότιο (Han et al, 2010). Συνεπώς, πέρα από τη χρησιμότητά τους, οι εξελίξεις και οι βελτιώσεις των

μετεωρολογικών προϊόντων θα απασχολήσουν αρκετά την επιστημονική κοινότητα στο άμεσο μέλλον.

## **1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση των δορυφορικών βροχομετρικών δεδομένων λεπτής χρονικής κλίμακας (αλγόριθμος 3B42 Version 6) που έχουν προκύψει από τις μετρήσεις του δορυφόρου TRMM της ομώνυμης αποστολής, σε χρονικά διαστήματα 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και η κατάρτιση χαρτών για όλον τον Ελλαδικό χώρο, με μέγιστα δεκαετίας και πενταετίας για τα παραπάνω χρονικά διαστήματα. Η κατανομή που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των μεγίστων είναι η απλή εμπειρική, καθώς το μέγεθος της χρονοσειράς των δορυφορικών δεδομένων (Ιανουάριος 1998 με Μάιο 2010) δεν επιτρέπει την προσαρμογή κάποιας μαθηματικής κατανομής (Κουτσογιάννης, 1996).

Είναι ίσως η πρώτη επιστημονική έρευνα που επιχειρεί να αξιολογήσει δορυφορικά δεδομένα κατακρήμνισης με βάση τις μετρήσεις της ΕΜΥ (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) σε τόσο μικρή χρονική κλίμακα (μικρότερης των 24 ωρών) και σε όλον τον Ελλαδικό χώρο. Φυσικά, στο εξωτερικό έχουν γίνει πολλές αντίστοιχες μελέτες (Feidas, 2010), που και πάλι όμως το χρονικό βήμα αξιολόγησης δεν είναι μικρότερο από 24 ώρες (Chokngamhong and Chiu, 2008).

Προφανώς, η έρευνα πρέπει να συνεχιστεί και στο μέλλον με αντίστοιχες εργασίες, καθώς οι δορυφορικές τεχνολογίες συνεχώς αναβαθμίζονται και οι επίγειοι μετεωρολογικοί σταθμοί συνεχώς πολλαπλασιάζονται. Μην ξεχνάμε πως είναι ακόμα νωρίς (λιγότερο από 15 έτη χρονοσειράς) για να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα για την αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων, ειδικά για την Ελλάδα, όπου τα επίγεια δεδομένα για το χρονικό διάστημα λειτουργίας των μετεωρολογικών δορυφόρων παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα αναξιοπιστίας και ελλείψεων, τουλάχιστον στη μικρή χρονική κλίμακα, η οποία αφορά ως επί το πλείστον την παρούσα εργασία (μικρότερη των 24 ωρών). Ευελπιστούμε πως στο άμεσο μέλλον θα υπερκεραστούν τα περισσότερα προβλήματα που αντιμετώπισε η παρούσα μελέτη, όπως η δυσκολία εύρεσης αξιόπιστων επίγειων δεδομένων σε μικρή χρονική κλίμακα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σε μελλοντικές μελέτες να δώσουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα στην αξιολόγηση των δορυφορικών μετεωρολογικών προϊόντων.

Ωστόσο, μια πρώτη προσπάθεια αξιολόγησης έγινε από την ερευνητική ομάδα ΙΤΙΑ του ΕΜΠ (<http://itia.ntua.gr/>) για την περιοχή του λεκανοπεδίου των Αθηνών και την ευρύτερη λεκάνη απορροής του Κηφισού (Κουτσογιάννης κ.α., 2010). Η μελέτη εκείνη είχε ως σκοπό την χρήση των δορυφορικών δεδομένων σε σύγκριση με επίγεια για την κατάρτιση ομβρίων καμπυλών για την περιοχή. Η σύγκριση εκείνη όμως αφορούσε μόνο τα μέγιστα για τις χρονικές κλίμακες 3, 6, 12, 24, 48 ωρών, ως κατανομή μεγίστων, ανεξάρτητα από την χρονική κατανομή τους. Προφανώς, και εκεί όπως και στην παρούσα εργασία, για τα δορυφορικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική κατανομή και όχι κάποια μαθηματική, λόγω του μικρού μήκους της χρονοσειράς (1997-2009).

Αντίστοιχη έρευνα έγινε από τον Φωτόπουλο (2011) για την περιοχή του Έβρου αξιολογώντας τον 3B42 με βάση τα δεδομένα του GPCC (Global Precipitation Climatology Center) και του CPC (Climate Prediction Center). Ωστόσο, το χρονικό βήμα αξιολόγησης σε εκείνη την εργασία είναι από ημερήσιο και πάνω. Γενικώς, από εκεί προέκυψε πως τα δεδομένα του 3B42 είναι αξιόπιστα (Fotopoulos et al, 2010). Ακόμα, η έρευνα εκείνη προσανατολίστηκε στην χρήση των δορυφορικών δεδομένων για την πρόγνωση των πλημμυρών στην περιοχή. Γι' αυτό και αξιολογείται και ο αλγόριθμος 3B42RT, που είναι δεδομένα απευθείας από τον δορυφόρο σε «σχεδόν» πραγματικό χρόνο, με λίγες ώρες υστέρηση. Αντίθετα, τα δεδομένα του αλγορίθμου 3B42 βαθμονομούνται και διορθώνονται από επίγειες μετρήσεις (GPCC) (NASA, 3B42 Algorithm, 2011) και γι' αυτό είναι πολύ καλύτερα, πιο ακριβή και με πολύ μικρότερα σφάλματα (Fotopoulos et al, 2010, Dinku et al, 2007, 2008, Yong et al, 2010, Tian et al, 2006). Για το λόγο αυτό, η αξιολόγηση του αλγορίθμου 3B42RT κρίθηκε μη αναγκαία στην παρούσα εργασία, καθώς και γιατί δεν αναφερόμαστε καθόλου σε πρόγνωση πλημμυρών, άρα τα μη διορθωμένα, «σχεδόν» πραγματικού χρόνου, δεδομένα είναι χαμηλής χρησιμότητας.

Σε μεγαλύτερη χρονική κλίμακα (μηνιαία, εποχιακή, ετήσια και υπερετήσια) αντίστοιχες εργασίες έχουν πραγματοποιηθεί από τον Φείδα (2010) και την Αλεξοπούλου (2010) με απόπειρα αξιολόγησης δορυφορικών προϊόντων μεγάλης χρονικής κλίμακας όπως το 3B43 και 3B42 (συναθροισμένο), με παραπλήσια αποτελέσματα. Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια αυτής της Αλεξοπούλου, καθώς κάνει αξιολόγηση του ίδιου δορυφορικού προϊόντος (3B42V6) για το ίδιο χρονικό διάστημα (1/1/1998 – 31/5/2010), αλλά σε μικρότερη χρονική κλίμακα.

Απώτερος σκοπός της εργασίας και του συγγραφέα της είναι η προσφορά μιας μικρής βοήθειας στην κοινότητα των μηχανικών. Τα αποτελέσματά της, ευελπιστώ να χρησιμεύσουν δίνοντας μια γενική εικόνα για την αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων βροχόπτωσης και για το αν μπορούν να ληφθούν υπόψη στον υδρολογικό σχεδιασμό έργων χαμηλής διακινδύνευσης, (έργα περιόδου επαναφοράς τάξης 10 ετών), στο άμεσο μέλλον. Επίσης, ελπίζω πως άμεσα το Ελληνικό κράτος θα «κατανοήσει» πως **χωρίς επίγειες μετρήσεις δεν μπορούμε να έχουμε αξιόπιστα και ακριβή δεδομένα** και θα καταρτίσει και θα συντηρεί αξιοπρεπώς ένα πυκνό δίκτυο σταθμών μέτρησης βροχής-απορροής, όπως όλα τα ανεπτυγμένα και πολιτισμένα κράτη. Μην ξεχνούμε πως χωρίς μετρήσεις και πρωτογενή δεδομένα δεν μπορούμε να συζητούμε ούτε για σωστή διαχείριση υδατικών πόρων, ούτε για βέλτιστο σχεδιασμό υδραυλικών-αντιπλημμυρικών έργων.

### **1.3. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η διπλωματική αυτή εργασία χωρίζεται σε 6 κεφάλαια. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο, που είναι η εισαγωγή - παρόν κεφάλαιο, δίνονται κάποια γενικά στοιχεία για τα δορυφορικά δεδομένα, τη χρησιμότητά τους και τη χρήση τους μέχρι στιγμής στο εξωτερικό αλλά και την Ελλάδα. Στη συνέχεια, ο άξονας που ακολουθείται είναι ο εξής: περιγραφή των δεδομένων (μικρής χρονικής κλίμακας) που χρησιμοποιήθηκαν (τα προς αξιολόγηση δορυφορικά και τα επίγεια), περιγραφή της μεθόδου σύγκρισης-αξιολόγησης των δορυφορικών δεδομένων, κατάρτιση χαρτών μεγίστων και αποτελέσματα-συμπεράσματα από την αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων στη μικρή χρονική κλίμακα.

Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο 2 γίνεται ειδικά περιγραφή των δορυφορικών προϊόντων και των αλγορίθμων παραγωγής τους. Ειδικότερα, περιγράφεται όλο το ιστορικό της αποστολής TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), τα χαρακτηριστικά των δορυφόρων που συμμετέχουν σε αυτή καθώς και τα όργανα μέτρησης κατακρήμνισης που βρίσκονται πάνω σε αυτούς. Επιπλέον, αναλύεται η μέθοδος παραγωγής των δορυφορικών προϊόντων, οι αλγόριθμοι επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων καθώς και οι τρόποι διόρθωσής τους. Ειδικότερα αναφερόμαστε στο αλγόριθμο 3B42V6 τα δορυφορικά δεδομένα του οποίου χρησιμοποιήσαμε προς αξιολόγηση. Τέλος, γίνεται μια αναφορά σε

προβλήματα που έχουν παρατηρηθεί στα δορυφορικά δεδομένα από παλαιότερες μελέτες εντός, αλλά κυρίως εκτός Ελλάδος.

Στο κεφάλαιο 3 αναφερόμαστε στα δεδομένα εδάφους με βάση τα οποία γίνεται η αξιολόγηση των δορυφορικών. Αρχικά, γίνεται μια σύντομη αναφορά στα δεδομένα GPCC και CPC που είναι δεδομένα που διατίθεται ελεύθερα στο διαδίκτυο. Τα δεδομένα αυτά είναι σε μορφή κάνναβου (επιφανειακά ολοκληρωμένα) και προκύπτουν από παρεμβολή μεταξύ σταθμών από όλη τη γη (προφανώς ανομοιόμορφα κατανεμημένων). Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στα δεδομένα της EMY (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) με βάση τα οποία συγκρίθηκαν τα δορυφορικά δεδομένα στην παρούσα μελέτη. Αναλύονται τα χαρακτηριστικά των 29 σταθμών της EMY που χρησιμοποιήθηκαν, η μορφή των δεδομένων και ο τρόπος επεξεργασίας τους. Επιπλέον, γίνεται μια νύξη σε προβλήματα, κυρίως αξιοπιστίας, που παρατηρήθηκαν κατά την επεξεργασία των δεδομένων αυτών.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται διεξοδικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη σύγκριση των 2 δεδομένων και τελικώς την αξιολόγηση των δορυφορικών. Αρχικά αναφέρουμε τη διαδικασία που ακολουθήσαμε για να φέρουμε τα πρωτογενή δεδομένα μας (όπως τα πήραμε από το διαδίκτυο, για τα δορυφορικά και όπως τα πήραμε από την EMY, για τα δεδομένα εδάφους) στην απαραίτητη μορφή για να γίνει η μεταξύ τους σύγκριση. Ύστερα, περιγράφουμε τη διαδικασία σύγκρισης, τον υπολογισμό των στατιστικών δεικτών καθώς και τον τρόπο με τον οποίο εξαγάγαμε τα μέγιστα και για τις 2 χρονοσειρές (πραγματική και δορυφορική). Τέλος, λεπτομερής αναφορά έγινε στον τρόπο υπολογισμού της χρονοσειράς των δορυφορικών δεδομένων στο σημείο του εκάστοτε σταθμού της EMY, ώστε να γίνει η σύγκριση με τα επίγεια δεδομένα. Αυτή η χρονοσειρά εκτιμήθηκε με μία μη γραμμική παρεμβολή μεταξύ των 4 γειτονικών σημείων του κάνναβου (grid) στον οποίο τα δορυφορικά δεδομένα διατίθενται.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με μορφή χαρτών. Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία κατάρτισης χαρτών (με το λογισμικό ArcGIS) με τα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας, διάρκειας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών, για όλη την Ελλάδα, όπως αυτά προέκυψαν από τα δορυφορικά και τα επίγεια δεδομένα της EMY. Στη συνέχεια καταρτίστηκαν χάρτες σφαλμάτων μεγίστων για να δειχθεί η κατανομή των σφαλμάτων στο χώρο και τέλος παρουσιάζονται οι χάρτες με τα μεγέθη 10ετίας (μέγιστα (maxima) από τα δορυφορικά και επίγεια δεδομένα, ύστερα

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

από διόρθωσή τους με τα επίγεια. Προφανώς, στο κεφάλαιο αυτό δεν περιλαμβάνονται όλοι οι χάρτες, λόγω το μεγάλου πλήθους τους, αλλά μόνο κάποιοι επικουρικά και όλοι οι υπόλοιποι βρίσκονται στο παράρτημα Γ.

Το κεφάλαιο 6 είναι το κεφάλαιο στο οποίο αναφέρονται όλα τα συμπεράσματα από την αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς σύγκρισης των δορυφορικών δεδομένων με τα επίγεια και σχολιάζονται. Επίσης σχολιάζονται οι χάρτες και τέλος γίνεται εκτίμηση για την αξιοπιστία των δορυφορικών μετρήσεων (κυρίως στη μικρή χρονική κλίμακα) ως προς την ικανότητά τους να αναπαραστήσουν ένα ισχυρό επεισόδιο βροχής. Τέλος, ακολουθεί το κεφάλαιο 7 στο οποίο αναφέρονται συγκεντρωτικά και περιληπτικά όλα τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη και φυσικά δίνεται το έναυσμα για συζήτηση σχετικά με τη χρήση τους στον τομέα της διαχείρισης υδατικών πόρων και τον υδρολογικό σχεδιασμό έργων.

Ακολουθεί το παράρτημα, που χωρίζεται σε 3 μέρη. Στο 1<sup>ο</sup> μέρος (Α) δείχνονται όλα τα αριθμητικά αποτελέσματα από τους υπολογισμούς, όλα τα διαγράμματα και οι πιθανοτικές κατανομές για κάθε σταθμό της ΕΜΥ χωριστά. Στο 2<sup>ο</sup> μέρος (Β) δείχνονται πίνακες μεγίστων τιμών από τα επίγεια δεδομένα και πίνακες σφαλμάτων για όλες τις διάρκειες. Τέλος, στο 3<sup>ο</sup> μέρος (Γ) παρουσιάζονται όλοι οι χάρτες μεγίστων και σφαλμάτων, σε όλες τις διάρκειες (3, 6, 12, 24 και 48 ώρες), η μεθοδολογία των οποίων περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 5.

## **2. ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ**

### **2.1. Η ΑΠΟΣΤΟΛΗ “TRMM”**

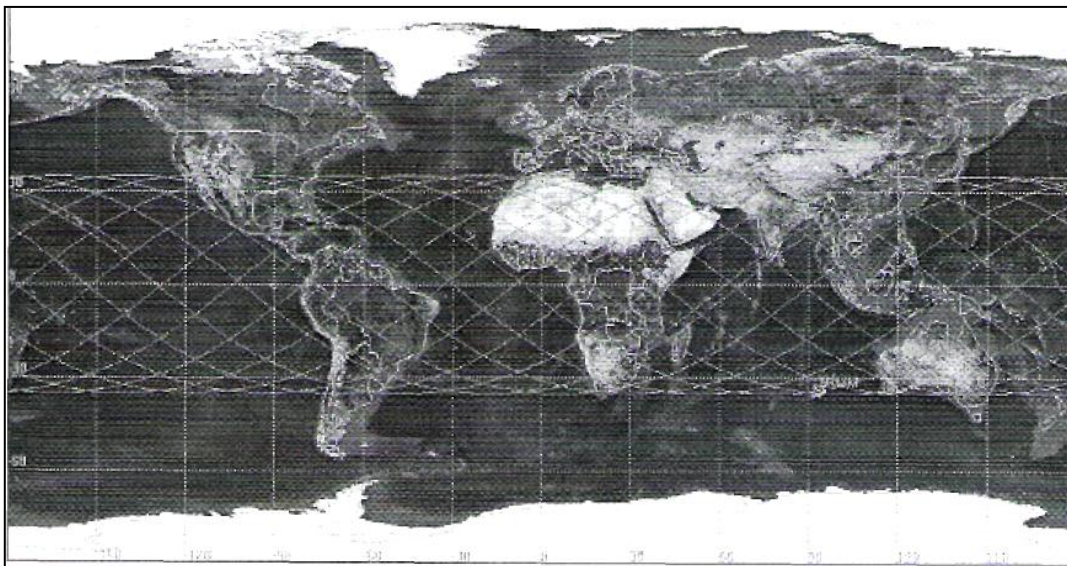
Όπως προαναφέρθηκε στην Εισαγωγή, τα προς αξιολόγηση δορυφορικά βροχομετρικά δεδομένα της παρούσας εργασίας έχουν προκύψει από τον δορυφόρο TRMM της ομώνυμης αποστολής. Η Αποστολή Μέτρησης της Τροπικής Βροχόπτωσης TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) αποτελεί μια από κοινού προσπάθεια της NASA (National Aeronautics and Space Administration) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής και της JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) της Ιαπωνίας, για την ακριβή καταγραφή της βροχόπτωσης στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές του πλανήτη μέσω δορυφόρου από το διάστημα (Αλεξοπούλου, 2010).

Η ιδέα της αποστολής TRMM αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του 1980 από την ανάγκη για εύρεση πληροφοριών σχετικών με την κατακρήμνιση σε παγκόσμιο κλιματολογικό επίπεδο, έτσι ώστε να κατανοηθούν καλύτερα ο παγκόσμιος υδρολογικός κύκλος και γενικότερα οι διαδικασίες κατακρήμνισης. Μια σειρά συζητήσεων και συνεργασιών ανάμεσα στην επιστημονική κοινότητα των ΗΠΑ και τις Ιαπωνίας οδήγησε τελικά στην απόφαση να πραγματοποιηθεί μια δορυφορική αποστολή, η περιβόητη TRMM, σε συνεργασία των δύο χωρών (NASA, TRMM, 2011).

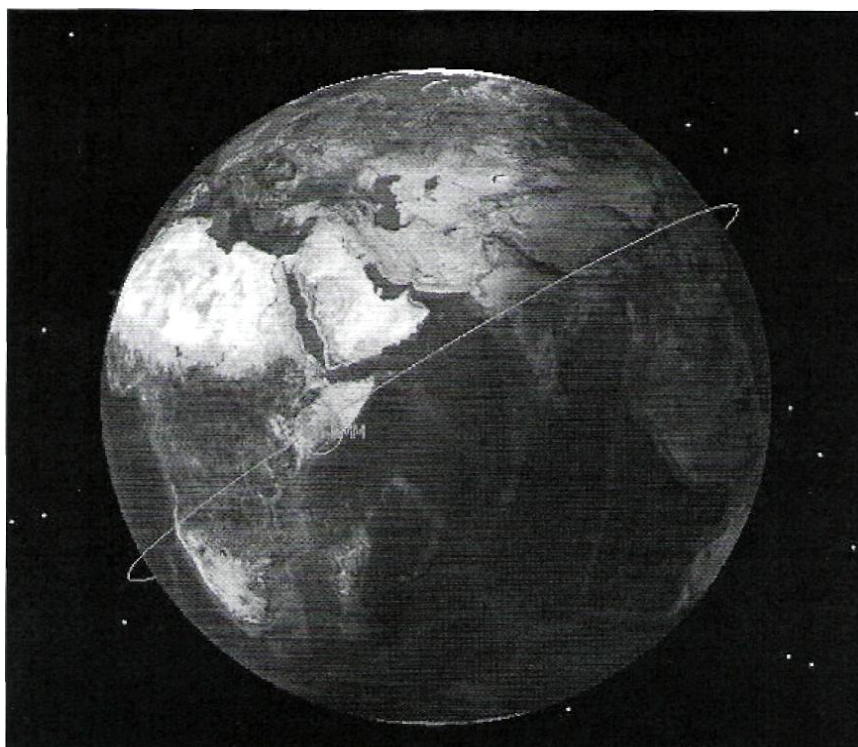
Ο δορυφόρος TRMM, αφού τα επιμέρους όργανά του κατασκευάστηκαν από διάφορους κατασκευαστές, τελικώς συναρμολογήθηκε στο Κέντρο GSFC (Goddard Space Flight Center) της NASA και στην συνέχεια μεταφέρθηκε στην Ιαπωνία όπου και εκτοξεύθηκε επιτυχώς επί του πύραυλου H-II από τη βάση Tanegashima της JAXA (Αλεξοπούλου, 2010). Η εκτόξευση έγινε στις 27 Νοεμβρίου 1997 (NASA, TRMM, 2011). Ο δορυφόρος τέθηκε αρχικά σε τροχιά ύψους 350 km με τροχιακή κλίση 35°, έτσι ώστε να μπορεί να καλύπτει τις τροπικές περιοχές της Ιαπωνίας και των ΗΠΑ. Ο πρώτος πλήρης μήνας με δεδομένα είναι ο Ιανουάριος του 1998 (NASA, TRMM, 2011). Ο TRMM δεν είναι γεωστάσιμος δορυφόρος, ούτε πολικής τροχιάς. Η περίοδος του είναι περίπου 92.5 min δηλαδή σχεδόν 16 τροχιές κάθε ημέρα (Αλεξοπούλου, 2010). Η οριζόντια γραμμική ταχύτητα του δορυφόρου είναι 7,3 km/s (NASA, TRMM, 2011). Στην εικόνα 2.1 φαίνεται η προβολή της τροχιάς του TRMM σε μια ημέρα και στην 2.2 η θέση του TRMM την 1/1/2007 στις 13:40:52 (Φωτόπουλος, 2011). Η μικρή τροχιακή γωνία κλίσης και το χαμηλό υψόμετρο τροχιάς

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

παρουσιάζουν το πλεονέκτημα πυκνών και αξιόπιστων μετρήσεων γύρω από τους τροπικούς, ενώ λόγω των περιορισμένων γωνιών πρόσπτωσης των ακτίνων του Ηλίου, απλοποιείται σημαντικά ο σχεδιασμός των ηλιακών συλλεκτών που παρέχουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλίσκεται από τα όργανα που έχουν εγκατασταθεί στο δορυφόρο (Adler et al, 2000).



**Εικόνα 2.1. Προβολή της τροχιάς του TRMM σε μια ημέρα  
(Φωτόπουλος, 2011).**



**Εικόνα 2.2. Η θέση του TRMM την 1/1/2007 στις 13:40:52  
(Φωτόπουλος, 2011)**



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Κύριος σκοπός της αποστολής είναι η καταγραφή και μέτρηση των καταιγίδων και η παρακολούθηση της εξέλιξης των κυκλώνων στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Το σχέδιο ήταν και είναι πολύ φιλόδοξο, καθώς ευελπιστεί μέσω της κατανόηση των τροπικών κυκλώνων να οδηγήσει στην γενικότερη κατανόηση της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας του πλανήτη και των κλιματικών αλλαγών (Petersen et al, 2005). Πιο συγκεκριμένα η αποστολή αναμένεται να δώσει απαντήσεις σε ό,τι αφορά θέματα σχετικά με το παγκόσμιο ενεργειακό δυναμικό και τον υδρολογικό κύκλο, παρέχοντας πληροφορίες για την κατανομή της βροχόπτωσης και την απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας σε παγκόσμιο επίπεδο (Kummerow et al, 2000).

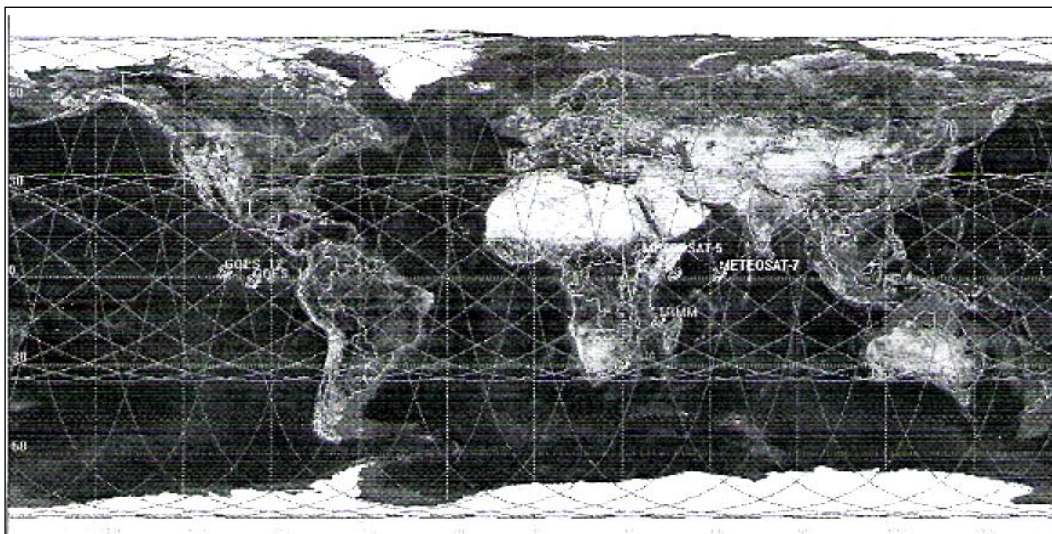
Η κατανόηση αυτή θα είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην βελτίωση των μοντέλων προσομοίωσης της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας αυξάνοντας τον χρονικό ορίζοντα πρόγνωσης των καιρικών αλλαγών με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Επιπλέον, θα δώσει σημαντική ώθηση στην κατανόηση των μηχανισμών των κλιματικών αλλαγών (κλιματικής διακύμανσης) με συνέπεια την βελτίωση των κλιματικών μοντέλων (τουλάχιστον μικρής χρονικής κλίμακας) (Petersen et al, 2005). Επίσης, οι μετρήσεις του δορυφόρου φιλοδοξούν να παίξουν θεμελιώδη ρόλο στην κατανόηση της θερμόαλης κυκλοφορίας στους ωκεανούς με συνέπεια την κατανόηση μέχρι και πρόβλεψη μειζόνων κλιματικών φαινομένων όπως το El Nino ή η μεταβλητότητα του ρεύματος του κόλπου (Gulf stream) (Pessi and Businger, 2009). Τέλος, η αποστολή και τα αποτελέσματά της θα είναι καθοριστικής σημασίας για την αξιολόγηση και τη βελτίωση του δορυφορικού συστήματος μέτρησης των κατακρημνίσεων και των μετεωρολογικών παραμέτρων γενικότερα (Kummerow et al, 2000).

Λόγω της μοναδικότητας του εγχειρήματος, αλλά και της ευρείας αποδοχής που έχουν τύχει μέχρι στιγμής τα δορυφορικά προϊόντα που διατίθενται ελεύθερα (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov>) στην επιστημονική κοινότητα και όχι μόνο, η επιχειρησιακή διάρκεια ζωής του δορυφόρου επεκτάθηκε από τα 3 έτη και 2 μήνες για τα οποία είχε αρχικά σχεδιαστεί ο δορυφόρος στα 6 χρόνια και 2 μήνες (Enright, 2004). Η αύξηση αυτή κατέστη δυνατή ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση ενέργειας και κατ' επέκταση καυσίμων. Η NASA με νεότερη απόφαση της, επέκτεινε περαιτέρω τη διάρκεια της αποστολής έως το έτος 2012 (Enright, 2004).

Ο δορυφόρος έχει συνολικό βάρος 3512 kg, εκ των οποίων το βάρος των καυσίμων αρχικά ήταν 890 kg (Parkinson et al, 2006). Η μέση εκτιμώμενη

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

κατανάλωση ενέργειας πριν την εκτόξευση του ήταν 1100 W ενώ κατά τη διάρκεια της αρχικής λειτουργίας του μετρήθηκε ίση με 850 W, η οποία μειώθηκε τεχνητά κατά 30% μετά το 2003, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του. Το κυριότερο μέτρο μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας ήταν η αύξηση του υψομέτρου τροχιάς με συνέπεια την μείωση της βαρυτικής έλξης της Γης και άρα την εξοικονόμηση καυσίμου. Έτσι, από τον Αύγουστο του 2001 ο TRMM δορυφόρος από τα 350 km προωθήθηκε στα 402,5 ( $\pm 1$  km) (Parkinson et al, 2006).



**Εικόνα 2.3. Προβολή τροχιάς των 7 δορυφόρων σε μία ημέρα  
(Φωτόπουλος, 2011)**

Όπως έχει τονιστεί ο TRMM είχε ως αρχικό στόχο την μέτρηση της κατακρήμνισης στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Έτσι, αρχικά το εύρος μέτρησης του ήταν το  $\pm 30^\circ$  γεωγραφικό πλάτος (NASA, TRMM, 2011). Η ευρεία αποδοχή και χρήση όμως των δορυφορικών προϊόντων οδήγησε πέρα από την χρονική επέκταση της αποστολής αλλά και στην χωρική. Έτσι, πολύ σύντομα ο TRMM σταδιακά συνδυάζεται με άλλους μετεωρολογικούς δορυφόρους (κυρίως γεωστάσιμους) και τα διαθέσιμα μετεωρολογικά προϊόντα καλύπτουν πια ένα μεγαλύτερο εύρος από το  $-50^\circ$  μέχρι το  $+50^\circ$  γεωγραφικό πλάτος καλύπτοντας πλήρως την Ελληνική επικράτεια (Adler et al, 2000).

Οι κύριοι δορυφόροι που συνεργάζονται με τον TRMM είναι οι Aqua, GOES-E, GOES-W, MTSAT, Meteosat 5 (ο οποίος και παροπλίστηκε στις 20/4/2007, JMA, 2010) και Meteosat 7. Συνολικά, μαζί με τον TRMM, έχουμε 7 κύριους δορυφόρους που συμμετέχουν στην αποστολή. Τα χαρακτηριστικά τροχιάς και όχι μόνο, όλων των δορυφόρων φαίνονται στον συγκεντρωτικό πίνακα 2.1, καθώς και οι προβολές των τροχιών όλων των δορυφόρων σε μία ημέρα, στην εικόνα 2.3 (Φωτόπουλος, 2011).

**Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά δορυφόρων (Φωτόπουλος, 2011)**

<b><i>Ιδιότητες TRMM</i></b>	
Μέση κίνηση	15,5604 περιστροφές/ημέρα
Περίοδος τροχιάς	92,54 min
Κύριος άξονας τροχιάς	6726,338 km
Μεταβλητότητα κύριου άξονα τροχιάς	±1,25 km
Εκκεντρότητα	0,0001086
Μεταβλητότητα εκκεντρότητας	±0,000001
Γωνία κλίσης	34,9636°
Μεταβλητότητα γωνίας κλίσης	±0,05°
Γωνία περιγείου	236,335°
Μέση ανωμαλία τροχιάς	72,723°
Ορθή αναφορά	316,706°
Συντελεστής τριβής	7,1343 x 10 <sup>-5</sup>
Ημερομηνία εκτόξευσης	27/11/1997 21:27
Βάρος (καθαρό)	2730 kg
Βάρος (ολικό)	3512 kg
Κατανάλωση σχεδιασμού	1100 W
Μέση πραγματική κατανάλωση	350 W
Αρχική διάρκεια ζωής	3 έτη και 2 μήνες
Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής	13 έτη και 4 μήνες
<b><i>Ιδιότητες GOES-W</i></b>	
Μέση κίνηση	1,00268 περιστροφές/ημέρα
Περίοδος τροχιάς	23,9359 h
Κύριος άξονας τροχιάς	42161,418376 km
Εκκεντρότητα	0,0000717
Γωνία κλίσης	0, 3018°
Γωνία περιγείου	283,969°
Μέση ανωμαλία τροχιάς	225,925°
Ορθή αναφορά	90,4273°
Ημερομηνία εκτόξευσης	03/05/2000 07:07
Βάρος (ολικό)	1090,953 kg
Γεωγραφικό μήκος	75° 71' 63" W
<b><i>Ιδιότητες Aqua</i></b>	
Μέση κίνηση	14,5712 περιστροφές/ημέρα
Περίοδος τροχιάς	98,83 min
Εκκεντρότητα	0,0001134
Γωνία κλίσης	98,1925°
Γωνία περιγείου	53,9087°
Μέση ανωμαλία τροχιάς	306,223°
Ορθή αναφορά	81 ,4732°
Ημερομηνία εκτόξευσης	04/05/2002 09:55
Βάρος (ολικό)	3117,00 kg,

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

<b>Ιδιότητες GOES-E</b>	
Μέση κίνηση	1,00281 περιστροφές/ ημέρα
Περίοδος τροχιάς	23,9327 h
Κύριος άξονας τροχιάς	42167,5250 km
Εκκεντρότητα	0,00012858
Γωνία κλίσης	0,34323864°
Γωνία περιγείου	306,11221650°
Μέση ανωμαλία τροχιάς	158,95743°
Ορθή αναφορά	261 634°
Ημερομηνία εκτόξευσης	23/07/2001 07:23
Βάρος (ολικό)	1062,84 kg
Γεωγραφικό μήκος	134° 90' 10" W
<b>Ιδιότητες MTSAT</b>	
Μέση κίνηση	1,00271 περιστροφές/ημέρα
Περίοδος τροχιάς	23,9351 h
Εκκεντρότητα	0,0002866
Γωνία κλίσης	0,0205°
Γωνία περιγείου	118,749°
Μέση ανωμαλία τροχιάς	1 83,489°
Ορθή αναφορά	284,573°
Ημερομηνία εκτόξευσης	18/02/2006 06:55
Βάρος (ολικό)	1250,00 kg
<b>Ιδιότητες Meteosat 5</b>	
Μέση κίνηση	0,934513 περιστροφές/ημέρα
Περίοδος τροχιάς	24,377535 h
Εκκεντρότητα	0,0005009
Γωνία κλίσης	9,1988°
Γωνία περιγείου	99,3296°
Μέση ανωμαλία τροχιάς	260,558°
Ορθή αναφορά	56,7646°
Ημερομηνία εκτόξευσης	02/03/1991 23:36
Ημερομηνία παύσης	20/04/2007
Βάρος (ολικό)	316,00 kg
<b>Ιδιότητες Meteosat 7</b>	
Μέση κίνηση	1,00276 περιστροφές/ημέρα
Περίοδος τροχιάς	23,9339 h
Εκκεντρότητα	0,0000858
Γωνία κλίσης	3,2761°
Γωνία περιγείου	4,2276°
Μέση ανωμαλία τροχιάς	168,294°
Ορθή αναφορά	78,6339°
Ημερομηνία εκτόξευσης	02/09/1997 22:21
Βάρος (ολικό)	3455,00 kg

Είναι πολύ σημαντικό για να κατανοήσουμε την λειτουργία του δορυφόρου TRMM και κατά συνέπεια να κρίνουμε την αξιοπιστία των προϊόντων του, να δώσουμε μια σύντομη περιγραφή των οργάνων που βρίσκονται ενσωματωμένα (εγκατεστημένα) στον δορυφόρο και είναι αυτά που ουσιαστικά παράγουν τα δορυφορικά μετεωρολογικά προϊόντα. Αξίζει να σημειωθεί πως όλα τα όργανα λειτουργούν μέχρι σήμερα άριστα εκτός από το όργανο μέτρησης της ακτινοβολούμενης γήινης ενέργειας CERES, που αστόχησε στους πρώτους 8 μήνες και έπαψε να λειτουργεί (Αλεξοπούλου, 2010).

Στον δορυφόρο TRMM έχουν εγκατασταθεί πέντε διαφορετικά όργανα (NASA, TRMM Instruments, 2011, Parkinson et al, 2006). Τα τρία εξ' αυτών αποσκοπούν στη μέτρηση της κατακρήμνισης και τα άλλα δυο χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση άλλων καιρικών φαινομένων. Οι υπόλοιποι δορυφόροι έχουν διάφορα όργανα μέτρησης, αλλά μόνο αυτό της μικροκυματικής ακτινοβολίας λαμβάνεται υπόψη (Everett, 2001, Kummerow et al, 1998, 2000, NSDAOJ, 2001).

Για την καταγραφή της κατακρήμνισης, τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι: το ραντάρ κατακρήμνισης (Precipitation Radar, PR), το όργανο απεικόνισης μικροκυμάτων (TRMM Microwave Imager, TMI) και ο σαρωτής ορατής και υπέρυθρης ακτινοβολίας (Visible and Infrared Scanner, VIRS). Τα άλλα δυο όργανα είναι το σύστημα μέτρησης ακτινοβολούμενης ενέργειας νεφών και γης (Clouds' and Earth's Radiant Energy System, CERES) και ο αισθητήρας απεικόνισης αστραπών (Lightning Imaging Sensor, LIS) (Everett, 2001, Kummerow et al, 1998).

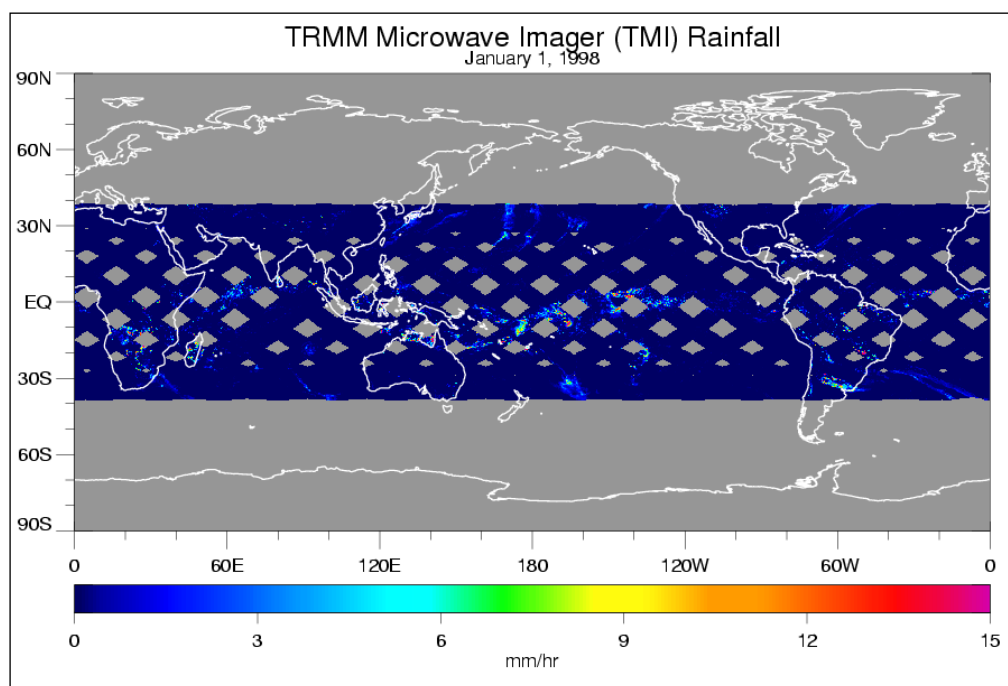
Αναλύοντας ένα-ένα τα όργανα ξεκινούμε από το ραντάρ κατακρήμνισης (PR) που είναι το βασικότερο όργανο που έχει εγκατασταθεί. Είναι το πρώτο όργανο μέτρησης ποσότητας βροχής που χρησιμοποιείται από το διάστημα. Λειτουργεί στα 13,8 GHz και είναι οριζόντιας πολικότητας (polarization, NASA, TRMM Instruments, 2011). Το ραντάρ κατακρήμνισης αποσκοπεί στο να παρέχει τρισδιάστατο προφίλ της βροχόπτωσης και να μετράει την ένταση της βροχής πάνω από στεριά και ωκεανούς. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται από το όργανο αυτό, όταν συνδυάζονται με αυτές του οργάνου απεικόνισης μικροκυμάτων, παρέχουν το προφίλ καθ' ύψος της κατακρήμνισης, από το οποίο μπορεί να εκτιμηθεί η εκπομπή της γήινης λανθάνουσας ακτινοβολίας. Το εύρος του αποτυπώματος του οργάνου στο έδαφος δεν υπερβαίνει τα 247 km (αρχικά, όταν το ύψος τροχιάς ήταν 350 km, το εύρος αυτό δεν ξεπερνούσε τα 215 km, DeMoss and Bowman, 2007), ενώ η κατακόρυφη ανάλυση του φθάνει έως τα 250 m αρχίζοντας από το έδαφος και φθάνοντας σε ύψος λίγο μεγαλύτερο από 20 km, καλύπτοντας πλήρως την

τροπόσφαιρα. Η οριζόντια ανάλυση στο ναδίρ είναι 5 km (αρχικά 4,3)  $\pm$  0,15 km με τη θέση του δορυφόρου (Αλεξοπούλου, 2010).

Το όργανο απεικόνισης μικροκυμάτων (TMI) είναι ένα πολυκάναλο παθητικό ραδιόμετρο μικροκυμάτων. Διαθέτει 9 κανάλια για πέντε συχνότητες: 10,7, 19,4, 21,3, 37,0 και 85,5 GHz. Σε κάθε συχνότητα πλην των 21,3 GHz αντιστοιχούν 2 κανάλια, ένα οριζόντιας και ένα κατακόρυφης πολικότητας (polarization). Στην συχνότητα 21,3 GHz αντιστοιχεί μόνο ένα κανάλι κατακόρυφης πολικότητας (Αλεξοπούλου, 2010). Αξίζει να σημειωθεί πως τα 2 κανάλια συχνότητας 10,7 GHz τοποθετήθηκαν κυρίως για τον εντοπισμό των έντονων κυκλωνικών καταιγίδων που συμβαίνουν πάνω από τροπικές περιοχές (Αλεξοπούλου, 2010). Ο σκοπός του είναι να παρέχει δεδομένα που σχετίζονται με την ένταση της βροχόπτωσης πάνω από τους ωκεανούς. Στην εικόνα 2.4 φαίνεται το αποτύπωμα της τροχιάς του TRMM, την 1/1/1998 (η πρώτη μέρα παραγωγής δορυφορικών προϊόντων από τον TRMM) από το όργανο TMI και με χρωματική κλιμάκωση αναπαρίστανται οι μετρήσεις βροχόπτωσης του TMI την ίδια ημέρα (<http://rain.atmos.colostate.edu/CRDC/datasets/2A12.980101.png>). Η ακρίβεια του είναι μειωμένη πάνω από την ξηρά, καθώς οι ανομοιογενείς εκπομπές από την επιφάνεια της στεριάς δυσχεραίνουν την ερμηνεία των μετρήσεων (Φωτόπουλος, 2011). Όσον αφορά το δορυφόρο TRMM, λόγω των χαρακτηριστικών της τροχιάς του, το αποτύπωμα του οργάνου επί του εδάφους είναι κωνικής μορφής, εύρους 878 km (με την αρχική τροχιά ήταν 758,5, DeMoss and Bowman, 2007) και οριζόντιας ανάλυσης 6 έως 50 km ανάλογα με τη θέση του δορυφόρου. Στους υπόλοιπους δορυφόρους το αποτύπωμα είναι συνήθως κυκλικό, καθώς έχουν γεωσταθερή τροχιά (Φωτόπουλος, 2011).

Ο σαρωτής ορατής και υπέρυθρης ακτινοβολίας (VIRS) είναι ένα φασματικό ραδιόμετρο που μετράει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία σε πέντε φασματικές ζώνες, λειτουργώντας στην περιοχή της ορατής και της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η σύγκριση των μετρήσεων του VIRS με αυτών του TMI παρέχει τον τρόπο έτσι ώστε να προκύπτει ακριβέστερη εκτίμηση της βροχόπτωσης, απ' ό,τι με τη χρήση των μετρήσεων χωριστά (NSDAJ, 2001). Αυτό συμβαίνει γιατί χάρη στις μετρήσεις του VIRS μπορεί να εκτιμηθεί η κατανομή των νεφών, κάτω από τα οποία πραγματοποιείται η βροχόπτωση. Η γωνία σάρωσης του οργάνου είναι  $\pm 45^\circ$  που μεταφράζεται σε 720 km για την αρχική τροχιά, ενώ σε 833 km για την νέα τροχιά υψομέτρου 402,5 km. πλάτος αποτυπώματος στο έδαφος. Η οριζόντια ανάλυση του δεν υπερβαίνει τα 2 km (DeMoss and Bowman, 2007). Στην εικόνα 2.5 έχει

σχεδιαστεί το αποτύπωμα των οργάνων PR, TMI, VIRS στο έδαφος, για την τελική τροχιά του TRMM σε υψόμετρο περίπου 403 km (NASA, TRMM, 2011).



**Εικόνα 2.4. Αποτύπωση μετρήσεων οργάνου TMI του TRMM την 1/1/1998**

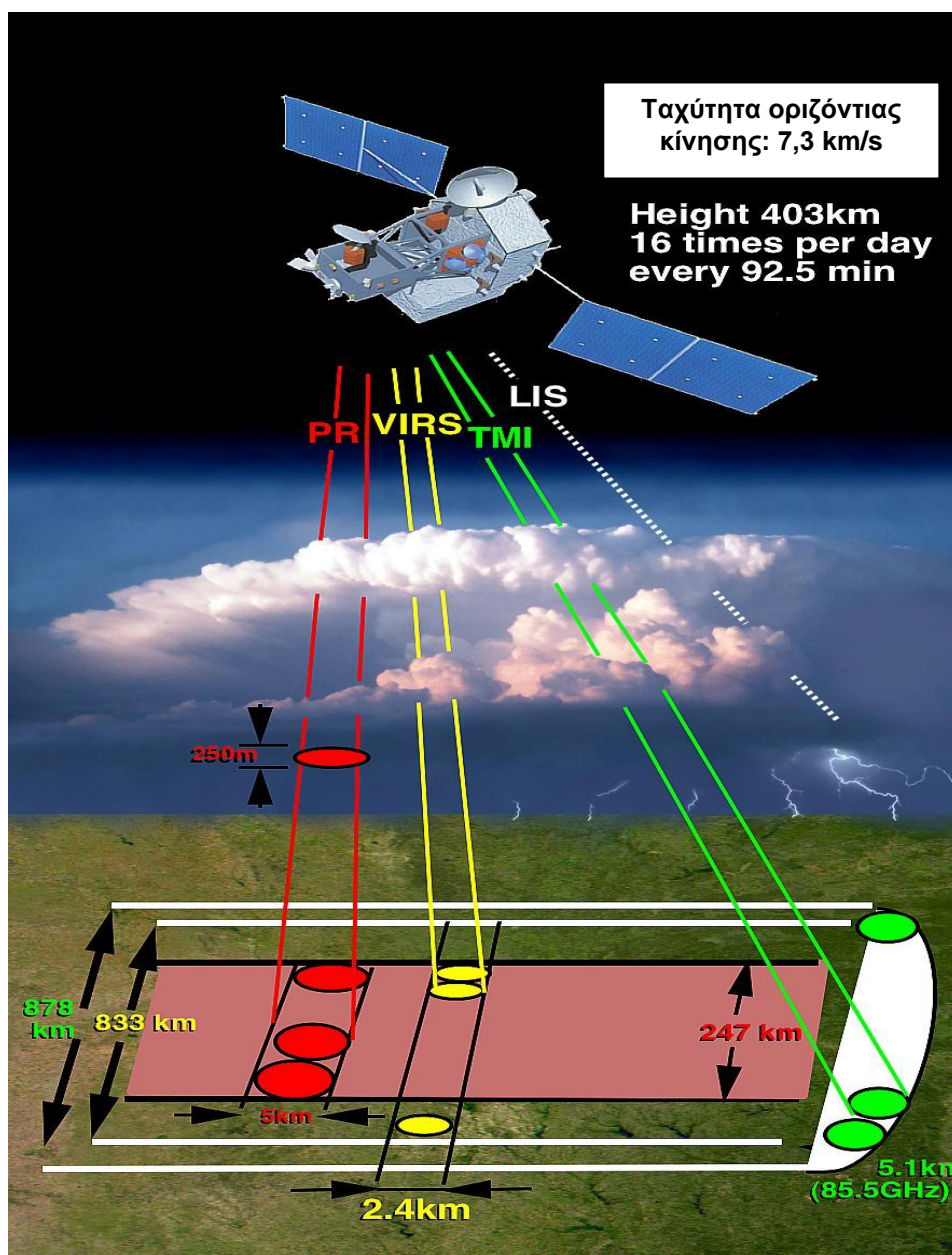
<http://rain.atmos.colostate.edu/CRDC/datasets/2A12.980101.png>

Οι μετρήσεις στο φάσμα της ορατής ακτινοβολίας δίνουν εικόνες της γήινης επιφάνειας και των νεφών ανάλογα με τη θέση του ήλιου, καθώς και την ανάκλαση του φωτός πάνω στα νέφη. Τα νέφη εμφανίζονται γενικώς λευκά αλλά η ένταση του λευκού κυμαίνεται ανάλογα με το πάχος των νεφών και τη θέση του ανωτέρου στρώματος των νεφών ως προς ης προσπίπτουσες ακτίνες του ήλιου. Είναι προφανές ότι εικόνες ορατού δεν λαμβάνονται κατά την διάρκεια της νύχτας (Κοτρώνη, 2010, Koutsiyiannis and Langousis, 2011). Οι μετρήσεις στο φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας δίνουν εικόνες της θερμικής ακτινοβολίας της επιφάνειας της γης και των νεφών. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες λαμβάνονται από τα κανάλια με μικρότερα μήκη κύματος (υψηλότερες συχνότητες), ενώ οι υψηλότερες θερμοκρασίες από τα κανάλια με μεγαλύτερα μήκη κύματος (χαμηλότερες συχνότητες). Έτσι, μια επιφάνεια είναι περισσότερο λευκή όταν είναι ψυχρή και άρα το έδαφος και οι ωκεανοί εμφανίζονται με σκούρο γκρι χρώμα ενώ τα υψηλά ψυχρά νέφη φαίνονται λευκά (Κοτρώνη, 2010).

Το σύστημα μέτρησης νέφωσης και ακτινοβολούμενης γήινης ενέργειας (CERES) είναι ένα όργανο που δεν έχει ως στόχο τη μέτρηση της βροχόπτωσης,

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

όπως τα τρία προηγούμενα, αλλά τη μείωση της αβεβαιότητας στην πρόβλεψη των μακροχρόνιων αλλαγών του κλίματος της Γης. Το όργανο μετράει την ακτινοβολούμενη γήινη ενέργεια, η οποία διαχωρίζεται από αυτή των νεφών της ατμόσφαιρας (NASA, CERES, 2011). Το ισοζύγιο αυτής της ακτινοβολούμενης ενέργειας και η ισορροπία μεταξύ αυτής και εκείνης των νεφών, θεωρείται καθοριστικής σημασίας για τις διακυμάνσεις του κλίματος της γης (NASA, CERES, 2011, Lee et al, 2000).



Εικόνα 2.5. Σχηματική αναπαράσταση των αποτυπωμάτων στο έδαφος των οργάνων PR, TMI και VIRS του δορυφόρου TRMM (NASA, TRMM, 2011, μετά από προσαρμογή)



Το συγκεκριμένο όργανο λειτουργεί σε ένα φάσμα από 0,3 έως 5  $\mu\text{m}$  για τα βραχέα κύματα και από 8 έως 12  $\mu\text{m}$  για τα μακρά (NASA, TRMM Instruments, 2011). Η επίτευξη του στόχου του βασίζεται στην εξήγηση της απόκλισης της ακτινοβολούμενης ενεργείας που χρησιμοποιείται σε φυσικά μοντέλα πρόβλεψης κλίματος και ο καθορισμός του ισοζυγίου επιφανειακής εκπομπής ακτινοβολίας, το οποίο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις ατμοσφαιρικές διεργασίες και στη μεταφορά ενέργειας από τον αέρα στη θάλασσα και αντίστροφα (Pessi and Businger, 2009). Οι μετρήσεις του CERES θεωρούνται θεμελιώδους σημασίας για την επιτυχία της αποστολής και την επίτευξη των στόχων της (Minnis and Trepte, 2008, Lee et al, 2000). Παρόλα αυτά το όργανο αυτό είναι εκτός λειτουργίας από τον πρώτο χρόνο, λόγω κάποιας βλάβης στο ηλεκτρονικό του σύστημα (Αλεξοπούλου, 2010). Ωστόσο, από το 2000, άλλα 4 CERES βρίσκονται σε τροχιά (όπως αυτό του δορυφόρου Aqua ή αυτό του EOS-AM Satellite) δίνοντας τις μετρήσεις τους στα δορυφορικά προϊόντα (NASA, CERES, 2011, NASA, Mission Profile, 2011).

Ο αισθητήρας απεικόνισης αστραπών (LIS), είναι ένα οπτικό τηλεσκόπιο συνδυασμένο με ένα σύστημα φιλτραρισμένης απεικόνισης, το οποίο καταγράφει τις αστραπές που σημειώνονται εντός των νεφών αλλά και αυτές που λαμβάνουν χώρα από τα νέφη προς το έδαφος (Parkinson et al, 2006). Η δειγματοληπτική του ικανότητα είναι 500 εικόνες ανά δευτερόλεπτο και η διακριτική του ευκρίνεια κυμαίνεται από 3 km στο ναδίρ μέχρι 6 km στην άκρη του οπτικού πεδίου (Αλεξοπούλου, 2010). Σε συνδυασμό με τις μετρήσεις των οργάνων PR, TMI και VIRS, οι μετρήσεις του LIS έχουν οδηγήσει ώστε να γίνουν σημαντικά βήματα στη συσχέτιση των αστραπών με τη βροχόπτωση και με άλλες ιδιότητες των καταιγίδων (Petersen et al, 2005, Φωτόπουλος, 2011).

## **2.2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

Οι μετρήσεις των οργάνων του δορυφόρου TRMM υπόκεινται σε επεξεργασία προκειμένου να μετατραπούν σε εκτιμήσεις ποσότητας κατακρήμνισης και να διατεθούν ως μετεωρολογικά δεδομένα βροχόπτωσης. Η επεξεργασία αυτή πραγματοποιείται με αλγορίθμους που είτε έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια τη αποστολής TRMM, είτε προϋπήρχαν και προσαρμόστηκαν κατάλληλα στα χαρακτηριστικά των οργάνων του TRMM (Αλεξοπούλου, 2010). Έτσι, τελικά από τις μετρήσεις του TRMM και σε συνδυασμό με μετρήσεις των άλλων 6 δορυφόρων έχει προκύψει μια

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

πληθώρα προϊόντων, πολλών επιπέδων. Το κάθε επίπεδο δείχνει την επεξεργασία που έχει δεχθεί το κάθε προϊόν.

Αξίζει να σημειωθεί πως όλα τα προϊόντα διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο, μέσα από την επίσημη ιστοσελίδα της NASA (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov>), σε αντίθεση με τα επίγεια (πρωτογενή) μετεωρολογικά δεδομένα της χώρας μας, τα οποία έχουν προκύψει από μετεωρολογικούς σταθμούς που συνήθως ανήκουν σε δημόσιους φορείς, όπως η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (<http://www.hnms.gr/>), που όχι μόνο δεν διατίθενται ελεύθερα αλλά απαιτείται και αρκετή γραφειοκρατική διαδικασία για την παραχώρησή τους. Βέβαια, αυτή η κατάσταση τείνει να αλλάξει στο άμεσο μέλλον καθώς το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών έχει εγκαταστήσει ένα πυκνό δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών, των οποίων οι μετρήσεις (μετά από κάποια επεξεργασία βέβαια όπως συναθροίσεις σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες) διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο στη διεύθυνση (<http://www.meteo.gr/>). Το μειονέκτημα αυτών των δεδομένων είναι ότι είναι πολύ πρόσφατα (εγκατάσταση περισσότερων σταθμών μετά το 2007 και πολλών μετά το 2009).

Τα προϊόντα είναι αποτελέσματα των μετρήσεων των τριών οργάνων (PR, TMI, VIRS) του δορυφόρου TRMM και των οργάνων TMI (και CERES) των υπολοίπων δορυφόρων. Υπενθυμίζεται πως ο Meteosat 5 έπαψε να λειτουργεί από τις 20/4/2007, οπότε και το TMI του είναι εκτός λειτουργίας και άρα δεν συμμετέχει στην παραγωγή των μετεωρολογικών προϊόντων. Η αλλαγή στην τρόπο μετρήσεων, όπως η προσθαφαίρεση οργάνων μέτρησης και δορυφόρων αλλάζει την ομοιογένεια των προϊόντων κατά μήκος της χρονοσειράς τους και πιθανώς και τα στατιστικά τους χαρακτηριστικά (Huffman et al, 2010).

Κάθε προϊόν, έχει μια κωδική ονομασία που αποτελείται από τέσσερις χαρακτήρες. Οι πρώτοι δυο χαρακτήρες φανερώνουν το επίπεδο (και το στάδιο) του προϊόντος ενώ οι υπόλοιποι δυο χρησιμοποιούνται ως αύξων αριθμός του προϊόντος. Όλα τα επίπεδα εκτός του 0 έχουν στάδια, τα οποία ονομάζονται A, B, κ.ο.κ. Τα προϊόντα κάποιου επιπέδου χρησιμοποιούν προϊόντα του προηγούμενων σταδίων και επιπέδων, εισάγοντας κάποια βελτίωση με κάποιον αλγόριθμο επεξεργασίας. Τα προϊόντα του δεύτερου σταδίου του τρίτου επιπέδου (3B), είναι τα μόνα που χρησιμοποιούν πρωτογενή δεδομένα που δεν προέρχονται από το δορυφόρο TRMM (NASA, 2005). Στον πίνακα 2.2. φαίνονται τα επίπεδα και πως προκύπτουν τα προϊόντα για κάθε ένα από αυτά (Φωτόπουλος, 2011).

**Πίνακας 2.2. Τα επίπεδα των δορυφορικών προϊόντων (Φωτόπουλος, 2011)**

<i>Επίπεδο</i>	<i>Διαδικασία Παραγωγής Προϊόντων</i>
0	Πρωτογενείς ανεπεξεργαστες μετρήσεις, χρονικά τοποθετημένες, οι οποίες έχουν περάσει έλεγχο ποιότητας και έχουν αφαιρεθεί τυχόν περιττές επαναλήψεις τους.
1 (A/B/Γ)	Βοηθητικά δεδομένα και δεδομένα γεωαναφοράς που έχουν επισυναφθεί στο επίπεδο 0. Η επεξεργασία τους έχει γίνει υιοθετώντας φυσικές μονάδες που είναι κατάλληλες για κάθε αισθητήρα. Τέτοια βοηθητικά δεδομένα είναι η ανακλαστικότητα του ραντάρ, η θερμοκρασία φωτεινότητας κ.α.
2 (A/B)	Μετεωρολογικές παράμετροι (όπως η ένταση βροχόπτωσης), που προέρχονται από δεδομένα του επιπέδου 1, χρησιμοποιώντας διάφορους αλγόριθμους. Οι παράμετροι αυτές είναι δισδιάστατες ή τρισδιάστατες, κατά μήκος του αποτυπώματος των οργάνων του δορυφόρου.
3 (A/B)	Όλα τα αποτελέσματα της επιφανειακής ολοκλήρωσης των παραμέτρων του επιπέδου 2 σε έναν ομοιόμορφο χωρικά και χρονικά κάρναβο

Όσον αφορά το επίπεδο 1, το προϊόν 1B01 είναι το μοναδικό που προέρχεται από μετρήσεις του σαρωτή ορατής και υπέρυθρης ακτινοβολίας VIRS. Στο 1B01 περιέχονται οι τιμές της ακτινοβολίας, οι οποίες δέχονται ραδιομετρική και γεωμετρική διόρθωση. Οι διορθώσεις αυτές γίνονται με βάση τις μετρήσεις από το όργανο CERES. Προφανώς, επειδή το όργανο CERES του TRMM έχει αστοχήσει (Αλεξοπούλου, 2010), χρησιμοποιούνται τα CERES των άλλων δορυφόρων.

Με βάση τις μετρήσεις από το όργανο απεικόνισης μικροκυμάτων TMI και αφού προστεθεί γεωαναφορά σε κάθε μέτρηση, προκύπτει το προϊόν 1B11, το οποίο περιέχει τη θερμοκρασία της φωτεινότητας ανά μία τροχιά δορυφόρου (περίπου 16 καταγραφές ανά ημέρα).

Από το ραντάρ κατακρήμνισης παράγονται δυο προϊόντα επιπέδου 1. Το πρώτο είναι το 1B21, το οποίο περιέχει τη ρυθμισμένη λαμβανόμενη ισχύ και το δεύτερο είναι το 1C21 που περιέχει την ανακλαστικότητα του ραντάρ. Για το 1B21, το πλήθος των ψηφιακών σημάτων του ραντάρ μετατρέπεται σε ρυθμισμένη

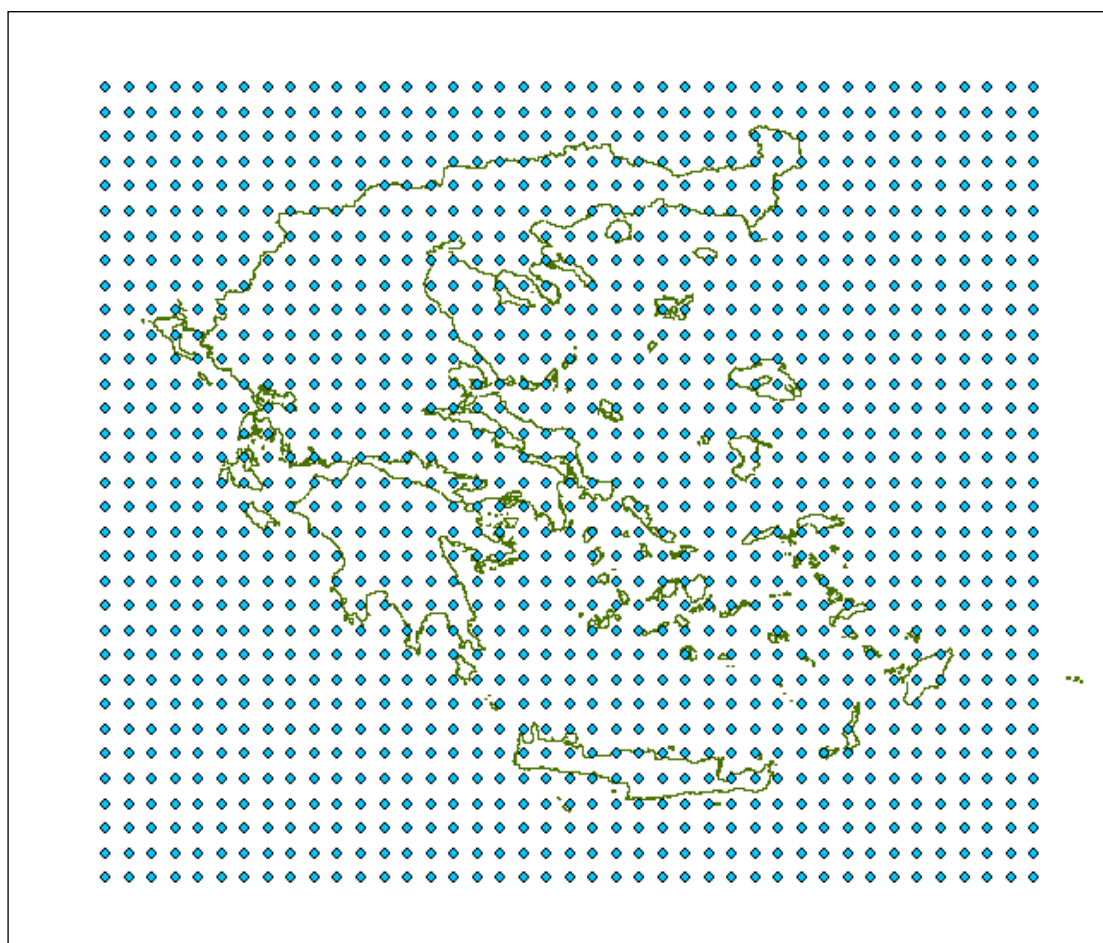
λαμβανόμενη ισχύ και θόρυβο, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο που δημιουργήθηκε ειδικά για το ραντάρ κατακρήμνισης (NSDAOJ, 2001). Στη συνέχεια προστίθεται η πληροφορία του γεωγραφικού μήκους και πλάτους, για τη μετατροπή των μετρήσεων αυτών σε ανακλαστικότητα του ραντάρ (Z) και εξασθένιση βροχόπτωσης, λαμβάνοντας έτσι το προϊόν 1C21 (Φωτόπουλος, 2011).

Προχωρώντας στο επίπεδο 2, με βάση το 1B11, υπολογίζεται το προφίλ της βροχής και προκύπτει το 2A12. Ο στόχος του αλγόριθμου 2A12 είναι η ανακατασκευή της κατακόρυφης κατανομής των υδρατμών, των νεφών και της βροχόπτωσης με τη μέγιστη δυνατή κατακόρυφη ανάλυση, συγκρίνοντας τις μετρημένες θερμοκρασίες φωτεινότητας με γνωστά προφίλ νεφών μιας βάσης δεδομένων αναφοράς που έχουν γνωστές θερμοκρασίες φωτεινότητας (NASA, 2005). Συνδυάζοντας το 1B11, 2A12 και 1C21 προκύπτουν η μέση διάμετρος των υδροσταγονιδίων, ο συντελεστής διόρθωσης της εξασθένισης της βροχόπτωσης, η ένταση της βροχής και οι τυπικές αποκλίσεις όλων των προαναφερθεισών παραμέτρων. Ο συνδυασμός αυτός αναφέρεται ως το προϊόν 2B31 (Φωτόπουλος, 2011).

Συνεχίζοντας με το επίπεδο 3, εδώ θα κάνουμε μια εκτενή αναφορά στο προϊόν 3B42 και τον αλγόριθμο παραγωγής του, καθώς είναι το προϊόν που αξιολογείται στην παρούσα εργασία.. Πριν όμως, αξίζει να αναφερθούμε στο προϊόν 3B31 που αποτελεί ένα μηνιαίο παγκόσμιο χάρτη βροχόπτωσης, πάνω από τη στεριά μόνο, ο οποίος έχει υπολογιστεί σε κάρναβο διαστάσεων  $5^\circ \times 5^\circ$ , για πλάτη από το  $40^\circ\text{N}$  μέχρι και το  $40^\circ\text{S}$ , από τον Δεκέμβρη του 1997 μέχρι σήμερα. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιούνται τα προϊόντα 2A12 και 2B31 (ουσιαστικά συνδυάζονται οι μετρήσεις των οργάνων PR και TMI) και τα αποτελέσματα αναφέρονται στην ένταση της βροχόπτωσης κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και σε δεκατέσσερα κατακόρυφα επίπεδα (προφίλ) που απέχουν 250 m μεταξύ τους (Haddad et al, 1997).

Το προϊόν 3B42 περιέχει την 3ωρη ένταση βροχόπτωσης, επιφανειακά ολοκληρωμένη, σε κάρναβο  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  (NASA, 3B42 Algorithm, 2011). Αξίζει να αναφερθεί πως η έκταση  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  είναι μια έκταση  $610 \text{ km}^2$  περίπου για το γεωγραφικό πλάτος των Αθηνών (Κουτσογιάννης κ.α., 2010), έκταση πιθανώς μεγάλη για να θεωρηθούν τα χαρακτηριστικά της βροχής ενιαία και σε κλίμακα επεισοδίου μάλιστα (Κουτσογιάννης, 1999, Μιμίκου, 1994). Στο σχήμα 2.2 φαίνεται ο χάρτης της Ελλάδας και από πάνω έχει περαστεί ο κάρναβος του δορυφόρου

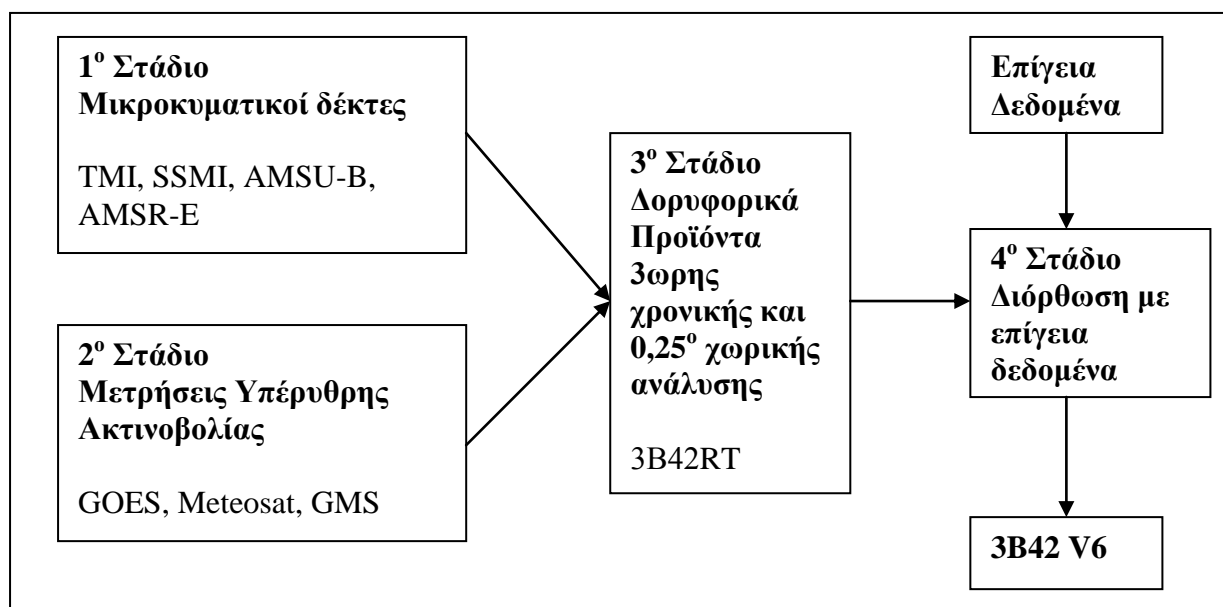
χωρικής ανάλυσης  $0,25^\circ$ . Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, ο κάρναβος αυτός υπερβαίνει τα όρια της Ελληνικής επικράτειας διαθέτοντας 1353 σημεία (grid points). Η χρονική ανάλυση των 3 ωρών και η χωρική των  $0,25^\circ$  είναι οι μικρότερες δυνατές για τα προς το παρόν διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα (NASA, 3B42 Algorithm, 2011, NSDAOJ, 2011). Σημειώνεται πως στην πρώτη έκδοση του προϊόντος (2000) η χωρική ανάλυση ήταν το πολύ  $1^\circ \times 1^\circ$  (Φωτόπουλος, 2011). Το προϊόν καλύπτει την περίοδο από την 1/1/1998 μέχρι και σήμερα (με 2-3 μήνες υστέρηση).



**Σχήμα 2.4.** Κάρναβος (grid) δορυφορικών δεδομένων χωρικής ανάλυσης  $0,25^\circ$ .

Ο αλγόριθμος παραγωγής του συνδυάζει 4 βήματα. Στο σχήμα 2.3. φαίνονται αυτά τα βήματα σχεδιαγραμματικά. Το πρώτο βήμα είναι η εκτίμηση κατακρήμνισης από τις μετρήσεις των μικροκυματικών δεκτών (TMI του TRMM και άλλων δορυφόρων, ουσιαστικά το προϊόν 2A12) και ο συνδυασμός με τις μετρήσεις του ραντάρ (PR) του TRMM (προϊόν 2C21 και ο συνδυασμός το 2B31). Οι μετρήσεις αυτές είναι 3ωρες και χωρικής ανάλυσης  $0,25^\circ$  (NASA, 3B42 Algorithm, 2011).

Ύστερα, το δεύτερο βήμα είναι η εκτίμηση κατακρήμνισης από μετρήσεις υπέρυθρης ακτινοβολίας, πάλι από τον TRMM και άλλους δορυφόρους και η διόρθωσή τους με βάση τους μικροκυματικούς δέκτες. Οι μετρήσεις αυτές είναι 3ωρες και χωρικής ανάλυσης  $1^\circ \times 1^\circ$  (άρα χρειάζεται και μετατροπή στην ανάλυση  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , που γίνεται με απλή παρεμβολή, Αλεξοπούλου, 2010) και καλύπτουν εύρος γεωγραφικών πλατών μεταξύ  $\pm 60^\circ$  από το Φεβρουάριο του 2000 μέχρι σήμερα. Την περίοδο 1/1998 μέχρι 2/2000 καλύπτουν το  $\pm 40^\circ$  και γι' αυτό τα δεδομένα του 3B42 για πλάτη έξω από το  $\pm 40^\circ$  για αυτήν την περίοδο είναι ελλιπέστατα και εντελώς αναξιόπιστα (Huffman et al, 2007) Και στην παρούσα εργασία, στις περιοχές της Ελλάδας με γεωγραφικό πλάτος μεγαλύτερο από  $+40^\circ$  αγνοήθηκε πλήρως το χρονικό διάστημα από 1/1/1998 μέχρι 1/3/2000.



**Σχήμα 2.3. Αναπαράσταση αλγορίθμου παραγωγής του 3B42**

(Funk et al, 2008, μετά από προσαρμογή)

Έτσι λοιπόν, παρά το ότι ο TRMM και συνεπώς οι πρωτογενείς καταγραφές του περιορίζονται στα γεωγραφικά πλάτη μεταξύ  $\pm 30^\circ$ , με χρήση καταγραφών υπέρυθρης ακτινοβολίας από άλλους γεωστάσιμους δορυφόρους, κατέστη εφικτή η επέκταση της κάλυψης των προϊόντων του TRMM, με αποτέλεσμα σήμερα η κάλυψη του προϊόντος 3B42 να εκτείνεται από τις  $-50^\circ$  έως τις  $+50^\circ$  μοίρες από τον Φεβρουάριο του 2000.

Το τρίτο βήμα είναι ο συνδυασμός των μετρήσεων του πρώτου και του δεύτερου βήματος για να δοθεί μια τιμή (μέση επιφανειακή) σε κάθε φαντίο  $0,25^\circ \times$

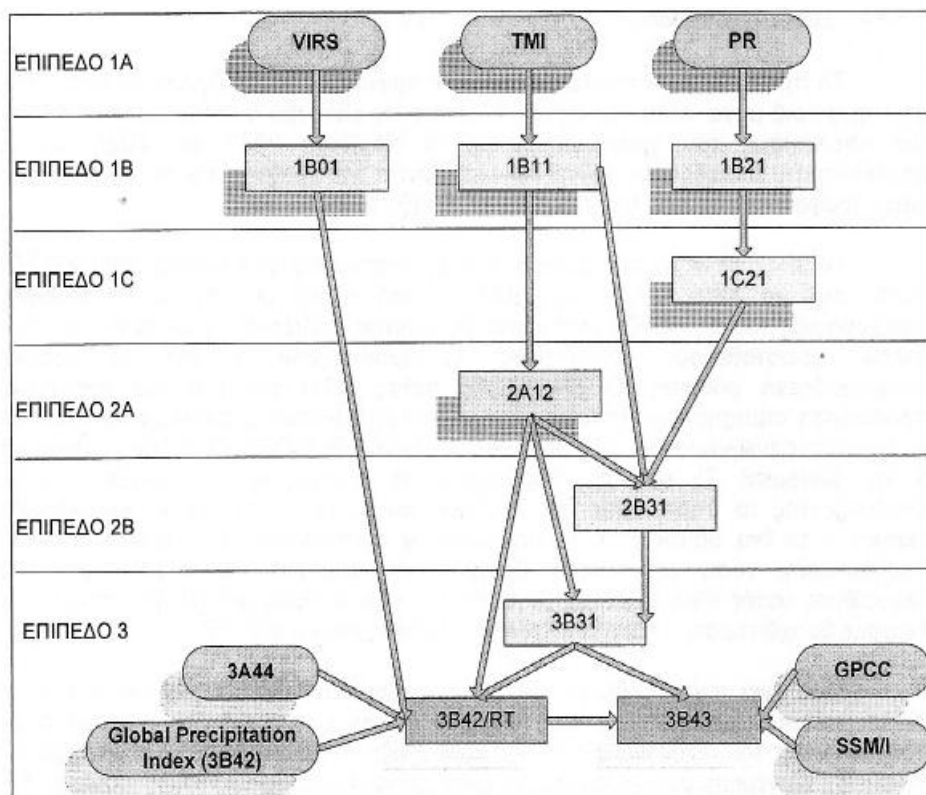
0,25°. Η έκτη πλέον έκδοση του αλγορίθμου επεξεργασίας του 3B42, που υφίσταται από τον 8/2004 (NASA, TSDIS, 2011) και προφανώς είναι καλύτερη των προηγούμενων (Chokngamhong and Chiu, 2008, 2006), εκτός του ότι συνδυάζει επιπρόσθετες μετρήσεις υπέρυθρης ακτινοβολίας από άλλους γεωστάσιμους δορυφόρους, χρησιμοποιεί αλγορίθμους χωρικά και χρονικά μεταβαλλόμενης ρύθμισης. Ο αλγόριθμος αυτός αποτελεί μια πιθανοτική προσέγγιση ταύτισης των εντάσεων των μέσων υπέρυθρων μετρήσεων του 1B01 με τις μετρήσεις των γεωστάσιμων δορυφόρων (GOES-E, GOES-W, MTSAT, Meteosat-5 και Meteosat-7) και του δορυφόρου με επίσης χαμηλή τροχιά Aqua. Συνδυάζοντας το αποτέλεσμα της ταύτισης αυτής με το προϊόν 2A12, όσο πιο «κρύο» είναι ένα σημείο από τη θερμοκρασία φωτεινότητας που έχει η μηδενική βροχόπτωση, τόσο μεγαλύτερη βροχόπτωση λαμβάνει το σημείο αυτό. Ο αλγόριθμος αυτός είναι γνωστός με το όνομα «Αλγόριθμος Μεταβλητής Υπέρυθρης Έντασης Βροχόπτωσης» και η σημερινή του έκδοση είναι η 6η (3B42 V6, NASA, 3B42 Algorithm, 2011).

Τέλος, για την παραγωγή του 3B42, χρησιμοποιούνται οι μετρήσεις από το δίκτυο επίγειων σταθμών με τους οποίους γίνεται η επαλήθευση των εντάσεων βροχόπτωσης του. Αυτό είναι και το τέταρτο βήμα στην παραγωγή του αλγορίθμου 3B42. Το δίκτυο σταθμών είναι το GPCP (Global Precipitation Climatology Center) μέχρι τον Μάρτιο του 2005 και από εκεί μέχρι σήμερα του CPC (Climate Prediction Center). Φυσικά, επειδή η χρονική κλίμακα των επίγειων δεδομένων δεν είναι ίδια με αυτή του 3B42, προφανώς γίνεται συνάθροιση (aggregation) των δεδομένων του 3B42, γίνεται επιδιόρθωση και μετά με απλό αλγόριθμο επιμερισμού (disaggregation) ξαναγυρνάμε στην 3ωρη κλίμακα του 3B42 (Huffman et al, 2007, Huffman and Bolvin, 2011).

Εντελώς αντίστοιχο είναι και το προϊόν 3B42RT (Real Time), που εκτείνεται μεταξύ των πλατών  $\pm 60^\circ$ , με τη διαφορά ότι επειδή διανέμεται σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (με υστέρηση 6 έως 12 ώρες), δεν έχει γίνει επαλήθευση (και διόρθωση) με το δίκτυο επίγειων συμβατικών σταθμών μέτρησης βροχόπτωσης και συνεπώς οι μετρήσεις έχουν πολύ μεγαλύτερα σφάλματα, ιδιαίτερα έξω από τη ζώνη των τροπικών, όπως προκύπτει και από σχετικές μελέτες (Fotopoulos et al, 2010, Dinku et al, 2007, 2010 a, Yong et al, 2010, Tian et al, 2006, 2007, Katsanos et al, 2004). Αξίζει να σημειωθεί πως ειδικά για τη ζώνη  $50^\circ - 60^\circ$  βόρειο και νότιο, η αξιοπιστία των μετρήσεων του 3B42RT είναι εξαιρετικά αμφίβολες (Funk et al, 2008).

Το προϊόν 3B42RT άρχισε να διατίθεται επίσημα τον Ιανουάριο του 2002. Ωστόσο, από τότε ο αλγόριθμός του έχει υποστεί πολλές αναβαθμίσεις και βελτιώσεις με πιο σημαντικές αυτές του 2005 και 2007. Από τις 2/10/2008 διατίθεται η πιο βελτιωμένη έκδοση που θεωρείται πολύ κοντά στα δεδομένα του 3B42V6. Σημειώνεται πως οι προηγούμενες εκδόσεις θεωρούνται «απαρχαιωμένες» και η ίδια η NASA αποθαρρύνει τους χρήστες να χρησιμοποιούν τις προηγούμενες εκδόσεις (Huffman, 2009). Η χαμηλή του αξιοπιστία και ο λίγος χρόνος στον οποίο διατίθεται η νέα έκδοση του προϊόντος (10/2008 και μετά) οδήγησαν στην απόφαση του να μην χρησιμοποιηθεί και αξιολογηθεί στην παρούσα μελέτη.

Παράγωγο προϊόν του 3B42 είναι το 3B43, το οποίο περιέχει τις μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης στον ίδιο κάνναβο ( $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ) για την ίδια χρονική περίοδο (1/1/1998 μέχρι σήμερα). Και σ' αυτό το προϊόν, κατά τον υπολογισμό του, λαμβάνονται υπόψη οι μετρήσεις βροχόπτωσης από το επίγειο δίκτυο σταθμών που περιλαμβάνονται στο GPCC (NASA, 2005, NASA, 3B42 Algorithm, 2011). Ανακεφαλαιώνοντας, στο σχήμα 2.4. παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των αλγορίθμων παραγωγής των προαναφερθέντων προϊόντων του TRMM (Φωτόπουλος, 2011).



**Σχήμα 2.4. Διάγραμμα ροής παραγωγής προϊόντων του TRMM  
(Φωτόπουλος, 2011)**



### **2.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

Αν και στη ζώνη των τροπικών (γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 30°N και 30°S), η επαλήθευση των δορυφορικών δεδομένων με επίγεια έχει δείξει πως υπάρχει γενικά καλή συσχέτιση, τουλάχιστον για την ημερήσια, μηνιαία, ετήσια και εποχιακή κλίμακα (Φωτόπουλος, 2011, Wolff et al, 2005, Su et al, 2008, Dinku et al, 2007, 2008, Asadullah et al, 2008, Gu et al, 2010, Koo et al, 2009, Chokngamhong and Chiu, 2006, 2008, Nickolson et al, 2003), εντούτοις έξω από την ζώνη των τροπικών (στο βορρά από το +30 μέχρι το+50 και στο νότο από το -30 μέχρι το -50) έχουν διαπιστωθεί ορισμένα προβλήματα τα οποία φαίνεται να περιορίζουν σημαντικά την αξιοπιστία τους (Liu et al, 2010, Tian et al, 2006, 2007, Han et al, 2011, Wolff et al, 2005). Μάλιστα, η διαφορά στην αξιοπιστία και την ακρίβεια του 3B42 μπορεί να είναι έντονη συγκρίνοντας περιοχές κοντά στους τροπικούς με περιοχές μακριά από αυτούς, όπως αποδεικνύεται σε έρευνα που διεξήχθη στην Αυστραλία όπου στις ΒΔ περιοχές (μέσα στην ζώνη των τροπικών) είχαμε καλή προσέγγιση των βροχοπτώσεων από τον 3B42 ενώ στην ΝΑ Αυστραλία τα σφάλματα ήταν σημαντικά (Oke et al, 2009).

Ειδικά το προϊόν 3B42RT, όπως προαναφέρθηκε, μακριά από την ζώνη των τροπικών θεωρείται χαμηλής αξιοπιστίας με μεγάλα σφάλματα (Funk et al, 2008, Han et al, 2011, Tian et al, 2007) και με έντονη αδυναμία στην ακριβή καταγραφή ισχυρών επεισοδίων (Katsanos et al, 2004). Στην περιοχή μας, και συγκεκριμένα στη λεκάνη του Έβρου, κρίθηκε εντελώς αναξιόπιστο σύμφωνα με την έρευνα του Φωτόπουλου (Fotopoulos et al, 2010). Βέβαια, σε ζώνες τροπικών μπορεί να δώσει εξίσου καλά αποτελέσματα (Romilly and Gebremichael, 2010, Jiang et al, 2010) και να χρησιμοποιηθεί για την πρόγνωση πλημμυρών (Hazarika et al, 2007, Li et al, 2008) και σε ορισμένες περιπτώσεις με πολύ καλύτερα αποτελέσματα από το 3B42V6 (Bitew and Gebremichael, 2011).

Όπως φαίνεται, τα δορυφορικά προϊόντα αδυνατούν να προσομοιώσουν με αποδεκτή ακρίβεια την δίαιτα των βροχοπτώσεων εύκρατου κλίματος γιατί εμπρικλείει πολλές μεταβολές και διακυμάνσεις. Αντίθετα, σε ένα τροπικό κλίμα (ή και ερημικό) που η δίαιτα είναι σχεδόν σταθερή όλο το χρόνο, έχουμε πολύ καλύτερες προσομοιώσεις (Han et al, 2011). Πιο συγκεκριμένα, τα εγκατεστημένα στους δορυφόρους όργανα αδυνατούν να καταγράψουν τις βροχές πολύ χαμηλής έντασης (<0,1 mm/h, Φωτόπουλος, 2011) κάτι που σημαίνει πως θα έχουμε σοβαρή

υποεκτίμηση της αθροιστικής βροχόπτωσης, ειδικά στα μέσα (εύκρατα) γεωγραφικά πλάτη που το 35% της ετήσιας βροχής πέφτει με τέτοια ή και μικρότερη ένταση (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999). Επίσης, από πολλές μελέτες φαίνεται πως υπάρχει σοβαρή υποεκτίμηση (της τάξης του 50%) των ισχυρών καταιγίδων, και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και στους τροπικούς (Han et al, 2011, Santos et al, 2009, Nair et al, 2009). Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα προϊόντα 3B42 είναι προφανώς πολύ πιο αξιόπιστα σε μεγάλη χρονική κλίμακα (μεγαλύτερη της μέρας) και υστερούν αρκετά στη μικρή (μικρότερη της μέρας).

Ακόμα, σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρούνται σοβαρά σφάλματα λόγω υψομέτρου, καθώς αυτή η παράμετρος δεν υπολογίζεται πουθενά. Γενικά οι δορυφόροι υποεκτιμούν κατά πολύ το ορογραφικό φαινόμενο (Dinku et al, 2010 (a)). Σε ορισμένες περιοχές δημιουργείται σαφής σχέση μεταξύ υψομέτρου, γεωγραφικού πλάτους και ακρίβειας των δορυφορικών δεδομένων, όπως στο Laohahe της Κίνας όπου η ακρίβεια αυξάνει όσο χαμηλότερο το γεωγραφικό πλάτος και όσο χαμηλότερο το υψόμετρο (Yong et al, 2010). Από την άλλη, στην περιοχή της Νότιας Κορέας, παρατηρήθηκε σοβαρή υποεκτίμηση της κατακρήμνισης πάνω από την θάλασσα, μαρτυρώντας έτσι μια κάποια αδυναμία των οργάνων πάνω από υδάτινες επιφάνειες (Koo et al, 2009).

Ένα άλλο πρόβλημα, που συνδέεται και με το υψόμετρο, είναι η χιονόπτωση καθώς δεν μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια με τα υφιστάμενα όργανα. Μετράται έμμεσα συνδυάζοντας την θερμοκρασία αέρα και την κατακρήμνιση (Huffman and Bolvin, 2011). Στον υπολογισμό της παρατηρούνται γενικά μεγάλες αποκλίσεις μειώνοντας την αξιοπιστία των δορυφορικών προϊόντων το χειμώνα (Liu et al, 2010). Επιπλέον, η λευκή παγωμένη επιφάνεια του εδάφους, όταν αυτό είναι χιονισμένο, επηρεάζει τις μετρήσεις των οργάνων του TRMM, μειώνοντας περαιτέρω την αξιοπιστία τους (Φωτόπουλος, 2011).

Η NASA, με την νέα έκδοση 6 (V6) των δορυφορικών προϊόντων, έχει επιχειρήσει να διορθώσει τέτοιου είδους προβλήματα. Η νέα έκδοση είναι σαφώς καλύτερη από τις προηγούμενες (Chokngamhong and Chiu, 2008) αλλά και πάλι έχει κάποιες αδυναμίες, όπως η καταγραφή βροχών με πολύ μικρές εντάσεις (<0,1 mm/h). Γι' αυτό η χρήση των δορυφορικών δεδομένων (κυρίως αυτών που δεν διορθώνονται με επίγεια, όπως το 3B42RT) θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, ειδικά στις περιοχές εκτός των τροπικών.

### **3. ΕΠΙΓΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

#### **3.1. ΠΡΟΪΟΝΤΑ GPCC ΚΑΙ CPC**

Το κέντρο παγκόσμιας κατακρήμνισης και κλιματολογίας GPCC (Global Precipitation Climatology Center) ιδρύθηκε το 1989 ύστερα από αίτηση του παγκόσμιου οργανισμού κλιματολογίας WMO (World Meteorological Organization) και λειτουργεί υπό την αιγίδα την Γερμανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας DWD (Deutscher Wetterdienst) (Αλεξοπούλου, 2010). Αποτελεί ένα φιλόδοξο εγχείρημα και σκοπός του είναι η ανάλυση της κατακρήμνισης σε παγκόσμιο επίπεδο για κλιματολογικούς σκοπούς.

Το προϊόντα GPCC είναι επιφάνειες μηνιαίας κατακρήμνισης για όλο τον κόσμο με τη μορφή κάρτας. Υπάρχουν 2 ειδών προϊόντα GPCC: τα σχεδόν πραγματικού χρόνου (near real time) και τα μη πραγματικού χρόνου (non real time). Και τα δύο διατίθενται ελεύθερα στο διαδύκτιο από τη σελίδα της Γερμανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (<http://gpcc.dwd.de>), σε χωρικές αναλύσεις 2,5° και 1°, με τα μη πραγματικού χρόνου να διατίθενται και σε χωρική ανάλυση 0,5°. Τα πρωτογενή δεδομένα συλλέγονται από ένα μεγάλο δίκτυο επίγειων μετεωρολογικών σταθμών, το πλήθος των οποίων μεταβάλλεται συνεχώς λόγω βλαβών, αναξιοπιστίας και πρόσθεσης νέων σταθμών στο δίκτυο (Schneider et al, 2008). Έτσι, για τα δεδομένα σχεδόν πραγματικού χρόνου χρησιμοποιείται ένα δίκτυο 6 000 – 8 000 σταθμών και παραδίδονται 5-30 ημέρες μετά το τέλος κάθε μήνα, ενώ για τα μη πραγματικού χρόνου, το δίκτυο είναι της τάξης των 10 000 – 50 000 σταθμών και παραδίδονται με υστέρηση μηνών ή και ετών (<http://gpcc.dwd.de>). Προφανώς, πιο ακριβή και πιο αξιόπιστα είναι τα μη πραγματικού χρόνου αφού προέρχονται από περισσότερους σταθμούς και περνούν από πολύ περισσότερους ελέγχους αξιοπιστίας (Schneider et al, 2008). Αξίζει να σημειωθεί πως τα μη πραγματικού χρόνου καλύπτουν μια χρονική περίοδο από το 1901 μέχρι και το 2007 συμβάλλοντας έτσι και σε κλιματολογικές μελέτες.

Τα προϊόντα GPCC έχουν εξελιχθεί πολύ τα τελευταία χρόνια και σήμερα βρίσκεται στην έκδοση 4. Τα δεδομένα αυτά θεωρούνται γενικά πολύ αξιόπιστα (Fotopoulos et al, 2010, Schneider et al, 2008) και έχουν συμβάλει τα μέγιστα στον αλγόριθμο επαλήθευσης και διόρθωσης των δορυφορικών προϊόντων 3B42.

Μάλιστα, τα 3B42 υπερτερούν κατά πολύ άλλων δορυφορικών δεδομένων ακριβώς λόγω αυτής της διόρθωσης με τα δεδομένα του GPCC (Tian et al, 2006). Σημειώνεται επίσης, πως σε πολλές μελέτες έχουν χρησιμοποιηθεί ως μέτρο σύγκρισης και αξιολόγησης των δορυφορικών δεδομένων, όταν δεν υπάρχουν επίγεια (Fotopoulos et al, 2010) ή και των ίδιων των επιγείων δεδομένων, όταν αυτά θεωρούνται αναξιόπιστα (Chokngamwong and Chiu, 2008).

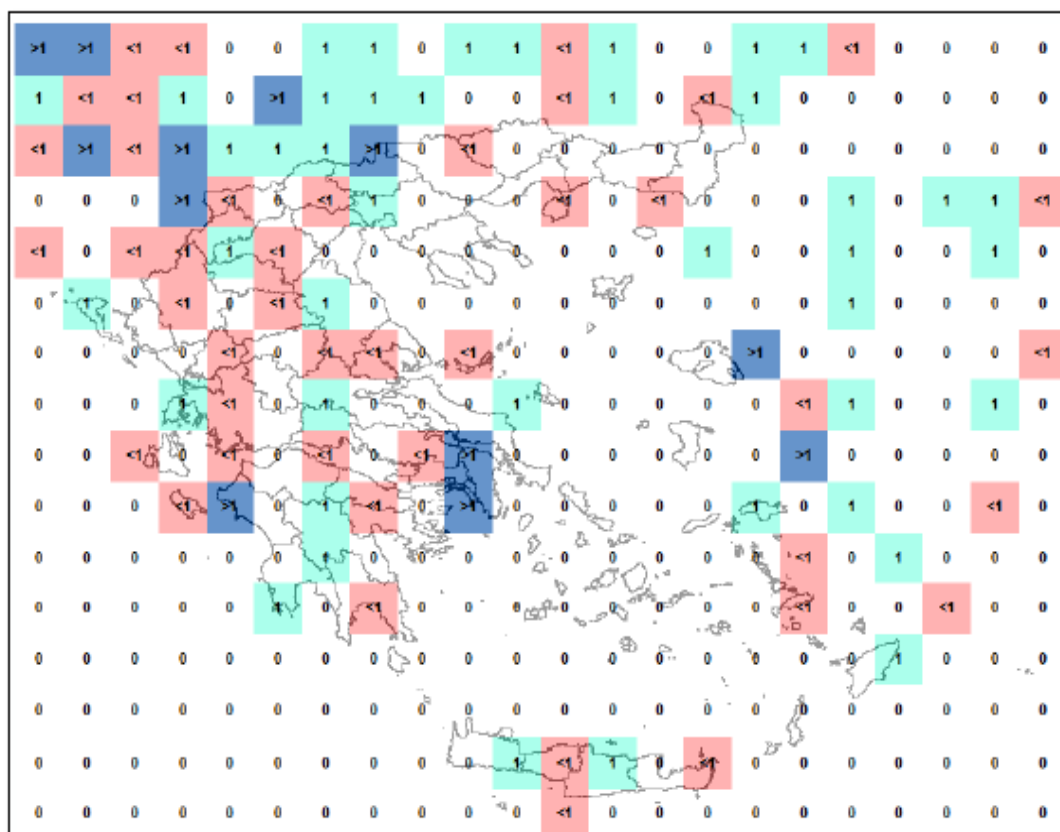
Τα προϊόντα του κέντρου κλιματικής πρόγνωσης CPC (Climate Prediction Center) είναι Αμερικάνικης προέλευσης από τον οργανισμό NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) της Αμερικής. Είναι αντίστοιχα αυτών του GPCC και προέρχονται από 17 000 επίγειους σταθμούς σε όλον τον κόσμο. Και εδώ ο αριθμός των σταθμών μεταβάλλεται και έχει φτάσει μέχρι και 30 000. Τα προϊόντα αυτά δίνουν επιφάνειες ημερήσιας βροχόπτωσης, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, σε κάρναβο  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  από το 1979 μέχρι και σήμερα.

Ομοίως με εκείνα του GPCC, είναι ελεύθερα στο διαδίκτυο στη διεύθυνση (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). Και αυτά με τη σειρά τους είναι αρκετά αξιόπιστα και ακριβή (και συσχετίζονται καλά με τα GPCC στη μηνιαία κλίμακα) (Fotopoulos et al, 2010, Chen and Xie, 2007, Chen et al, 2008) και από το 2005 και μετά αποτελούν και μέσω διόρθωσης των δορυφορικών προϊόντων 3B42V6 (Huffman et al, 2007, Huffman and Bolvin, 2011). Ωστόσο, τα δεδομένα CPC πριν από το 2006 με αυτά μετά, δεν έχουν υποστεί την ίδια επεξεργασία και συνεπώς δεν παρουσιάζουν στατιστική ομοιογένεια και χρειάζονται προσοχή (Φωτόπουλος, 2011).

Στην παρούσα εργασία δεν χρησιμοποιήθηκαν καθόλου τα παραπάνω δεδομένα, αν και υπήρχε γενικά δυσκολία στην εύρεση δεδομένων στη λεπτή χρονική κλίμακα από επίγειους σταθμούς. Όσον αφορά τα δεδομένα του GPCC, αυτά είναι κατ' αρχήν σε μηνιαία κλίμακα και έτσι λοιπόν τα δορυφορικά δεδομένα θα έπρεπε να συναθροιστούν και να αξιολογηθούν σε σχέση με αυτά του GPCC στο χρονικό βήμα του μήνα, πράγμα που έχει γίνει από την Αλεξοπούλου για όλη την Ελλάδα (Αλεξοπούλου, 2010) και τον Φωτόπουλο για τη λεκάνη του Έβρου (Fotopoulos et al, 2010). Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως στο δίκτυο των επιγείων σταθμών, απ' όπου αντλεί τα δεδομένα του το GPCC, δεν συμμετέχουν πολλοί επίγειοι σταθμοί από την Ελλάδα και αυτοί που συμμετέχουν είναι κατά πολύ ανομοιόμορφα κατανεμημένοι. Συγκεκριμένα, από τα 152 φατνία που καλύπτουν τον Ελλαδικό χώρο (κάθε φατνίο είναι  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ ) μόνο τα 54 διαθέτουν ένα ή περισσότερους σταθμούς για την περίοδο 1/1998 με 12/2007 (επειδή ο αριθμός των σταθμών για κάθε φατνίο

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

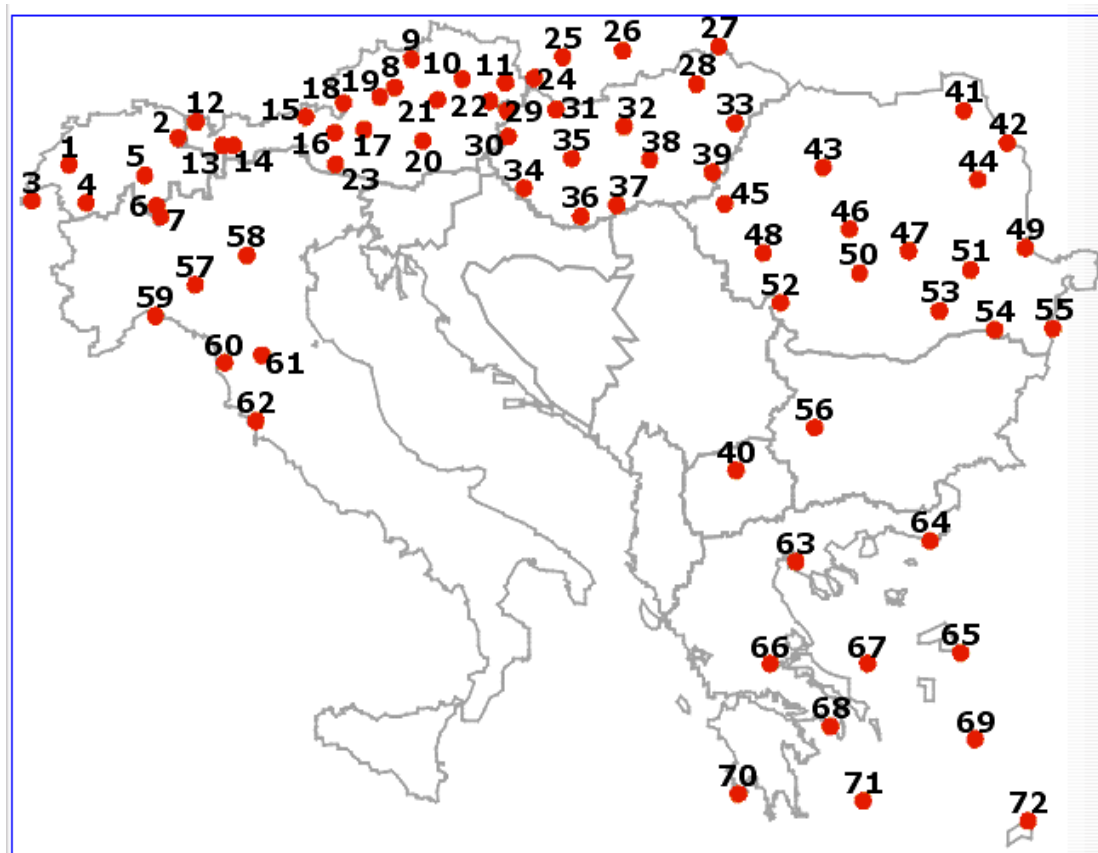
μεταβάλλεται συνεχώς δίνεται ο μέσος όρος για την συγκεκριμένη περίοδο). Σε όλα τα υπόλοιπα γίνεται εκτίμηση με απλή παρεμβολή, πράγμα που μειώνει κατά πολύ την ακρίβεια των δεδομένων (Αλεξοπούλου, 2010). Στο σχήμα 3.1. φαίνεται ο αριθμός (μέσος όρος) των σταθμών για κάθε φατνίο στον Ελλαδικό χώρο από τον 1/1998 μέχρι τον 12/2007. Στην περίπτωση που ο σταθμός δεν έχει λειτουργήσει για όλη την παραπάνω περίοδο, τότε ο μέσος όρος είναι μικρότερος της μονάδας (<1).



**Σχήμα 3.1. Μέσος αριθμός σταθμών ανά φατνίο  
(Αλεξοπούλου, 2010)**

Σχετικά με τα δεδομένα CPC, πάλι η μικρότερη χρονική κλίμακα στην οποία δίνονται είναι η ημερήσια, οπότε πάλι υπήρχε πρόβλημα με τις μικρότερες κλίμακες (3h, 6h, 12h), στις οποίες πρέπει να γίνει αξιολόγηση των δορυφορικών προϊόντων 3B42. Άλλωστε, η εύρεση επιγείων δεδομένων σε μεγαλύτερη κλίμακα από την ημερήσια είναι «σχετικά» εύκολη για πολλούς σταθμούς της χώρας. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί πως οι επιγείοι σταθμοί τους οποίους χρησιμοποιεί το CPC στην περιοχή μας είναι μόνο 10 και άλλοι 2 στις γείτονες χώρες (1 στα Σκόπια και 1 στη

Βουλγαρία) όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2. Συνεπώς καταλαβαίνουμε πως το σφάλμα παρεμβολής θα είναι σοβαρό.



Σχήμα 3.2. Δίκτυο επιγείων σταθμών του CPC στην ΝΑ Ευρώπη

([http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/global\\_monitoring/precipitation/global\\_precip\\_accum.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/global_monitoring/precipitation/global_precip_accum.shtml))

Τέλος, η συσχέτιση που υπάρχει a priori μεταξύ των δεδομένων GPCC, CPC και των δορυφορικών 3B42V6, καθώς συμμετέχουν τα πρώτα στον αλγόριθμο παραγωγής των δεύτερων, εξ αρχής μειώνει την αξιοπιστία της σύγκρισης και αξιολόγησης των δορυφορικών προϊόντων με αυτά του GPCC και CPC.

### 3.2. ΔΕΛΟΜΕΝΑ ΕΜΥ

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) ιδρύθηκε το 1931 στο χώρο του τότε νεοσύστατου Υπουργείου Αεροπορίας με κύρια αποστολή τη μετεωρολογική υποστήριξη των φορέων της εθνικής άμυνας και της εθνικής οικονομίας της χώρας μας. Στα πλαίσια των στόχων, που αρχικά τέθηκαν με τον ιδρυτικό νόμο της ΕΜΥ, η Υπηρεσία ανέπτυξε στην περίοδο 1931-1940 Δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών, οργάνωσε και λειτούργησε το Τμήμα Προγνώσεων Καιρού και την Μετεωρολογική Σχολή της ΕΜΥ, ενώ στο χώρο της διεθνούς συνεργασίας έγινε μέλος της Διεθνούς Μετεωρολογικής Οργάνωσης (1935). Μετά τον 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο η ΕΜΥ σχεδίασε και υλοποίησε την αναδιοργάνωσή της, τον εκσυγχρονισμό του τεχνολογικού της εξοπλισμού και την ανάπτυξη συνεργασιών με διεθνείς οργανισμούς, όπως το 1949 που επικύρωσε τη σύμβαση με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO), η οποία τέθηκε σε ισχύ στις 23 Μαρτίου 1950.

Στις δεκαετίες του 1950 και 1960 ίδρυσε νέους μετεωρολογικούς σταθμούς επιφανείας, μετεωρολογικά γραφεία στα αεροδρόμια της χώρας μας, αναδιοργάνωσε τον τομέα της πρόγνωσης με την ίδρυση Μετεωρολογικών Κέντρων και προέβη σταδιακά στον εκσυγχρονισμό του τηλεπικοινωνιακού της συστήματος. Στις δεκαετίες του 1970 και 1980 αναδιοργανώθηκαν οι λειτουργικές δομές της Υπηρεσίας εγκαταστάθηκαν συστήματα (H/Y), σταθμοί μετεωρολογικών radar και νέα τηλεπικοινωνιακά συστήματα, ενώ έγινε μέλος του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προγνώσεων (ECMWF) και της Ευρωπαϊκής Οργάνωσης για την Εκμετάλλευση των Μετεωρολογικών Δορυφόρων.

Στην δεκαετία του 1990 η ΕΜΥ υλοποίησε ένα μέρος του προγράμματος εκσυγχρονισμού της με κύρια σημεία αναφοράς την εγκατάσταση και επιχειρησιακή λειτουργία νέου Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος (MSS), Συστήματος Δορυφορικής Λήψης και Επεξεργασίας, Αρχαιοθέτησης και Διανομής ψηφιακών μετεωρολογικών δεδομένων (PROTEAS), την υλοποίηση της πρώτης φάσης για την εγκατάσταση Αυτόματων Μετεωρολογικών Σταθμών. Ακόμα, σχεδιάζει και υλοποιεί σταδιακά την αναδιοργάνωση των λειτουργικών δομών της Υπηρεσίας, τη συνεργασία με τους εθνικούς φορείς, την εγκατάσταση, ανάπτυξη και λειτουργία αριθμητικών μοντέλων, την αναβάθμιση και επέκταση του συστήματος Μετεωρολογικής Υποστήριξης. Παράλληλα διευρύνει τις διεθνείς συνεργασίες της, στα πλαίσια των διεθνών οργανισμών ECOMET, EUMETNET κ.α. (ΕΜΥ, 2011, <http://www.hnms.gr/>).

Παρόλα αυτά, η EMY βρίσκεται πολύ πίσω σε σχέση με αντίστοιχες υπηρεσίες άλλων ανεπτυγμένων χωρών, κυρίως ως προς τη διάθεση των δεδομένων της σε οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο. Επίσης, υπάρχει σοβαρό πρόβλημα ως προς την αρχειοθέτηση δεδομένων και την καταγραφή τους, καθιστώντας την αξιοπιστία τους αμφίβολη. Δηλαδή δεν υπάρχει ένας τυποποιημένος τρόπος καταγραφής αρχείων και πολλά από αυτά δεν είναι σε ηλεκτρονική μορφή. Ειδικά, τα δεδομένα λεπτής χρονικής κλίμακας είναι και αυτά που έχουν και το μεγαλύτερο πρόβλημα, δηλαδή σοβαρές ελλείψεις, χειρόγραφες καταγραφές κ.α.

Η παρούσα εργασία αντιμετώπισε σοβαρό πρόβλημα στην εύρεση δεδομένων βροχής σε μικρή χρονική κλίμακα και χρονοτρίβησε πολύ εξ αιτίας της ανάγκης πληκτρολόγησής τους ώστε να είναι σε ηλεκτρονική μορφή και να μπορούν να δεχθούν επεξεργασία. Τελικά, για δεδομένα μικρής χρονικής κλίμακας, καταφέραμε να βρούμε τα έντυπα των βροχογράφων (βλ. εικόνα 3.1), δηλαδή τους πίνακες καταγραφής των δεδομένων των ταινιών βροχογράφων (βλ. εικόνα 3.3), από 12 σταθμούς της EMY για την περίοδο από το 1995 (ή και νωρίτερα) μέχρι τον 4/2010, έτσι ώστε να εμπεριέχεται η περίοδος 1/1998-5/2010 των δορυφορικών προϊόντων. Τα παραπάνω έντυπα φωτογραφήθηκαν και ύστερα έγινε η ψηφιοποίησή τους μέσω πληκτρολόγησης.

Στην εικόνα 3.1. φαίνεται ένα χαρακτηριστικό έντυπο βροχογράφου από τον Μ.Σ. Καστοριάς για τον Απρίλιο του 2007. Επιπλέον, σε λίγο μεγαλύτερη κλίμακα, προμηθευτήκαμε ψηφιοποιημένα δεδομένα 12ωρης χρονικής κλίμακας, για την περίοδο από 1/1998 μέχρι 5/2011, από άλλους 20 σταθμούς για τους οποίους έγινε ξεχωριστή επεξεργασία. Συνεπώς υπήρξαν 2 ομάδες σταθμών για κάθε μία από τις οποίες ακολουθήθηκε ξεχωριστή επεξεργασία για την εξαγωγή των απαραίτητων δεδομένων και που περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 4.

Από την πρώτη ομάδα σταθμών, ο σταθμός του Τατοΐου έχει πάρα πολλές ελλείψεις και εξετάστηκε η απόρριψή του. Ωστόσο, αυτές άφηναν ανέπαφα 5 συνεχή χρόνια (2004-2008) και συνεπώς ο σταθμός χρησιμοποιήθηκε μόνο για την εξαγωγή και αξιολόγηση μεγίστων πενταετίας. Συνεπώς οι σταθμοί της πρώτης ομάδας παρέμειναν 12 (βλ. πίνακα 3.1). Από τους σταθμούς της δεύτερης ομάδας ο σταθμός της Λέρου είχε πάρα πολλές ελλείψεις, τόσες που ο σταθμός κρίθηκε ακατάλληλος και δεν χρησιμοποιήθηκε καθόλου. Επίσης μεταξύ των 20 σταθμών βρίσκονταν και ο σταθμός του Αγρινίου και των Ιωαννίνων (που υπήρχαν και στην πρώτη ομάδα), τα δεδομένα των οποίων επεξεργάστηκαν και συμψηφίστηκαν με αυτά της πρώτης



ομάδας. Ωστόσο, οι 2 αυτοί σταθμοί κρατήθηκαν στην πρώτη ομάδα για να κρατήσουμε τα δεδομένα μικρής κλίμακας (3 και 6 ώρες). Συνεπώς, οι σταθμοί της δεύτερης ομάδας είναι τελικώς 17 (βλ πίνακα 3.2) και συνολικά 29.

Στον πίνακα 3.1. φαίνονται οι 12 επίγειοι μετεωρολογικοί σταθμοί της ΕΜΥ της πρώτης ομάδας και στον πίνακα 3.2 οι 17 μετεωρολογικοί σταθμοί της ΕΜΥ της δεύτερης ομάδας. Και στους 2 πίνακες, για τον κάθε σταθμό σημειώνεται το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, καθώς και το υψόμετρο (ΕΜΥ, 2011). Αν και οι σταθμοί αυτοί (και ιδιαίτερα της πρώτης ομάδας) είναι αρκετά λίγοι, προσπαθήσαμε να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα κατανομημένοι. Αυτό φαίνεται στον χάρτη 3.1, όπου δείχνονται και οι 29 σταθμοί της ΕΜΥ που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία (σε κάθε σταθμό αναγράφεται το όνομά του) και στον οποίο φαίνεται η κατανομή τους στην Ελληνική επικράτεια.

**Πίνακας 3.1. Χαρακτηριστικά της πρώτης ομάδας σταθμών της ΕΜΥ**

<b>A/A</b>	<b>Σταθμοί ΕΜΥ</b>	<b>Γεωγρ. Πλάτος (°)</b>	<b>Γεωγρ. Μήκος (°)</b>	<b>Υψόμετρο (m)</b>
1	Αγρίνιο	38,60	21,35	24
2	Αγχίαλος	39,22	22,80	14,62
3	Αλεξανδρούπολη	40,85	25,88	2,5
4	Ελληνικό	37,88	23,73	10,25
5	Ηράκλειο	35,32	25,17	39
6	Ιωάννινα	39,68	20,82	483
7	Καστοριά	40,45	21,28	660
8	Μίκρα (Θεσ/νίκη)	40,52	22,97	4
9	Μυτιλήνη	39,05	26,58	4,2
10	Σκύρος	38,97	24,48	21,68
11	Φιλαδέλφεια	38,05	23,67	136
12	Τατόι	38,10	23,78	235

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



**Εικόνα 3.1. Εντυπο βροχογράφου από τον Μ.Σ. Καστοριάς για τον Απρίλιο του 2007**

**Πίνακας 3.2. Χαρακτηριστικά της δεύτερης ομάδας σταθμών της EMY  
(EMY, 2011)**

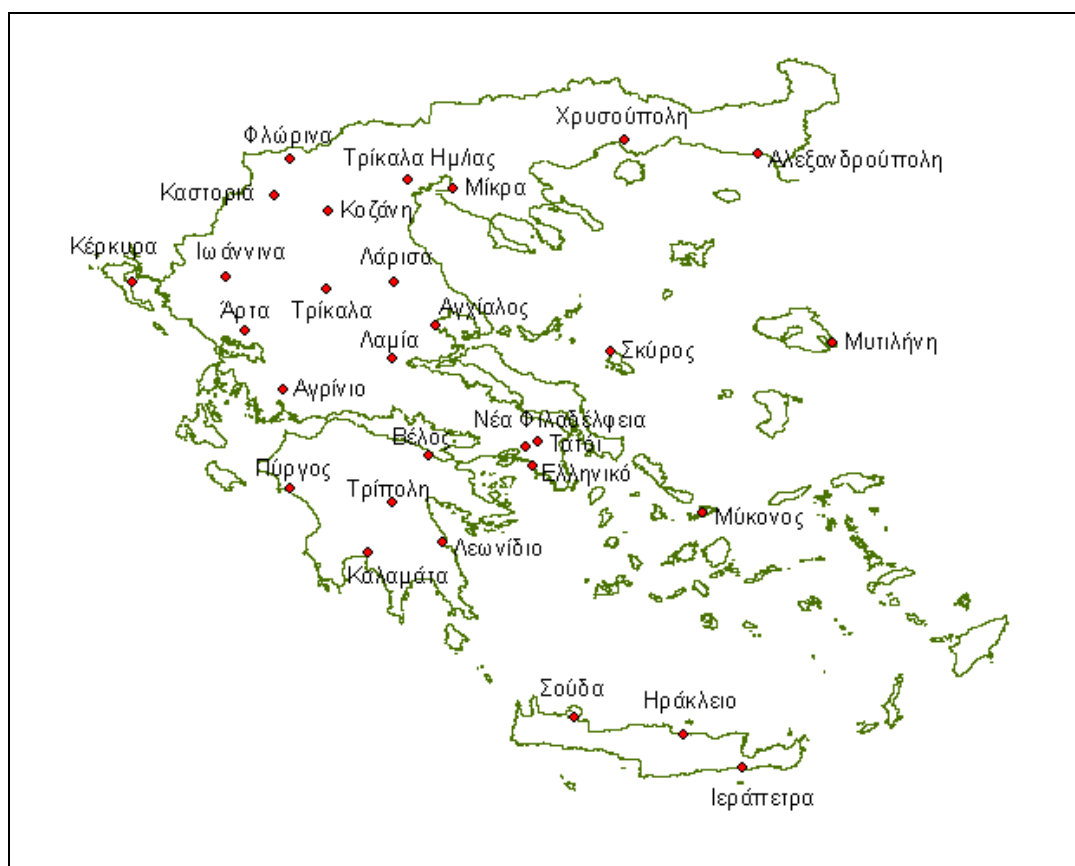
A/A	Σταθμοί EMY	Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
1	Άρτα	39,17	21,00	12
2	Βέλο Κορινθίας	37,97	22,75	19
3	Ιεράπετρα	35,00	25,73	18
4	Καλαμάτα	37,06	22,17	8
5	Κέρκυρα	39,62	19,92	4
6	Κοζάνη	40,30	21,78	625
7	Λαμία	38,90	22,40	144
8	Λάρισα	39,63	22,42	73
9	Λεωνίδιο	37,15	22,88	10
10	Μύκονος	37,43	25,35	123
11	Πύργος	37,67	21,43	13
12	Σούδα	35,48	24,12	150
13	Τρίκαλα Ημαθίας	40,60	22,55	6
14	Τρίκαλα Θεσ/λίας	39,55	21,77	116
15	Τρίπολη	37,53	22,40	651
16	Φλώρινα	40,80	21,43	692
17	Χρυσούπολη	40,98	24,60	5

Το μέσο υψόμετρο των σταθμών είναι περίπου 150 m (148,4 m), με τη συντριπτική πλειοψηφία τους (62%) να είναι κάτω από 100 m και το 80% κάτω από 200 m. Μόνο 4 σταθμοί είναι πάνω από 600 m (και όλοι τους χαμηλότερα από 700 m). Στο σχήμα 3.3 φαίνεται η κατανομή των σταθμών της EMY ως προς το υψόμετρο. Συνεπώς, με τέτοια κατανομή υψομέτρου αποφύγαμε να κάνουμε ξεχωριστή μελέτη για την επίδραση του υψομέτρου στην αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων, αν και σε πολλές μελέτες αναφέρεται πως η επίδραση αυτή υφίσταται και μάλιστα είναι σημαντική (Dinku et al, 2010 (a), Yong et al, 2010).

Από εικόνες ακριβώς όπως η 3.1 αντλήσαμε τα επίγεια δεδομένα (πολύ μικρής χρονικής κλίμακας) για την πρώτη ομάδα σταθμών. Τα έντυπα αυτά είναι συνήθως μηνιαία. Αν όμως ο μήνας είναι πολύ υγρός τότε μπορεί να συμπληρώνεται από 3 ή 4 ή 5 τέτοια έντυπα. Στην 1<sup>η</sup> στήλη είναι το όνομα του σταθμού. Στην 2<sup>η</sup> στήλη αναγράφεται το έτος, στην 3<sup>η</sup> ο μήνας και στην 4<sup>η</sup> η ημέρα. Φυσικά, αναγράφονται μόνο οι ημέρες με μη μηδενικό ύψος βροχής. Στην 5<sup>η</sup> στήλη είναι το ύψος του βροχόμετρου για την συγκεκριμένη μέρα. Προφανώς, η τιμή αυτή πρέπει να είναι ίδια (ή πολύ κοντά) με αυτή του βροχογράφου στο τέλος της μέρας. Τόσο οι

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

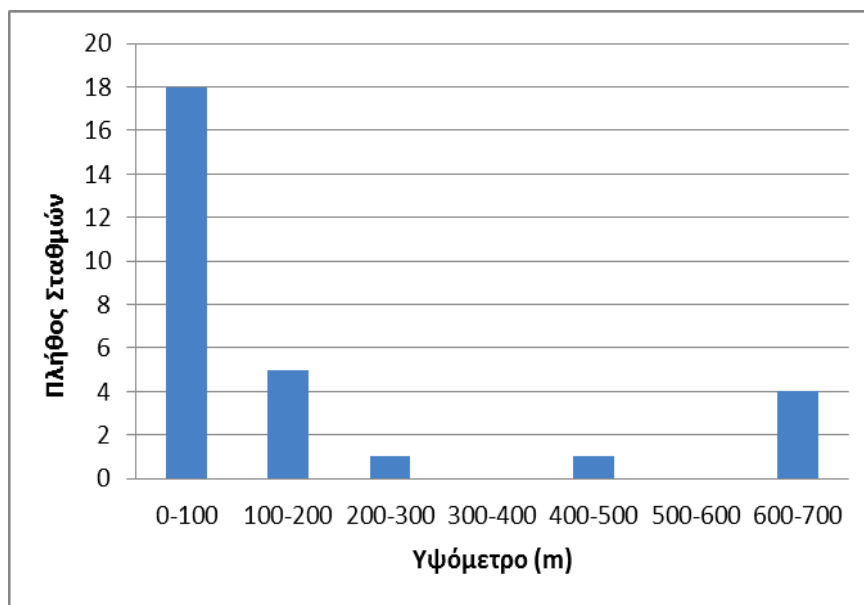
τιμές του βροχόμετρου όσο και του βροχογράφου είναι σε mm πολλαπλασιασμένα επί 10. Οι τιμές του βροχόμετρου είναι για την κάθε μέρα στις 12:00 την νύχτα (24:00). Από την 6<sup>η</sup> στήλη μέχρι τη 19<sup>η</sup> είναι οι μετρήσεις του βροχογράφου. Στην 6<sup>η</sup> στήλη αναγράφεται η ώρα που σημειώνεται το αντίστοιχο ύψος (σημειώνονται μόνο οι ώρες με μη μηδενικό ύψος βροχής), το οποίο φαίνεται στην 19<sup>η</sup> στήλη. Από την 7<sup>η</sup> στήλη μέχρι την 19<sup>η</sup> είναι τα 12 πεντάλεπτα της κάθε ώρας στην οποία συμβαίνει κάποιο ύψος βροχής. Για κάθε μέρα, οι μετρήσεις του βροχογράφου παρουσιάζονται αθροιστικά και γι' αυτό το ύψος συνεχώς μεγαλώνει, μέχρι το τέλος της ημέρας, όπου και πρέπει να ταυτίζεται με το ύψος του βροχόμετρου (5<sup>η</sup> στήλη).



**Χάρτης 3.1. Μετεωρολογικοί σταθμοί EMY που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.**

Σημειώνεται πως οι ώρες που αναγράφονται σε κάθε έντυπο (και για το βροχόμετρο -η τιμή του είναι για τις 24:00- και για τον βροχογράφο) είναι η χειμερινή ώρα Ελλάδος, δηλαδή 2 ώρες μπροστά σε σχέση με την διεθνή ώρα UTC, στην οποία αναφέρονται τα δορυφορικά δεδομένα. Συνεπώς, τα επίγεια δεδομένα έχουν διαφορά 2 ωρών από τα δορυφορικά, πράγμα που λήφθηκε υπ' όψιν στις

συγκρίσεις. Μην ξεχνούμε πως τα χρονικά βήματα αξιολόγησης είναι οι 3, 6, 12, 24, 48 ώρες, οπότε οι 2 ώρες είναι πολύ σημαντικές τουλάχιστον για τα 3 πρώτα.



**Σχήμα 3.3. Κατανομή σταθμών EMY ως προς το υψόμετρο.**

Όπως προαναφέρθηκε, η χρονική κλίμακα με την οποία παρουσιάζονται τα δεδομένα είναι το 5λεπτο και συνεπώς η σημασία αυτών των εντύπων είναι μείζονα για τον αντιπλημμυρικό σχεδιασμό ειδικά σε αστικές περιοχές (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999). Παρόλα αυτά, δεν έχει γίνει καμιά επεξεργασία τους από την EMY για εξαγωγή μεγίστων, τουλάχιστον για την περίοδο 1998-2010 με την οποία ασχολείται η παρούσα έρευνα.

Όσον αφορά τους σταθμούς της δεύτερης ομάδας (πίνακας 3.2), τα δεδομένα τους είναι 12ωρης χρονικής κλίμακας και δόθηκαν (ανέλπιστα) απ' ευθείας σε ηλεκτρονική μορφή. Τα δεδομένα αυτά καλύπτουν την χρονική περίοδο από τον 1/1998 μέχρι τον 5/2011 (ή και αργότερα) και για κάθε μέρα δίνονται 2 τιμές (συναθροισμένου σε 12ωρο) υετού, μία στις 06:00 και μία στις 18:00, ώρα UTC, πράγμα πολύ βολικό καθώς αποφύγαμε τις μετατροπές από ώρα Ελλάδος στη διεθνή ώρα UTC.

### 3.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΕΛΟΜΕΝΩΝ ΕΜΥ

Τα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε κατά την επεξεργασία των δεδομένων της ΕΜΥ ήταν δύο ειδών: το πρώτο και κύριο ήταν ότι για τους σταθμούς της πρώτης ομάδας, δεν ήταν δυνατή η ψηφιοποίησή τους (στην κλίμακα της ώρας ή και μικρότερη) σε μια συνεχή χρονοσειρά από τον Ιανουάριο του 1998 μέχρι τον Απρίλιο του 2010, λόγω του μεγάλου πλήθους των δεδομένων και του περιορισμένου χρόνου που είχαμε στη διάθεσή μας. Έτσι, επιλέχθηκε να γίνει η σύγκριση στα ακραία επεισόδια μόνο. Αυτό έγινε επιλέγοντας από τις ημερήσιες τιμές (τιμές βροχόμετρων) τις 10 ημέρες με τα μεγαλύτερα ύψη βροχής, για κάθε υδρολογικό έτος (1/10 με 30/9), στις οποίες έγινε και η σύγκριση. Κάποιες από αυτές μπορούσαν να είναι διαδοχικές. Προφανώς, οι ημερήσιες τιμές πληκτρολογήθηκαν όλες σε συνεχή χρονοσειρά, για να μπορούν να εξαχθούν οι 10 μεγαλύτερες για κάθε έτος και σταθμό.

Για αυτές τις 10 μέρες ανά έτος και σταθμό πληκτρολογήθηκαν τα δεδομένα του βροχογράφου σε ωριαία κλίμακα. Επειδή η μικρότερη χρονική ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων είναι οι 3 ώρες, τα δεδομένα της ΕΜΥ συναθροίστηκαν σε 3ωρα και προσαρμόστηκαν στην διεθνή ώρα UTC. Η διαδικασία έγινε για κάθε σταθμό από τους 12 (πρώτη ομάδα) και οι τιμές συγκρίθηκαν με τις τιμές του δορυφόρου που προέκυψαν από παρεμβολή των 4 γειτονικών σημείων του κάρναβου  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  των δορυφορικών προϊόντων (περισσότερα στο κεφάλαιο 4).

Επίσης, τα μέγιστα (3ωρα, 6ωρα και 12ωρα) των επιγείων σταθμών της πρώτης ομάδας προφανώς υπολογίστηκαν από αυτές τις 10 ημέρες ανά έτος ανά σταθμό. Το πρόβλημα είναι ότι υπάρχει πιθανότητα να χάσουμε κάποιο μέγιστο, καθώς δεν έχουμε πληκτρολογημένη όλη τη χρονοσειρά σε συνεχή μορφή. Ωστόσο, επειδή το μικρότερο χρονικό βήμα μεγίστων είναι το 3ωρο, το πιο πιθανό είναι να συμβούν τις μέρες με τα μεγαλύτερα ύψη (Κουτσογιάννης, 1996) που αυτές όμως έχουν πληκτρολογηθεί. Συνεπώς, με τον προαναφερθέντα τρόπο, το πιο πιθανό είναι πως δεν χάνουμε κανένα μέγιστο 3, 6 και 12 ωρών. Αν όμως ψάχναμε μέγιστο 10 min για παράδειγμα, τότε η πιθανότητα να χάσουμε κάποιο τέτοιο θα ήταν πολύ μεγαλύτερη. Τη μέθοδο σύγκρισης και επεξεργασίας των δεδομένων θα την εξηγήσουμε αναλυτικά στο κεφάλαιο 4.

Το δεύτερο είδος προβλημάτων, το οποίο συναντήσαμε και στις 2 ομάδες σταθμών, σχετίζεται με την ποιότητα των δεδομένων της ΕΜΥ. Στους σταθμούς της δεύτερης ομάδας είχαμε πολλές ελλείψεις διάσπαρτες στη χρονοσειρά και σε πολλές

περιπτώσεις έλλειπε μόνο το ένα 12ωρο από μια ημέρα. Όμοια και στην πρώτη ομάδα, σε πολλά έντυπα βροχογράφων παρατηρήθηκαν είτε ελλείψεις στις τιμές του βροχόμετρου ή του βροχογράφου, είτε δεν υπήρχε συμφωνία μεταξύ των τιμών των δύο. Σε πολλά άλλα υπήρχαν διορθώσεις με το χέρι πάνω από τις παλιές τιμές και φυσικά σε αρκετές περιπτώσεις αναφερόταν η φράση «βλάβη στον βροχογράφο». Βέβαια, όπου γραφόταν η λέξη βλάβη οι τιμές δεν καταγραφόντουσαν και την περίοδο βλάβης την αφαιρούσαμε από την συνολική χρονοσειρά ημερησίων. Έτσι, η χρονοσειρά των ημερησίων, παρά του ότι ήταν συνεχής, συχνά διακοπτόταν από περιόδους κενών τιμών που αντιστοιχούν σε περιόδους βλάβης.

Φυσικά, οι βλάβες είναι φυσικό να συμβαίνουν και όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί σε όλον τον κόσμο διαθέτουν κενά στα δεδομένα τους λόγω βλαβών. Πέραν τούτου όμως, πιο σημαντικό είναι το πρόβλημα ασυμφωνίας των τιμών βροχογράφου και βροχόμετρου και οι μετέπειτα διορθώσεις ή προσθήσεις στο χέρι. Αυτά είναι κυρίως που θέτουν υπό αμφισβήτηση την αξιοπιστία των δεδομένων της EMY. Στην εικόνα 3.2 είναι ένα παράδειγμα εντύπου βροχογράφου από τον Μ.Σ. Αγρινίου για τον Νοέμβριο του 2002 όπου φαίνονται οι χαρακτηριστικές διορθώσεις στο χέρι, η ασυμφωνία τιμών βροχόμετρου και βροχογράφου και φυσικά η επιγραφή «βλάβη». Προφανώς, όπου τα δεδομένα φαίνονταν αναξιόπιστα δεν λαμβάνονταν υπόψη και τα θεωρούσαμε ως ελλείψεις. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις σταθμών πολλοί μήνες δεν είναι καταγεγραμμένοι σε έντυπο αλλά υπήρχε μόνο η ταινία από το τύμπανο του βροχογράφου, κάνοντας την καταγραφή ακόμα πιο δύσκολη. Στην εικόνα 3.3 φαίνονται τέτοιες ταινίες από τον Μ.Σ. Σκύρου για τον Σεπτέμβρη του 2009.







**Εικόνα 3.3. Ταινίες Βροχογράφου από τον Μ.Σ. Σκύρου για τον Σεπτέμβριο του 2009**



## 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

### 4.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το παρόν κεφάλαιο ασχολείται με την εκτενή ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων του αλγορίθμου 3B42, έκτης έκδοσης (V6), τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται αναλυτικά μετά σχολίων στο κεφάλαιο 6. Η αξιολόγηση έγινε για την λεπτή χρονική κλίμακα και τα χρονικά διαστήματα στα οποία έγινε η αξιολόγηση ήταν οι 3 ώρες, δηλαδή στη χρονική ανάλυση που διατίθενται τα προϊόντα 3B42V6, και οι 24 ώρες για την πρώτη ομάδα σταθμών και οι 12 ώρες για την δεύτερη ομάδα σταθμών. Προφανώς, η αξιολόγηση έγινε σημειακά, σε 29 σημεία πάνω από τον Ελλαδικό χώρο, που αντιστοιχούν στους 29 σταθμούς της EMY (πρώτη και δεύτερη ομάδα σταθμών) από τους οποίους αντλήσαμε τα επίγεια δεδομένα, με βάση τα οποία έγινε η συγκεκριμένη αξιολόγηση.

Η συλλογή των δορυφορικών δεδομένων 3B42V6 έγινε από την επίσημη ιστοσελίδα της NASA (<http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/>). Τα αρχικά αρχεία ήταν σε μορφή ASCII, τα οποία στη συνέχεια μετατράπηκαν σε μορφή .hts (hydrognomon time series file) με σκοπό την επεξεργασία τους από το λογισμικό «Υδρογνώμων» (<http://hydrognomon.org/>). Η μετατροπή αυτή έγινε σε γλώσσα προγραμματισμού “Python” από το Σ. Κοζάνη, μέλος της ομάδας ΙΤΙΑ, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας και αυτής της Αλεξοπούλου (Αλεξοπούλου, 2010). Από τη μετατροπή προέκυψαν τα αρχεία .hts, καθένα από τα οποία είναι η χρονοσειρά βροχής, 3ωρης χρονικής ανάλυσης, για ένα σημείο του κάναβου (grid) χωρικής ανάλυσης 0,25°.

Κάθε αρχείο περιλαμβάνει μια χρονοσειρά με τη μέση επιφανειακή τιμή τριώρης βροχόπτωσης του κάθε φατνίου 0,25° x 0,25°. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η σύγκριση με επίγεια δεδομένα έγινε σημειακά, σε 29 σημεία που αντιστοιχούν στους σταθμούς της EMY, καθώς δεν κατέστη δυνατό να βρούμε επίγεια δεδομένα σε μικρή χρονική κλίμακα από περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς για την περίοδο 1998-2010. Έτσι, προτιμήσαμε η αξιολόγηση να γίνει σημειακά και όχι με επιφάνειες, δηλαδή να μην αναχθούν σε επιφάνειες τα επίγεια δεδομένα και έπειτα να συγκριθούν (επιφανειακά) με τα δορυφορικά. Αυτό που έγινε

είναι από κάθε σημείο να βγει το σφάλμα σύγκρισης και αυτό να αναχθεί σε επιφάνεια (περισσότερα στο κεφάλαιο 5). Η αρχική αναγωγή σε επιφάνειες θα γινόταν με παρεμβολή Kriging (μέσω του λογισμικού ArcGIS), ενώ με την σημειακή σύγκριση χρησιμοποιήθηκε η βέλτιστη αμερόληπτη εκτιμήτρια και η παρεμβολή Kriging χρησιμοποιήθηκε μόνο για την επιφανειακή αναγωγή του σφάλματος. Η αποφυγή της επιφανειακής αναγωγής των επιγείων δεδομένων προτιμήθηκε κυρίως λόγω (Κουτσογιάννης, 1996, Chow et al, 1988, Μιμίκου, 1994):

- Το πλήθος των σημείων-σταθμών είναι πολύ μικρό σχετικά με την έκταση της χώρας
- Είναι σχετικά ανομοιόμορφα κατανομημένοι στο χώρο (στα νησιά του Αιγαίου έχουμε μόνο 3 σταθμούς)
- Το ανάγλυφο της χώρας είναι κατ' εξοχήν πολυσχιδές, επιτρέποντας την ανάπτυξη πολλών κλιματικών τύπων και προφανώς πολλά και διαφορετικά καθεστώτα (δίαιτες) βροχής.

Ειδικά ο τρίτος λόγος είναι και ο πιο σημαντικός που δεν επιτρέπει χονδροειδής χωρικές παρεμβολές. Ολόκληρος ο Ελλαδικός χώρος, που είναι και η περιοχή μελέτης, είναι μια χερσόνησος και ένας μεγάλος αριθμός νησιών (που φτάνουν τα 2 000) που εκτείνεται από τα πλάτη 34° μέχρι 42° βόρειο, με πολύ έντονο ανάγλυφο, ειδικά στα δυτικά και τεράστια ακτογραμμή (αναλογικά με την έκτασή της) που φτάνει τα 15 000 km περίπου (Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2010). Η αναλογία ξηράς – θάλασσας στην Ελληνική επικράτεια φτάνει το 1/3 με συνέπεια το μεγαλύτερο μέρος της χώρας να χαρακτηρίζεται από θαλάσσιο Μεσογειακό κλίμα (μεγάλα, ξηρά και θερμά καλοκαίρια και ήπιοι, υγροί χειμώνες, τύπος Cs κατά Koppen, Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2010). Ωστόσο, στα κεντρικά και βόρεια της χώρας, σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο δε λείπουν κλιματικοί τύποι όπως αυτός της κεντρικής Ευρώπης (τύπος Koppen D) ή ο καθαρά ορεινός (τύπος Koppen H) (Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2010).

Κάτω από αυτές της συνθήκες, η βροχή διακρίνεται από πολύ μεγάλη χωρική μεταβλητότητα. Άλλωστε, η βροχή από μόνη της, ως φαινόμενο δηλαδή, ειδικά στην μικρή χρονική κλίμακα του επεισοδίου, χαρακτηρίζεται από μεγάλη χωρική μεταβλητότητα (Κουτσογιάννης, 1996, Koutsoyiannis and Langousis, 2011, Chow et al, 1988, Μιμίκου, 1994) ως προς τα χαρακτηριστικά της (ένταση, διάρκεια, τύπος,

χρονική εξέλιξη κ.α.). Πόσο μάλλον κάτω από το καθεστώς της μεγάλης κλιματικής ποικιλίας (και σε τόσο μικρή έκταση) που διακρίνει τη χώρα μας.

Πιο συγκεκριμένα, ο κύριος διαχωρισμός της χώρας γίνεται από την οροσειρά της Πίνδου, που διατρέχει την ηπειρωτική χώρα από ΒΔ προς τα ΝΑ, σε δυτική και ανατολική. Έτσι, στη δυτική χώρα, που βρίσκεται στην ομβροπλευρά της Πίνδου, η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι της τάξης των 1200 με 1800 mm (ή και περισσότερο σε ορεινές περιοχές) και στην ανατολική, που είναι στην ομβροσκιά, γενικά δεν ξεπερνά τα 400 με 500 mm, εξαιρώντας ορεινές περιοχές με μεγάλο υψόμετρο (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999). Ο γενικός μέσος όρος κατακρήμνισης στη χώρα είναι 849 mm (Μιμίκου, 2010, 2011), οδηγώντας στο συμπέρασμα πως οι «υγρές» περιοχές με κατακρήμνιση άνω των 1500 mm κατέχουν ένα μικρό ποσοστό σε σχέση με τη συνολική έκταση της χώρας.

Όσον αφορά το θέμα της λεπτής χρονικής κλίμακας στη βροχή, μπορεί να έχουμε πολύ σοβαρές διαφοροποιήσεις στην ένταση και στην χρονική εξέλιξη ενός επεισοδίου σε απόσταση μόλις λίγων χιλιομέτρων. Για παράδειγμα, στο λεκανοπέδιο Αττικής η διαφορική χρονική εξέλιξη ενός επεισοδίου μεταξύ δυο σταθμών που απέχουν λίγα χιλιόμετρα μεταξύ τους (π.χ. Φιλαδέλφεια και Ελληνικό) είναι σύνηθες φαινόμενο (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 β). Οι μεταβολές μπορεί να είναι τόσο έντονες σε επίπεδο επεισοδίου, που η χωρική ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  δεν θεωρείται επαρκής (Κουτσογιάννης κ.α., 2010).

Γενικά η δίαιτα των βροχών σε μια περιοχή επηρεάζεται από τους τύπους καιρού που επικρατούν εκεί (Μαμάσης, 1997, Πλάκα, 2006). Έτσι, στη δυτική και βόρεια χώρα παρατηρούμε μια σχετική ισοκατανομή των βροχών κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ στην ανατολική και νότια χώρα η βροχή πέφτει κυρίως το χειμώνα, με αναλογία ύψους βροχής το χειμώνα με το καλοκαίρι περίπου 3/1 (Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2010). Ωστόσο, στη μικρή χρονική κλίμακα και στη κλίμακα του επεισοδίου υπάρχει μικρή συσχέτιση μεταξύ τύπων καιρού και βροχής (Μαμάσης, 1997, Μιμίκου, 2010). Δηλαδή το πλημμυρικό επεισόδιο δεν δείχνει να συσχετίζεται τα χαρακτηριστικά του με τον τύπο καιρού που το προκάλεσε, αλλά κυρίως με τη διάρκεια (Μαμάσης, 1997) και φυσικά από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010, Μιμίκου, 2010). Ειδικά στην ωριαία χρονική κλίμακα και κάτω οι διαφορές μεταξύ τύπων καιρού και περιοχών τείνει να μηδενίζεται (Μιμίκου, 2010). Έτσι, με την τρομερή μεταβλητότητα που υπάρχει, δύσκολα

μπορούμε να συνδέσουμε κάποιο καθεστώς ισχυρών βροχοπτώσεων με κάποια περιοχή.

Ωστόσο, εντελώς εμπειρικά παρατηρούμε πως η βροχή κατανέμεται πιο «ομοιόμορφα» στο χρόνο στις δυτικές και βόρειες περιοχές απ' ότι στις ανατολικές και νότιες. Έτσι, αν πάρουμε τη μηνιαία βροχόπτωση δύο περιοχών, η μία στη δυτική Ελλάδα και η άλλη στην ανατολική, με ίδιο μηνιαίο ύψος βροχής και κάνουμε ανάλυση ημερησίων τιμών, το πιο πιθανό είναι πως η ανατολική περιοχή θα έχει λιγότερες μέρες βροχής αλλά με μεγαλύτερο ύψος η κάθε μία (Μιμίκου, 2010). Έτσι, η δίαιτα των ακραίων βροχοπτώσεων δεν δείχνει να είναι εντελώς τυχαία στο χώρο. Πιο συγκεκριμένα, αν πάρουμε το μέγιστο ύψος βροχής σε 24 ώρες για περίοδο επαναφοράς  $T=50$  έτη για τη δυτική Ελλάδα είναι 175 mm ενώ για τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου είναι επίσης 175 mm. Δηλαδή, έχουμε το ίδιο μέγιστο σε δύο περιοχές που η μία (δυτική Ελλάδα) έχει 3 με 5 φορές μεγαλύτερο ετήσιο ύψος βροχής (Μιμίκου, 2010). Δηλαδή, στην ανατολική και ξηρή χώρα οι «ασχυρές» καταιγίδες είναι πιο συχνές από ότι στην δυτική και βόρεια χώρα, σε σχέση πάντα με τους μέσους όρους της κάθε περιοχής (Μαμάσης, προσωπική επικοινωνία). Για παράδειγμα στην Αττική το απόλυτο μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής είναι της τάξης του 23% σε σχέση με το μέσο ετήσιο, ενώ στην Ήπειρο το ποσοστό αυτό δεν ξεπερνά το 7% (Βαχαβιώλος, 2011).

Η αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων στην παρούσα εργασία εμπειρικώς κλείει 3 μέρη. Το 1<sup>ο</sup> μέρος είναι η καθαρή σύγκριση των δορυφορικών δεδομένων με τους επίγειους σταθμούς απ' όπου υπολογίζονται τα σφάλματα σύγκρισης μεταξύ των χρονοσειρών. Το 2<sup>ο</sup> μέρος είναι ο έλεγχος του κατά πόσο τα δορυφορικά δεδομένα προσομοιώνουν την κατανομή (εμπειρική) μεγίστων για τις διάρκειες 3h, 6h, 12h, 24h και 48h σε μια περιοχή, δηλαδή κατά πόσο προσομοιώνονται τα μέγιστα ως τιμές. Έτσι, θα γίνει σύγκριση των κατανομών που προκύπτουν από τους επίγειους σταθμούς με αυτές από τα δορυφορικά δεδομένα, για κάθε χρονική διάρκεια μεγίστου. Τέλος, στο 3<sup>ο</sup> μέρος θα γίνει μια διερεύνηση αν τα δεδομένα του 3B42V6 «πιάνουν» αυτές τις τάσεις και ανομοιομορφίες στο χώρο. Δηλαδή, πέρα από την σύγκριση με τους επίγειους σταθμούς θα ελεγχθούν οι μέρες βροχόπτωσης, οι μέρες ισχυρών καταιγίδων και θα εξεταστούν τα μέγιστα (3h, 6h, 12h, 24h, 48h) πως κατανέμονται στο χώρο.

Τα αποτελέσματα του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> μέρους κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικά και ουσιαστικά θα κρίνουν αν τα δορυφορικά δεδομένα είναι αποδεκτά για υδρολογική

χρήση. Ωστόσο και από το 3<sup>ο</sup> μπορεί να εξαχθεί κάποιο θετικό συμπέρασμα. Για παράδειγμα, στην περίπτωση κακής συσχέτισης με τα επίγεια από τα μέρη 1 και 2, μπορεί από το 3<sup>ο</sup> να βγει ότι γενικά προσομοιώνεται χωρικά το καθεστώς των ακραίων γεγονότων, οπότε με μια απλή διόρθωση πετυχαίνουμε τα ακραία ως τιμές, κάτι που είναι εξαιρετικά χρήσιμο στον υδρολογικό σχεδιασμό έργων.

Οι αξιολογήσεις έγιναν όλες σε αρχεία μορφής .xls (λογιστικά φύλλα excel) και από εκεί υπολογίστηκαν όλες οι παράμετροι σύγκρισης των χρονοσειρών επίγειων δεδομένων με δορυφορικά. Ουσιαστικά οι συγκρίσεις (για κάθε σταθμό) έγιναν μεταξύ της χρονοσειράς των επίγειων δεδομένων και της εκτιμημένης χρονοσειράς δορυφορικών δεδομένων που προέκυψε από την παρεμβολή (interpolation) των δεδομένων των 4 γειτονικών (στο σημείο του εκάστοτε σταθμού της EMY) σημείων του κάμναβου 0,25° x 0,25° στον οποίο διατίθενται τα προϊόντα του 3B42. Αυτό προφανώς έγινε, γιατί σε καμία περίπτωση δεν έτυχε επίγειος σταθμός να συμπίπτει χωρικά με σημείο του κάμναβου. Η παρεμβολή ήταν τέτοια ώστε να εξαχθεί η βέλτιστη αμερόληπτη εκτιμήτρια και να έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα σύγκρισης με τα μικρότερα σφάλματα (βλ εδάφιο 4.3) (Koutsoyiannis et al, 2008, Tsaknias et al, 2011, Τσακνιάς, 2011).

Στη συνέχεια του κεφαλαίου 4 θα αναλυθεί διεξοδικά ο τρόπος παρεμβολής και γενικότερα η μεθοδολογία σύγκρισης και αξιολόγησης των δορυφορικών δεδομένων 3B42V6. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, από την σύγκριση στα σημεία των σταθμών της EMY, και ο σχολιασμός παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6. Τέλος, στο κεφάλαιο 5 γίνεται μια προσπάθεια κατάρτισης χαρτών, για όλον τον Ελλαδικό χώρο, με Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ-GIS), με τα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας για τις διάρκειες των 3, 6, 12, 24, 48 ωρών, που προκύπτουν τόσο από τα δορυφορικά δεδομένα (διορθωμένα και μη), όσο και από τα επίγεια και φυσικά με το σφάλμα (μεγίστων 10ετίας και 5ετίας) που προέκυψε από την σύγκριση με τα επίγεια στα σημεία των σταθμών της EMY, επιφανειακά ολοκληρωμένο. Η διαδικασία αυτή είναι ανεξάρτητη και θα περιγραφεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 5.

#### 4.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Αφού συλλέξαμε τα δορυφορικά δεδομένα του αλγορίθμου 3B42V6, τα οργανώσαμε σε αρχεία της μορφής .h5. Κάθε αρχείο είναι η χρονοσειρά (3ωρης χρονικής ανάλυσης από την 1/1/1998 μέχρι 31/5/2010) ενός σημείου του κάρναβου  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  (στον οποίο διατίθενται τα προϊόντα 3B42) για όλον τον Ελλαδικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, ο κάρναβος αυτός καλύπτει τα γεωγραφικά πλάτη ( $\phi$ ) από  $34,125^\circ$  μέχρι και  $42,125^\circ$  βόρειο και μήκη ( $\lambda$ ) από  $19,125^\circ$  μέχρι  $29,125^\circ$  ανατολικό. Για μία τιμή γεωγραφικού πλάτους, με βήμα  $0,25^\circ$ , προκύπτουν 41 φατνία και συνολικά ο κάρναβός μας διαθέτει 1353 φατνία.

Τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη, αφού ο κάρναβος έχει χωρική ανάλυση  $0,25^\circ$ , διαθέτουν τα δεκαδικά 125, 375, 625 και 875. Αυτό γιατί ο κάρναβός μας ξεκινά με το δεκαδικό 125 (και σε μήκος και σε πλάτος) γιατί το αρχικό φατνίο στο οποίο δίνεται τιμή από το δορυφόρο έχει γεωγραφικό πλάτος  $-49,875^\circ$  ( $49,875^\circ$  νότιο) και μήκος  $-179,875^\circ$  ( $179,875^\circ$  δυτικό) (Αλεξοπούλου, 2010). Έτσι, με βήμα  $0,25^\circ$  φτάνουμε σε δεκαδικό ,125. Ωστόσο, αν ζητηθεί από το χρήση τιμή σε σημείο κάρναβου με συντεταγμένες χωρίς τα παραπάνω δεκαδικά (π.χ. στο  $34,00^\circ$  και  $19,00^\circ$ ), τότε η NASA δίνει τιμή αλλά με κάποια παρεμβολή. Εμείς θέλοντας να αποφύγουμε το σφάλμα αυτής της παρεμβολής χρησιμοποιήσαμε τον ίδιο κάρναβο που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος του 3B42V6 και ξεκινά με δεκαδικό ,125.

Επίσης αναφέραμε πως η χρονική ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων είναι οι 3 ώρες. Συνεπώς, ο αλγόριθμος 3B42 δίνει σε κάθε φατνίο μια (μέση επιφανειακή) τιμή για κάθε τρίωρο ξεκινώντας από τις 02:00 π.μ. για κάθε μέρα. Η ώρα αυτή είναι η διεθνής ώρα (UTC ή ώρα Greenwich GMT) (NASA, 3B42 Algorithm, 2011) και είναι 2 ώρες πιο πίσω από τη δική μας (χειμερινή). Άρα, για κάθε μέρα και για κάθε φατνίο δίνονται 8 τιμές, στις 02:00, 05:00, 08:00, 11:00, 14:00, 17:00, 20:00, 23:00, ώρα UTC. Η κάθε τιμή είναι η μέση επιφανειακή βροχόπτωση για κάθε φατνίο, συναθροισμένη στο τρίωρο για τις παραπάνω ώρες (NASA, 3B42 Algorithm, 2011, Huffman and Bolvin, 2011, Huffman et al, 2007).

Όπως λέχθηκε ακροθιγώς στο εδάφιο 4.1, τα δορυφορικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε σύγκριση (δηλαδή για κάθε σταθμό της EMY) δεν είναι τα δεδομένα από κάποιο σημείο του κάρναβου χωρικής ανάλυσης  $0,25^\circ$  στον οποίο διατίθενται τα δορυφορικά δεδομένα. Αυτό γιατί σε καμία περίπτωση δεν έτυχε κάποιο σημείο του κάρναβου να έχει ακριβώς ίδιες συντεταγμένες (γεωγραφικό



μήκος και πλάτος) με κάποιο σταθμό της EMY με τους οποίους γίνεται η σύγκριση. Φυσικά, αφού οι τιμές των δορυφορικών δεδομένων είναι οι μέσες επιφανειακές για φατνίο  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , θα μπορούσαμε να τις πάρουμε αυτούσιες όταν ο σταθμός βρίσκεται μέσα στο συγκεκριμένο φατνίο και να μην γίνει καμία παρεμβολή. Ωστόσο, με την παρεμβολή που κάνουμε μειώνουμε σημαντικά το σφάλμα, όπως αποδείχθηκε από τις συγκρίσεις που δοκιμαστικά έγιναν και με τους 2 τρόπους. Συνεπώς, για κάθε χρονοσειρά με επίγεια δεδομένα (μία από κάθε σταθμό της EMY) αντιστοιχούσε μια εκτιμημένη χρονοσειρά δορυφορικών δεδομένων που προέκυπτε από χωρική παρεμβολή των 4 γειτονικών σημείων του κάνναβου χωρικής ανάλυσης  $0,25^\circ$ . Η χωρική αυτή παρεμβολή βγάζει τη βέλτιστη αμερόληπτη εκτιμήτρια (modified BLUE, Koutsoyiannis et al, 2008, Tsaknias et al, 2011) για την οποία θα γίνει εκτενής ανάλυση στο εδάφιο 4.3.

Έχοντας αυτά υπόψη, ανάλογα προσαρμόσαμε και τα δεδομένα της EMY από τους 29 συνολικά σταθμούς (και από τις 2 ομάδες) για τη σύγκριση και την εξαγωγή σφαλμάτων. Ξεκινώντας με τους 12 πρώτους σταθμούς (πρώτη ομάδα) έγινε σύγκριση σε 2 χρονικές κλίμακες, μία μικρή που είναι οι 3 ώρες και μια μεγαλύτερη που είναι οι 24. Προφανώς, η σύγκριση θα μπορούσε να γίνει και σε μικρότερη χρονική κλίμακα, έχοντας τα δεδομένα της EMY σε πεντάλεπτα, ωστόσο αφού η λεπτότερη χρονική κλίμακα των δορυφορικών δεδομένων είναι οι 3 ώρες, θα απαιτείτο επιμερισμός (disaggregation) με χρήση κάποιου μοντέλου, ώστε να διατηρούνται τα στατιστικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες της χρονοσειράς. Τέτοια μοντέλα έχουν συνήθως στοχαστικό χαρακτήρα και υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία στη βιβλιογραφία (Koutsoyiannis, 2003). Παρόλα αυτά η χρήση ενός τέτοιου μοντέλου κρίθηκε πως ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας και επιπλέον εμπεριέχει σφάλμα (εξ ου και μοντέλο), πράγμα που θελήσαμε να αποφύγουμε. Συνεπώς, προτιμήθηκε να γίνει συνάθροιση στα επίγεια δεδομένα της EMY, που είναι πολύ απλούστερη και χωρίς αβεβαιότητες και σφάλματα,

Έτσι λοιπόν, αφού εξήχθη από τα έντυπα των βροχογράφων η βροχόπτωση σε ωριαία κλίμακα για τις 10 μέρες με το μεγαλύτερο, σύμφωνα με τα επίγεια δεδομένα, ύψος βροχής, για κάθε έτος και σταθμό, κάναμε συνάθροιση (aggregation) σε 3ωρα στις συγκεκριμένες ώρες που δίνονται τα δορυφορικά δεδομένα (02:00, 05:00 ...). Προφανώς τα δεδομένα της EMY συναθροίζονταν στις ώρες αυτές προσθέτοντας 2 ώρες ακόμα, που είναι η διαφορά UTC και της τοπικής ώρας Ελλάδος (χειμερινή). Άρα, οι συναθροίσεις στα επίγεια δεδομένα έγιναν στις 04:00, 07:00, 10:00, 13:00,

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

16:00, 19:00, 22:00 και 01:00 της επομένης μέρας. Πολλές από τις 10 αυτές ημέρες ανά έτος ήταν διαδοχικές.

Τα έτη από τα οποία εξήχθησαν οι 10 πιο βροχερές ημέρες για κάθε σταθμό ήταν υδρολογικά (1/10 μέχρι 30/9) ξεκινώντας από το 1998-99 μέχρι το 2008-09. Αυτό δεν έγινε στο σταθμό Τατοΐου όπου λόγω έλλειψης στοιχείων ελέγχθηκε μόνο η (υδρολογική) πενταετία από 2004-05 μέχρι 2009-10. Όπου υπήρχαν κενά (π.χ. κάποιο τρίωρο) είτε από τον δορυφόρο είτε από τα επίγεια δεδομένα, τότε το ζευγάρι αυτό απορριπτόταν.

Εκτός από την χρονική κλίμακα των 3 ωρών, σύγκριση έγινε και στη μεγαλύτερη κλίμακα των 24 ωρών. Εδώ η σύγκριση έγινε σε όλο το μήκος της χρονοσειράς συνεχόμενα, αφού πληκτρολογήσαμε όλες τις ημέρες για το διάστημα 1/1/1998 με 30/4/2010 για κάθε σταθμό από τους 12 της πρώτης ομάδας. Άλλωστε γι' αυτό το λόγο έγινε και αυτή η σύγκριση, καθώς κρίθηκε πως δεν επαρκούσε η σύγκριση των τριώρων, αφού εκεί δεν είχαμε όλη τη χρονοσειρά συνεχόμενη, αλλά είχαμε επιλέξει κάποια ισχυρά επεισόδια ανά έτος. Παρόλα αυτά όσο αναξιόπιστη και αν φαίνεται αυτή η σύγκριση, σίγουρα μπορεί να δώσει μια γενικότερη εικόνα για το πόσο αξιόπιστα είναι τα δορυφορικά δεδομένα του αλγορίθμου 3B42V6 στην μικρή κλίμακα του επεισοδίου. Στις δύο συγκρίσεις, οι εκτιμήτριες μπορούσαν να είναι διαφορετικές (διαφορετικές τιμές παραμέτρων), ωστόσο προτιμήσαμε να κρατήσουμε συγκεκριμένες τιμές παραμέτρων για κάθε σταθμό και να μην αλλάζουν ανάλογα την χρονική κλίμακα (Κουτσογιάννης, προσωπική επικοινωνία) (βλέπε εδάφιο 4.3). Και στη σύγκριση των 24ωρων, αν υπήρχε μια μέρα (η περισσότερες διαδοχικές) με κενή τιμή είτε από τον δορυφόρο είτε από τα επίγεια δεδομένα, τότε τα αντίστοιχα ζευγάρια τιμών απορρίπτονταν.

Οι τιμές βροχόπτωσης για κάθε μέρα εξήχθησαν για τα μεν επίγεια δεδομένα και τους σταθμούς της πρώτης ομάδας, από τα βροχόμετρα (κάθε μέρα στις 24:00 τοπική ώρα Ελλάδος) και για τα δορυφορικά από τις χρονοσειρές των τριώρων των 4 γειτονικών σημείων του κάναβου (grid points) με ημερήσια συνάθροιση κάθε μέρα στις 22:00 (για να μηδενίσουμε και το σφάλμα από την απόκλιση της τοπικής ώρας με τη UTC). Η συνάθροιση έγινε άμεσα με το λογισμικό «Υδρογνώμων» (<http://hydrognomon.org/>). Αφού έγινε η συνάθροιση των χρονοσειρών των 4 grid points, κατόπιν υπολογίστηκε με παρεμβολή η εκτιμημένη χρονοσειρά των 24ωρων, στο σημείο του σταθμού με την οποία έγινε η σύγκριση.

Όσον αφορά την δεύτερη ομάδα σταθμών (17 σταθμοί) εδώ τα πράγματα είναι πολύ πιο στρωτά. Τα δεδομένα των σταθμών αυτών είναι 12ωρης χρονικής ανάλυσης, οπότε τα δορυφορικά δεδομένα συναθροίστηκαν από 3ωρα σε 12ωρα, στις 06:00 και 18:00 για κάθε μέρα (ώρα UTC) όπως ήταν τα δεδομένα στους 19 σταθμούς της EMY. Εδώ η σύγκριση έγινε σε όλο το μήκος της χρονοσειράς (από 1/1998 μέχρι 31/5/2010) συνεχόμενα αφού είχαμε όλη τη χρονοσειρά του κάθε σταθμού σε ηλεκτρονική μορφή. Και εδώ, αν υπήρχε έλλειψη σε κάποια τιμή από την επίγεια χρονοσειρά του σταθμού ή την δορυφορική (εκτιμημένη) τότε το ζευγάρι τιμών απορριπτόταν και δεν συμμετείχε στη σύγκριση.

Έτσι λοιπόν, ξεκινώντας με το 1<sup>ο</sup> μέρος αξιολόγησης και ανακεφαλαιώνοντας, για κάθε σταθμό από τους 12 της πρώτης ομάδας, έγινε μια σύγκριση 3ώρων, στις 10 πιο βροχερές μέρες ανά υδρολογικό έτος και μια σύγκριση 24ώρων σε όλη τη δεκαετία 1998-99 με 2008-09 συνεχόμενα. Στους 17 σταθμούς της δεύτερης ομάδας έγινε μια σύγκριση 12ωρης κλίμακας συνεχόμενα από 1/1/1998 μέχρι 31/5/2010. Για κάθε σταθμό έγινε ξεχωριστή παρεμβολή (επιλογή διαφορετικών βαρών, βλέπε εδάφιο 4.3) και προς αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων υπολογίστηκαν οι εξής στατιστικοί δείκτες (Moriasi et al, 2007): το συστηματικό σφάλμα του δείγματος επί τοις εκατό (PBIAS), που ταυτίζεται και με το σφάλμα (μεροληψία) των μέσων όρων, το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE), η τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE), ο συντελεστής (ετερο)συσχέτισης (R), και ο συντελεστής αποδοτικότητας (Eff) που ταυτίζεται με το συντελεστή Nash-Sutcliffe (NSE) (Moriasi et al, 2007), οι τύποι των οποίων φαίνονται αμέσως παρακάτω.

$$\bullet \text{ PBIAS (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n Si - \sum_{i=1}^n Gi}{\sum_{i=1}^n Gi} \times 100$$

$$\bullet \text{ MAE (mm)} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |Si - Gi|$$

$$\bullet \text{ RMSE (mm)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |Si - Gi|^2}{n}}$$

$$\bullet \quad \mathbf{R} = \frac{\sum_{i=1}^n ((S_i - S_m) \times (G_i - G_m))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - S_m)^2 \times \sum_{i=1}^n (G_i - G_m)^2}}$$

$$\bullet \quad \mathbf{Eff} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - G_i)^2}{\sum_{i=1}^n (G_i - G_m)^2}$$

Στο παραπάνω τυπολόγιο χρησιμοποιήθηκε ο πιο διαδεδομένος συμβολισμός που χρησιμοποιείται σε αντίστοιχες μελέτες αξιοποίησης δορυφορικών δεδομένων σε σχέση με επίγεια.

Έτσι λοιπόν, όπου:

$S_i$  οι τιμές των χρονοσειρών των δορυφορικών προϊόντων (*Satellite data*)

$G_i$  οι τιμές των χρονοσειρών των επίγειων δεδομένων (*Ground data*)

$n$  το πλήθος των ζευγών, δηλαδή των κοινών τιμών των δύο χρονοσειρών

$S_m$  (mm) =  $\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n S_i$ , ο μέσος όρος της χρονοσειράς των δορυφορικών προϊόντων

$G_m$  (mm) =  $\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n G_i$ , ο μέσος όρος της χρονοσειράς των επιγείων δεδομένων

Το συστηματικό σφάλμα του δείγματος επί τοις εκατό (PBIAS) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του συστηματικού σφάλματος που δίδεται από τα δορυφορικά προϊόντα. Το μέσο απόλυτο σφάλμα MAE μετράει το μέσο μέγεθος του σφάλματος, ενώ η τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) δίνει επίσης το μέσο μέγεθος του σφάλματος αλλά με έμφαση στα μεγαλύτερα σφάλματα (Κουτσογιάννης, 1996). Τέλος, ο συντελεστής συσχέτισης (R) χρησιμοποιείται για την διερεύνηση ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των χρονοσειρών και ο συντελεστής αποδοτικότητας (Eff) ουσιαστικά αξιολογεί την εκτιμημένη

χρονοσειρά σε σχέση με την παρατηρημένη (Moriassi et al, 2007, Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β)).

Σημειώνεται επίσης πως για κάθε χρονοσειρά υπολογίστηκε και η τυπική απόκλιση και σε κάθε σύγκριση που έγινε, το MAE και το RMSE διαιρέθηκαν με την τυπική απόκλιση της επίγειας χρονοσειράς  $STDEV_G$  και πολλαπλασιάστηκαν με 100 για να βγουν ως ποσοστό %. Διαιρώντας το MAE με την  $STDEV_G$  ποσοτικοποιείται καλύτερα το μέσο απόλυτο σφάλμα σε σχέση με την τυπική απόκλιση της επίγειας-παρατηρημένης χρονοσειράς. Από τη διαίρεση  $RSME/STDEV_G$  προκύπτει ο συντελεστής RSR (Moriassi et al, 2007) που ουσιαστικά ποσοτικοποιεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα και είναι πολύ κοινός δείκτης αξιοπιστίας.

Επιπροσθέτως, σε κάθε περίπτωση, αφού υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις και για τις 2 χρονοσειρές (επίγεια-παρατηρημένη και δορυφορική-εκτιμημένη) υπολογίστηκαν και οι διαφορές (BIAS) μέσων όρων και τυπικών αποκλίσεων ως ποσοστό επί τοις εκατό των αντίστοιχων τιμών των επιγείων χρονοσειρών.

Η αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων έγινε σε κάθε σύγκριση χρονοσειρών εξετάζοντας το συντελεστή συσχέτισης R και τον συντελεστή NSE, δηλαδή την αποδοτικότητα Eff. Ο συντελεστής R παίρνει τιμές στο διάστημα  $[-1, 1]$  και δίνει μια πρώτη εικόνα για τη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των 2 χρονοσειρών. Ωστόσο, δεν είναι και πολύ αντιπροσωπευτικός καθώς μπορεί να πετύχουμε πολύ υψηλούς συντελεστές R (κοντά στο 1) αλλά παράλληλα να έχουμε και πολύ μεγάλο MAE (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β), Moriassi et al, 2007).

Ο συντελεστής NSE από την άλλη είναι ένας συντελεστής που παίρνει τιμές στο διάστημα  $(-\infty, 1]$ . Όταν η τιμή του NSE είναι μικρότερη του μηδενός τότε η εκτιμήτριά μας δεν είναι καλή και είναι υποδεέστερη του απλού μέσου όρου (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β)). Προφανώς όταν είναι θετικός η εκτιμήτρια είναι καλύτερη από το μέσο όρο και η βέλτιστη εκτιμήτρια είναι για NSE ίσο με 1. Ωστόσο και εδώ μπορεί να έχουμε προβλήματα. Ειδικά σε χρονοσειρές ακραίων επεισοδίων, όπως στην παρούσα μελέτη, μπορεί να έχουμε πολλές μηδενικές τιμές και λίγες διαφορές του μηδενός. Έτσι, αν η εκτιμημένη χρονοσειρά συμπίπτει μόνο στις μηδενικές τιμές μπορεί να βγει θετικός συντελεστής NSE, ενώ ο σκοπός είναι να προσομοιώσουμε τις ακραίες, μη μηδενικές τιμές. Γι' αυτό εισάγαμε και μιαν άλλη παράμετρο ονομαζόμενη συνάρτηση σφάλματος ( $E_r$ ) της οποίας ο τύπος φαίνεται αμέσως παρακάτω (Tsaknias et al, 2011, Τσακνιάς, 2011).

$$Er (mm^2) = e^2 + q \cdot (e_m^2 + e_s^2)$$

Όπου:

$$e, \text{ είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα δηλαδή } e = \text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^n |Si - Gi|^2}{n}$$

$e_m$ , είναι το σφάλμα (BIAS) στους μέσους όρους των 2 χρονοσειρών

$e_s$ , είναι το σφάλμα (BIAS) στις τυπικές αποκλίσεις των 2 χρονοσειρών

$q$ , είναι ένας συντελεστής βάρους (εδώ  $q = 1000$ )

Προφανώς, η συνάρτηση σφάλματος υπερτερεί έναντι της αποδοτικότητας καθώς δίνοντας ένα υψηλό βάρος  $q$  κάνουμε πιο σημαντικό το σφάλμα του μέσου όρου και της τυπικής απόκλισης συγκριτικά με το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, αποφεύγοντας έτσι τον σκόπελο που προκύπτει χρησιμοποιώντας μόνο την Eff για χρονοσειρές ακραίων τιμών.

Επίσης, είναι λογικό να μην «συμβαδίζουν» η συνάρτηση σφάλματος και η αποδοτικότητα. Έτσι, σε κάθε περίπτωση και κάθε σταθμό η εκτιμήτρια μπορούσε να βγει με 2 τρόπους. Αναφέρθηκε πιο πριν πως η εκτιμημένη χρονοσειρά υπολογίστηκε από χωρική παρεμβολή των γειτονικών σημείων του κάνναβου. Η διαδικασία ήταν τέτοια ώστε να βγει η βέλτιστη εκτιμήτρια. Η βέλτιστη λοιπόν εκτιμήτρια αρχικά προσδιορίστηκε με 2 τρόπους: (α) μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα Eff και (β) ελαχιστοποιώντας την συνάρτηση σφάλματος. Ωστόσο, επειδή παρατηρήθηκε πως και στις 2 περιπτώσεις οι κατανομές μεγίστων μεταξύ των επιγείων χρονοσειρών και των δορυφορικών δεν συνέπεφταν ούτε στο ελάχιστο, αποφασίστηκε η βελτιστοποίηση να γίνει με βάσει τις κατανομές, έτσι ώστε να είναι όσο πιο κοντά γίνεται, που άλλωστε είναι και ο κύριος σκοπός της παρούσας εργασίας (Κουτσογιάννης, προσωπική επικοινωνία). Το πόσο κοντά είναι οι κατανομές φάνηκε με την εισαγωγή του MSE (μέσου τετραγωνικού σφάλματος) μεγίστων και η βελτιστοποίηση τελικά έγινε με στόχο την ελαχιστοποίησή του. Περισσότερα για τον τρόπο παρεμβολής και τον τρόπο βελτιστοποίησης θα αναφερθούν στο εδάφιο 4.3.

Προχωρώντας στο 2<sup>ο</sup> μέρος αξιολόγησης, εδώ εξετάστηκε κατά πόσο τα δορυφορικά δεδομένα προσομοιώνουν την κατανομή μεγίστων δεκαετίας για τις διάρκειες 3, 6, 12, 24, 48 ώρες. Προφανώς η κατανομή αυτή είναι η εμπειρική κατανομή αφού το μικρό πλήθος των ετών των χρονοσειρών μας δεν επιτρέπει την

προσαρμογή κάποιας μαθηματικής κατανομής (Κουτσογιάννης, 1996). Η εμπειρική κατανομή προκύπτει απλά βρίσκοντας τις 10 μέγιστες τιμές. Αν τις βάλουμε σε φθίνουσα σειρά τότε το πρώτο είναι το μέγιστο της δεκαετίας και η πιθανότητα υπέρβασης της κάθε τιμής είναι  $(a/a)/(n+1)$ , όπου  $a/a$  ο αύξων αριθμός της τιμής στη φθίνουσα σειρά και  $n$  το πλήθος των μεγίστων τιμών (Κουτσογιάννης, 1996, Μιμίκου, 1994).

Οι 10 μέγιστες τιμές (για κάθε διάρκεια) υπολογίστηκαν με 2 τρόπους. Ο ένας και πιο διαδεδομένος ήταν ο υπολογισμός του μεγίστου για κάθε έτος. Ο άλλος ήταν η εύρεση των 10 μεγίστων τιμών γενικά μέσα στα 10 έτη. Φυσικά οι τιμές αυτές πρέπει να ανήκουν σε διαφορετικά επεισόδια, δηλαδή να μεσολαβεί μεταξύ τους ένα χρονικό διάστημα τουλάχιστον της τάξης των 24 ωρών (Κουτσογιάννης, 1996). Ο δεύτερος τρόπος υπερτερεί έναντι του πρώτου καθώς λαμβάνοντας υπ' όψιν την υδρολογική εμμονή (Koutsoyiannis, 2005, 2010) που υφίσταται σε όλες τις χρονικές κλίμακες ένα ισχυρό επεισόδιο είναι πιθανότερο να συμβεί τη χρονιά που συμβαίνει και ένα άλλο (τάση ομαδοποίησης ακραίων γεγονότων, Koutsoyiannis, 2010, Koutsoyiannis and Langousis, 2011). Ωστόσο, ο πρώτος τρόπος είναι ευρέως διαδεδομένος και γι' αυτό εφαρμόζεται στην παρούσα εργασία και επιπλέον οι διαφορές που προέκυψαν από τους 2 τρόπους είναι μικρές και στους περισσότερους σταθμούς αμελητέες. Η διαδικασία αυτή έγινε για κάθε διάρκεια μεγίστου (3, 6, 12, 24, 48 ωρών) και για τις 2 χρονοσειρές (παρατηρημένη-εκτιμημένη) για κάθε σταθμό. Έτσι, για κάθε σταθμό από την πρώτη ομάδα προέκυψαν 10 διαγράμματα κατανομών, δηλαδή 2 διαγράμματα (ένα για κάθε τρόπο) για κάθε διάρκεια μεγίστου. Για τους σταθμούς της δεύτερης ομάδας απ' όπου μπορούν να εξαχθούν μέγιστα 12, 24 και 48 ωρών προέκυψαν 6 διαγράμματα δηλαδή 2 διαγράμματα (ένα για κάθε τρόπο) για κάθε διάρκεια μεγίστου στο καθένα από τα οποία δείχνεται η κατανομή των επιγείων και δορυφορικών δεδομένων.

Από τους σταθμούς πρώτης ομάδας, τα μέγιστα 3, 6, 12 ωρών εξήχθησαν από τις 10 βροχερότερες ημέρες ανά έτος και σταθμό (βλέπε και εδάφιο 3.3). Οι ωριαίες τιμές που είχαμε αρχικά συναθροίστηκαν σε 3ωρα, 6ωρα και 12ωρα και έτσι βγήκαν τα μέγιστα. Η πιθανότητα να «χάσουμε» κάποιο μέγιστο είναι πολύ μικρή καθώς η μικρότερη διάρκεια είναι το τρίωρο (Κουτσογιάννης, προσωπική επικοινωνία). Τα μέγιστα ημερήσια φυσικά, για τους σταθμούς της πρώτης ομάδας, υπολογίστηκαν από ολόκληρη τη χρονοσειρά ημερησίων η οποία πληκτρολογήθηκε ολόκληρη από τα έντυπα βροχογράφων (μετρήσεις βροχόμετρων) για τα έτη 1998-99 μέχρι 2008-09.

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Προφανώς, τα μέγιστα 48ωρα προέκυψαν από συνάθροιση της χρονοσειράς των 24ωρων. Ειδικά για το σταθμό Τατοΐου, η περίοδος στην οποία υπολογίστηκαν τα μέγιστα ήταν 2004-05 μέχρι 2009-10, γι' αυτό και υπολογίστηκαν μέγιστα πενταετίας. Όμοια και για τους σταθμούς της δεύτερης ομάδας, τα μέγιστα που υπολογίστηκαν για τον καθένα ήταν 12, 24, 48 ωρών και βγήκαν απ' ευθείας από ολόκληρη τη χρονοσειρά 12ωρων που είχαμε με αντίστοιχες συναθροίσεις σε 24 και 48 ώρες.

Για τα δορυφορικά δεδομένα όλα τα μέγιστα προέκυψαν από την εκτιμημένη ενιαία χρονοσειρά χρονικής κλίμακας 3 ωρών και από τις 3 ώρες μεταβήκαμε στις 6, 12 κ.ο.κ με πολλαπλές συναθροίσεις (π.χ. από 3 τρίωρα εξήχθησαν 2 εξάωρα με 2 συναθροίσεις από τις οποίες η πρώτη άθροισε τα 2 πρώτα τρίωρα και η δεύτερη τα 2 τελευταία), ώστε να μη χαθεί κανένα μέγιστο. Ως κατανομή για κάθε διάρκεια μεγίστου λάβαμε την δυσμενέστερη (ως προς το μέγιστο δεκαετίας) από αυτές που προέκυψαν από τις πολλαπλές συναθροίσεις. Σημειώνεται πως εδώ, η ύπαρξη κενών στην (εκτιμημένη) χρονοσειρά δεν οδήγησε σε καμία απόρριψη τιμής από συνάθροιση καθώς δεχόμενοι όλα τα κενά προέκυψαν δυσμενέστερες (μεγαλύτερες) τιμές μεγίστων. Τέλος, η εκτιμημένη χρονοσειρά τριώρων (για τους σταθμούς πρώτης ομάδας) προέκυψε με τις ίδιες τιμές παραμέτρων παρεμβολής που προέκυψε η εκτιμήτρια των ημερησίων δορυφορικών τιμών βροχόπτωσης (Κουτσογιάννης, προσωπική επικοινωνία, βλέπε εδάφιο 4.3).

Φτάνοντας στο 3<sup>ο</sup> μέρος αξιολόγησης των δορυφορικών προϊόντων βροχόπτωσης εδώ έγιναν κάποιες ενέργειες, προφανώς και εδώ για κάθε σταθμό, ώστε να διαπιστωθεί απλά αν ακολουθείται η δίαιτα των ισχυρών βροχοπτώσεων. Στην σύγκριση των 3 ωρών (σταθμοί πρώτης ομάδας), και στις 2 χρονοσειρές μετρήθηκαν πόσα τρίωρα έχουν μη μηδενική τιμή, πόσα πάνω από 5 mm, πόσα πάνω από 10 mm κ.ο.κ. μέχρι την τιμή των 35 mm (που θεωρείται αρκετά ισχυρό επεισόδιο για 3 ώρες διάρκεια), με βήμα 5 mm και έγινε σύγκριση. Όμοια, στη σύγκριση των ημερησίων (σταθμοί πρώτης ομάδας) μετρήθηκε και στις 2 χρονοσειρές ο αριθμός των ημερών με μη μηδενικό ημερήσιο ύψος βροχής, ο αριθμός των ημερών με ύψος πάνω από 15 mm μέχρι και πάνω από 80 mm (πολύ ισχυρό επεισόδιο, Μαμάσης, 1997) με βήμα 10 mm. Στη σύγκριση 12 ωρών (σταθμοί δεύτερης ομάδας) μετρήθηκε και στις 2 χρονοσειρές (επίγεια-εκτιμημένη) ο αριθμός των 12ωρων με μη μηδενικό ημερήσιο ύψος βροχής, ο αριθμός αυτών με ύψος πάνω από 10 mm μέχρι και πάνω από 70 mm με βήμα 10 mm. Επιπλέον, για κάθε σύγκριση και σταθμό συγκρίθηκε το



ολικό ύψος βροχής της επίγειας χρονοσειράς με την δορυφορική-εκτιμημένη. Τέλος, έγινε μια ποιοτική σύγκριση των μεγίστων με τους ετήσιους μέσους όρους, όπως προέκυψαν αυτοί από την συνάθροιση του αλγόριθμου 3B42V6 (Αλεξοπούλου, 2010). Οι ετήσιοι μέσοι όροι (παρατηρημένοι) των επιγείων σταθμών πάρθηκαν από την Αλεξοπούλου (Αλεξοπούλου, 2010) για την περίοδο 1998-2010, αλλιώς από την επίσημη ιστοσελίδα της EMY, (EMY, Κλιματολογία, 2011) για περίοδο τουλάχιστον 30 ετών ή από τους Κουτσογιάννη και άλλοι (Κουτσογιάννης κ.α., 2008).

### **4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ**

Όπως αναφέραμε και στα προηγούμενα εδάφια του κεφαλαίου, τα μετεωρολογικά δεδομένα παρέχουν επιφανειακή πληροφορία βροχόπτωσης και διατίθενται σε ένα κάρναβο (grid), ανάλυσης  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  δίνοντας μια χρονοσειρά βροχόπτωσης σε κάθε σημείο (point) του κάρναβου. Ωστόσο, κανένα σημείο δεν τυχαίνει να συμπίπτει χωρικά, δηλαδή να έχει τις ίδιες συντεταγμένες, με κάποιο επίγειο σταθμό ώστε να γίνει άμεσα η σύγκριση των 2 χρονοσειρών. Το πρόβλημα αυτό υπερκεράστηκε κάνοντας χωρική παρεμβολή των δορυφορικών δεδομένων έτσι ώστε να βρεθεί η (εκτιμημένη) χρονοσειρά στο σημείο του σταθμού.

Βέβαια, όπως προαναφέραμε στο εδάφιο 4.2, η εκτιμήτρια θα μπορούσε να ταυτίζεται με μία από τις 4 χρονοσειρές των γειτονικών σημείων του κάρναβου αφού οι τιμές που δίνονται σε κάθε σημείο του κάρναβου (grid point) είναι οι μέσες επιφανειακές αντίστοιχο φατνίου  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Έτσι αν ο σταθμός της EMY βρίσκεται εντός του συγκεκριμένου φατνίου θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε πως η τιμή του δορυφόρου στο σημείο του σταθμού αντιστοιχεί στην τιμή που δίνεται στο σημείο του κάρναβου (grid point) για το συγκεκριμένο αυτό φατνίο. Φυσικά, στην παρεμβολή που ακολουθήθηκε δοκιμάστηκε και αυτή η περίπτωση και ελέγχθηκε αν ένα σημείο του κάρναβου από μόνο του προσεγγίζει καλύτερα τα επίγεια δεδομένα για κάθε σταθμό της EMY. Ωστόσο, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων η εκτιμήτρια από παρεμβολή μεταξύ των 4 γειτονικών σημείων του κάρναβου έδωσε πολύ καλύτερα αποτελέσματα.

Η μέθοδος της παρεμβολής που ακολουθήθηκε είναι η μέθοδος που υπολογίζει γραμμικά τη βέλτιστη αμερόληπτη εκτιμήτρια ή αλλιώς BLUE (Best Linear Unbiased Estimator). Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, λαμβάνουμε τις τιμές από τα 4 γειτονικά σημεία του κάρναβου (που ορίζουν και το φατνίο στο οποίο βρίσκεται

ο σταθμός ή γενικότερα το σημείο για το οποίο θέλουμε να βγάλουμε την εκτιμήτρια). Το αντίστοιχο σχήμα στο οποίο φαίνεται ο παραπάνω μηχανισμός είναι το σχήμα 4.1 που είναι συγκεκριμένα για το σταθμό του Αγκιάλου. Το BLUE καθώς είναι γραμμικός μηχανισμός υπολογίζει την εκτιμήτρια απλά ως το άθροισμα των τιμών των 4 γειτονικών σημείων καθένα πολλαπλασιασμένο με ένα βάρος, το άθροισμα των οποίων κάνει 1, σύμφωνα με το παρακάτω τυπολόγιο (Koutsoyiannis et al, 2008, Koutsoyiannis, 2004).

$$S_i = \sum_{j=1}^4 w_j \times S_{ji}$$

Όπου:

$S_i$ , η εκτιμημένη χρονοσειρά μας

$S_{ji}$ , οι χρονοσειρές στα 4 γειτονικά σημεία του καννάβου

$w_j$ , τα βάρη για κάθε χρονοσειρά των 4 γειτονικών σημείων του καννάβου

Ισχύει φυσικά και επιβάλλεται:  $\sum_{j=1}^4 w_j = 1$

Το απλό αυτό γραμμικό μοντέλο (BLUE) είναι κατάλληλο για χρονοσειρές μεγάλης χρονικής κλίμακας (μηνιαία και πάνω) και χρησιμοποιείται ευρέως για κλιματολογικούς σκοπούς (Koutsoyiannis et al, 2008, Anagnostopoulos et al, 2010). Ωστόσο, αποτυγχάνει να προσομοιώσει χρονοσειρές μικρής χρονικής κλίμακας καθώς μειώνει κατά πολύ τις ακραίες τιμές κάνοντας εξομάλυνση (smoothing) (Tsaknias et al, 2011, Τσακνιάς, 2011).

Επειδή στην παρούσα εργασία θέλουμε η εκτιμήτριά μας να προσομοιώνει ακραίες τιμές δεν χρησιμοποιήθηκε το απλό, γραμμικό BLUE αλλά μια γενικευμένη μορφή του (modified BLUE) στην οποία λαμβάνει χώρα ένας μη γραμμικός μετασχηματισμός. Με την τροποποίηση-γενίκευση αυτή η εκτιμήτριά μας ήταν πολύ καλύτερη από το απλό, γραμμικό μοντέλο και μάλιστα αυτό ελέγχθηκε σε όλους τους σταθμούς. Αυτό είναι λογικό καθώς το απλό BLUE είναι μια υποπερίπτωση του γενικευμένου μετασχηματισμού (Koutsoyiannis, 2004, Tsaknias et al, 2011).

Η γενικευμένη αυτή μορφή της παρεμβολής BLUE φαίνεται στο παρακάτω τυπολόγιο (Tsaknias et al, 2011, Τσακνιάς, 2011). Οι συμβολισμοί έχουν διατηρηθεί ίδιοι με αυτούς του απλού BLUE.

Αρχικά, καθεμία χρονοσειρά από τις 4 των γειτονικών σημείων του κάνναβου μετασχηματίζεται μη γραμμικά με τον ακόλουθο μετασχηματισμό:

$$S_{ji} = (a + Y_{ji})^c$$

Όπου,  $Y_{ji}$  η αρχική χρονοσειρά σε κάποιο από τα 4 σημεία του κάνναβου  $j$  και  $S_{ji}$  η μη γραμμικά μετασχηματισμένη. Τα  $c$  και  $a$  είναι μη αρνητικοί αριθμοί.

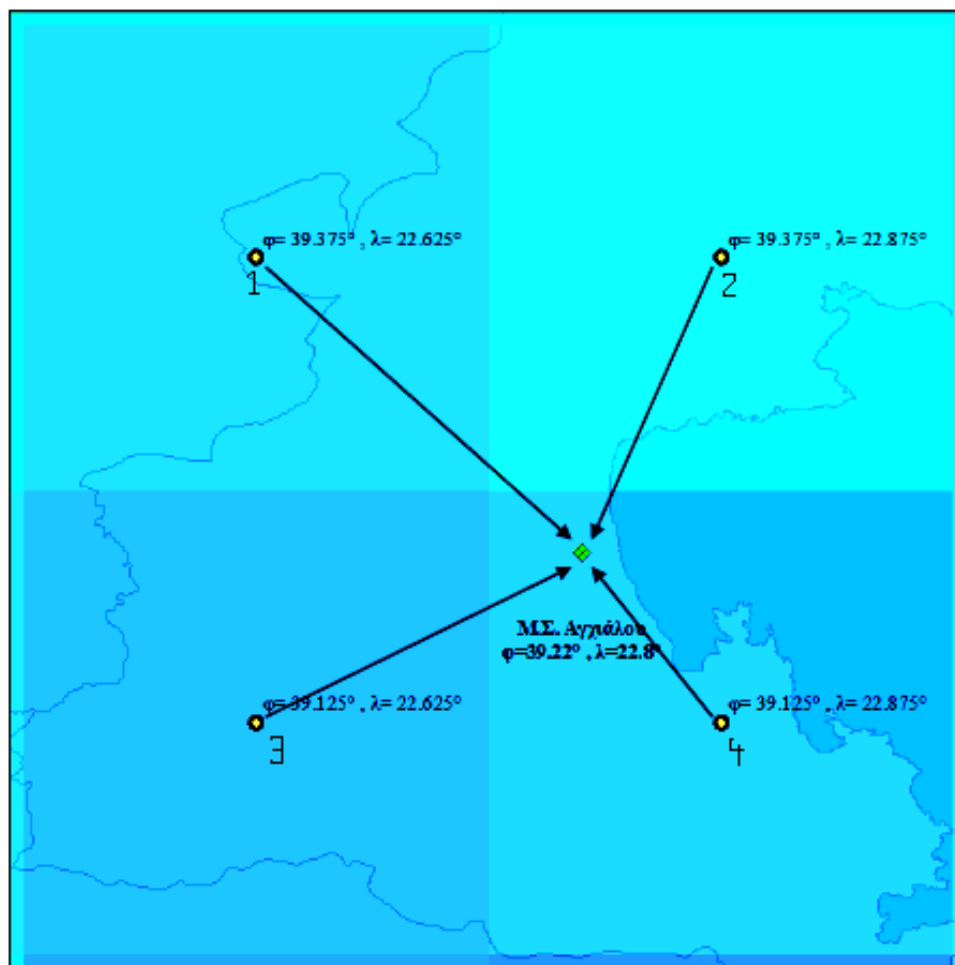
Από εδώ και πέρα χρησιμοποιείται το ίδιο γραμμικό μοντέλο (άθροιση με βάρη) με το απλό BLUE για τον υπολογισμό της εκτιμήτριας:

$$S_i = \sum_{j=1}^4 w_j \times S_{ji}$$

Όμοια και εδώ ισχύει πως το άθροισμα των βαρών  $w_j$  ισούται με 1. Συνδυάζοντας τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει η πλήρης έκφραση του γενικευμένου μοντέλου που χρησιμοποιούμε (Tsaknias et al, 2011, Τσακνιάς, 2011):

$$S_i = \left( \sum_{j=1}^4 w_j \times (a + Y_{ji})^c \right)^{1/c} - a$$

Το μοντέλο αυτό έχει συνολικά έξι παραμέτρους, τα 4 βάρη, το  $c$  και το  $a$ . Στην πραγματικότητα όμως οι παράμετροι είναι πέντε (ανεξάρτητες) αφού το ένα βάρος είναι εξαρτημένη παράμετρος και ισούται με τη διαφορά του αθροίσματος των άλλων τριών από τη μονάδα. Προφανώς, για  $c$  ίσο με 1 και  $a$  ίσο με 0 μας προκύπτει το απλό γραμμικό μοντέλο BLUE. Το  $c$  που είναι εκθέτης, αναμένεται θετικό και γενικώς μικρότερο του 1 (Κουτσογιάννης, προσωπική επικοινωνία), πράγμα που προέκυψε και από τους υπολογισμούς στην συντριπτική πλειοψηφία των σταθμών.



**Σχήμα 4.1. Χρήση στον τεσσάρων γειτονικών σημείων του κάναβου (grid points) για να γίνει η χωρική παρεμβολή των δορυφορικών δεδομένων στο σημείο του Μ.Σ. Αγκιάλου. Τα φατνία που φαίνονται με διαφορετική χρωματική απόχρωση είναι οι επιφάνειες των οποίων η μέση τιμή είναι η τιμή που αποδίδεται στα αντίστοιχα σημεία του κάναβου  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$**

Η σημασία των βαρών είναι καθοριστική καθώς η επιλογή τιμών γι' αυτά είναι αυτή που ουσιαστικά καθορίζει την αξιοπιστία της εκτιμήτριας και το πόσο βέλτιστη είναι αυτή. Όπως καταλαβαίνουμε η επιλογή των τιμών των βαρών είναι μια διαδικασία βελτιστοποίησης και προφανώς πρέπει να υπάρχει μια αντικειμενική συνάρτηση την οποία ή μεγιστοποιούμε ή ελαχιστοποιούμε. Αυτή η συνάρτηση αρχικά ήταν η αποδοτικότητα Eff (ή συντελεστής NSE) την οποία επιδιώξαμε να μεγιστοποιήσουμε (δηλαδή να ελαχιστοποιήσουμε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα MSE). Επειδή όμως στις περισσότερες περιπτώσεις (ειδικά στις χρονοσειρές των τριώρων-πρώτη ομάδα σταθμών) η μέγιστη αποδοτικότητα αντιστοιχούσε σε

εκτιμήτριες με πάρα πολλά μηδενικά στοιχεία εισάγαμε και την συνάρτηση σφάλματος  $E_r$  που δίνει μεγαλύτερη σημασία στο σφάλμα του μέσου όρου και της τυπικής αποκλίσεως (βλέπε εδάφιο 4.2), με σκοπό την ελαχιστοποίησή της, ώστε η εκτιμήτρια να είναι πραγματικά αμερόληπτη (unbiased). Στις περισσότερες περιπτώσεις για ελάχιστη  $E_r$  προέκυπτε μικρή αποδοτικότητα  $Eff$  και το αντίστροφο. Έτσι σε κάθε περίπτωση έγιναν 2 βελτιστοποιήσεις, μία μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα και μία ελαχιστοποιώντας την συνάρτηση σφάλματος.

Ωστόσο, και πάλι παρατηρήσαμε πως είτε με μέγιστο  $Eff$  ή ελάχιστο  $E_r$  δεν προσομοιώναμε καλά την τις κατανομές μεγίστων. Έτσι, τελικά η βελτιστοποίηση έγινε με στόχο την ελαχιστοποίηση του  $MSE$  (μέσο τετραγωνικό σφάλμα) των μεγίστων. Παρατηρήσαμε πως για να προσεγγίζονται καλά οι κατανομές, οι τιμές των παραμέτρων ήταν κάπου ανάμεσα σε αυτές για μέγιστο  $Eff$  και ελάχιστο  $E_r$  (κυρίως πλησιέστερα σε αυτές για ελάχιστο  $E_r$ ). Δηλαδή ουσιαστικά θα χρειαζόμασταν 2 στοχικές συναρτήσεις μία για μεγιστοποίηση του  $Eff$  και μία για ελαχιστοποίηση του  $E_r$  και κάπου εκεί θα έβγαινε το ελάχιστο  $MSE$  μεγίστων. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει μηχανή βελτιστοποίησης-επίλυσης (solver) που να λειτουργεί με 2 στοχικές συναρτήσεις και έτσι περιοριστήκαμε στην ελαχιστοποίηση του  $MSE$  μεγίστων.

Το  $MSE$  μεγίστων για κάθε σταθμό προκύπτει έχοντας για κάθε διάρκεια (3h, 6h, 12h, 24, 48h) τις 10 πρώτες (μέγιστες) τιμές, από τις οποίες προκύπτουν και οι κατανομές μεγίστων, από την επίγεια χρονοσειρά και την εκτιμημένη-δορυφορική. Έχοντας αυτές τις 10 τιμές το  $MSE$  υπολογίζεται για όλες τις διάρκειες σύμφωνα με τον τύπο:

$$MSE (mm^2) = \frac{\sum_{i=1}^n |Max_{Si} - Max_{Gi}|^2}{n}$$

Όπου:  $Max_{Si}$  και  $Max_{Gi}$  τα μέγιστα της εκτιμημένης και της επίγειας χρονοσειράς των μεγίστων και  $n$  το πλήθος των (ζευγών) μεγίστων, δηλαδή π.χ. για τους σταθμούς της 2<sup>ης</sup> ομάδας έχουμε 3 διάρκειες (12, 24, 48h) επί 10 τιμές σε κάθε διάρκεια, άρα  $n=30$ .

Οι βελτιστοποιήσεις έγιναν και αυτές στα φύλλα Excel χρησιμοποιώντας μια ισχυρή μηχανή επίλυσης, από αυτές που κυκλοφορούν και ενσωματώνονται στο λογισμικό Microsoft Office Excel. Αυτή ήταν το εργαλείο Risk Solver Platform (V11) της εταιρίας Frontline systems (<http://www.solver.com/>). Κάθε βελτιστοποίηση

έγινε με χρήση τόσο του εξελικτικού αλγόριθμου (Standard Evolutionary) όσο και του μη γραμμικού GRG μεγάλης κλίμακας (LSGRG Nonlinear). Τα προβλήματα των βελτιστοποιήσεων είναι μη γραμμικά, μεγάλης κλίμακας (large scale - nonlinear simulation) και γι' αυτό απαιτήσαν υψηλή υπολογιστική ισχύ για την επίλυσή τους.

Η χρήση και των δύο αλγορίθμων επίλυσης ήταν επιβεβλημένη καθώς το πρόβλημα δεν ήταν καθόλου απλό και σε καμία περίπτωση κάποιος αλγόριθμος από μόνος του δεν έβρισκε αμέσως τη «βέλτιστη» λύση. Επίσης, για κάθε περίπτωση έγινε πολλές φορές βελτιστοποίηση (και για τον αλγόριθμο GRGnonlinear, χρήση της επιλογής «αναζήτηση πολλαπλής εκκίνησης – multistart search) για να αποφύγουμε την περίπτωση εγκλωβισμού σε τοπικό και όχι ολικό ακρότατο. Το πρόβλημα εγκλωβισμού σε τοπικά ακρότατα είναι συχνότατο σε βελτιστοποιήσεις τέτοιου είδους προβλημάτων μεγάλης κλίμακας. Η πιο πρόσφορη μέθοδος αντιμετώπισης είναι ο συνδυασμός κλασικών μαθηματικών και τυχαίας (πιθανοτικής) αναζήτησης, πράγμα που εφαρμόζουν οι παραπάνω αλγόριθμοι. Προφανώς, η μέθοδος αυτή, αν και η προσφορότερη, δεν εγγυάται τον εντοπισμό του ολικού ακρότατου και συνεπώς της βέλτιστης λύσης (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2011).

Σε κάθε σταθμό της EMY από τους 12 της πρώτης ομάδας, έγιναν 2 βελτιστοποιήσεις, μία στη σύγκριση των τριώρων και μία στη σύγκριση των 24ωρων. Επίσης, κάθε τέτοια βελτιστοποίηση έγινε με στοχική συνάρτηση τόσο την μεγιστοποίηση του Eff όσο και την ελαχιστοποίηση του Er. Ωστόσο, τελικά οι τιμές των παραμέτρων που επιλέχθηκαν είναι τέτοιες ώστε να ελαχιστοποιείται το MSE μεγίστων. Οι τιμές των παραμέτρων κρατήθηκαν ίδιες τόσο για την σύγκριση των τριώρων όσο και για αυτή των εικοσιτετράωρων και προφανώς για να υπολογιστεί η εκτιμημένη συνολική χρονοσειρά των τριώρων απ' όπου υπολογίστηκαν τα μέγιστα 3, 6 και 12 ωρών (2<sup>ο</sup> μέρος αξιολόγησης). Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί πως η σύγκριση των χρονοσειρών των ημερησίων, δεν έδωσε πολύ διαφορετικές τιμές παραμέτρων και συντελεστών μεταξύ των βελτιστοποιήσεων για τις διαφορετικές στοχικές συναρτήσεις και επίσης οι τιμές που προέκυψαν από την ελαχιστοποίηση του Er στη σύγκριση των 24 ωρών είναι κοντά με αυτές του ελαχιστοποιούν το MSE μεγίστων. Αυτό σημαίνει πως εκεί η βελτιστοποίηση είναι πολύ πιο αξιόπιστη και είναι λογικό καθώς δεν συγκρίνονται κάποιες μέρες βροχής μόνο (όπως στη σύγκριση των τριώρων) αλλά όλη η χρονοσειρά συνεχόμενη.

Σε ό,τι αφορά τους σταθμούς της δεύτερης ομάδας, εδώ έγινε μόνο μια σύγκριση στη χρονική κλίμακα των 12 ωρών σε όλο το μήκος της χρονοσειράς από

την 1/1/1998 μέχρι 31/5/2010. Η βελτιστοποίηση έγινε με στόχο τόσο την μεγιστοποίηση του Eff όσο και την ελαχιστοποίηση του Er. Τελικά βέβαια οι τιμές των παραμέτρων (βάρη και συντελεστές  $a$  και  $c$ ) επιλέχθηκαν με στόχο την ελαχιστοποίηση του MSE των μεγίστων (12, 24, 48 ωρών). Και εδώ αξίζει να αναφέρουμε πως οι τιμές από την ελαχιστοποίηση Er δεν είναι πολύ μακριά από αυτές για την ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων αποδεικνύοντας ότι ο στόχος της ελαχιστοποίησης του Er είναι πολύ καλύτερος από αυτόν της μεγιστοποίησης του Eff όταν αναφερόμαστε σε μέγιστα (Τσακνιάς, 2011). Όλα αυτά, μαζί με τον σχολιασμό των χαρτών του κεφαλαίου 5, αναφέρονται και παρουσιάζονται με κάθε λεπτομέρεια στο κεφάλαιο περιγραφής αποτελεσμάτων, δηλαδή στο κεφάλαιο 6.





## **5. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ**

### **5.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ουσιαστικά μια ανακεφαλαίωση των προηγουμένων καθώς εδώ απεικονίζονται σε χάρτες τα αποτελέσματα των υπολογισμών του κεφαλαίου 4. Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν, κατά τη διάρκεια της διπλωματικής αυτής εργασίας έγιναν συγκρίσεις σε 29 σημεία-σταθμούς της ΕΜΥ, μεταξύ χρονοσειρών επίγειων και δορυφορικών δεδομένων, ώστε να αξιολογηθούν τα δεύτερα ως προς τα πρώτα. Τα δεδομένα αυτά ήταν μικρής χρονικής κλίμακας (από 3 μέχρι 48 ώρες). Έτσι, η σύγκριση για κάθε σταθμό προσανατολίστηκε στη σύγκριση μεγίστων-ακραίων τιμών ως προς την τιμή 10ετίας, 5ετίας και την πιθανοτική κατανομή. Επίσης, από τις συγκρίσεις αυτές προέκυψαν τα αντίστοιχα σφάλματα μεγίστων τα οποία και αυτά με τη σειρά τους απεικονίζονται σε χάρτες, σε απόλυτες τιμές και σε ποσοστά επί τοις εκατό. Μέσω των χαρτών εξάγονται οι χωρικές κατανομές τόσο των μεγίστων όσο και των σφαλμάτων, έτσι ώστε να καταλήξουμε σε γενικές τάσεις στο χώρο και χωρικές ανομοιογένειες.

Για την κατάρτιση των χαρτών αυτών χρησιμοποιήθηκε προφανώς σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (ΣΓΠ-GIS) και συγκεκριμένα το λογισμικό ArcGIS, έκδοση 9.3 της εταιρείας ESRI (Environmental Systems Research Institute, Hillier, 2007) (<http://www.esri.com/>). Στους πολλούς χάρτες υπάρχει πέρα από χρωματική διαβάθμιση και σχηματική απεικόνιση των τιμών παραμέτρων, έτσι ώστε πολλοί από αυτούς να μπορούν να διαβαστούν και σε ασπρόμαυρες εκτυπώσεις του παρόντος τεύχους. Προφανώς, κάθε χάρτης συνοδεύεται και από υπόμνημα έτσι ώστε να γίνονται αντιληπτές οι τιμές των παραμέτρων.

Περιγράφοντας τους χάρτες που παρήχθησαν, αρχικά έγιναν οι χάρτες μεγίστων τιμών (3, 6, 12, 24 και 48 ωρών) για την 10ετία και την 5ετία, τόσο για τα δορυφορικά δεδομένα όσο και για τα δεδομένα της ΕΜΥ. Οι χάρτες αυτοί δείχνουν σημειακά τα μέγιστα (αν και για τα δορυφορικά δεδομένα οι τιμές είναι ήδη επιφάνειες έκτασης  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ ). Στη συνέχεια έγιναν οι χάρτες σφαλμάτων όμοια για κάθε διάρκεια (3, 6, 12, 24 και 48 ωρών) για την (μέγιστη) τιμή της 10ετίας και της 5ετίας. Εδώ έγιναν δύο ειδών χάρτες καθώς θελήσαμε να απεικονίσουμε τα σφάλματα και σαν τιμές (σε mm) και ως ποσοστό επί τοις εκατό της αντίστοιχης

τιμής μέγιστου των επιγείων δεδομένων της EMY. Συνεχίζοντας, υπολογίστηκαν για κάθε διάρκεια το μέσο σφάλμα και το μέσο απόλυτο σφάλμα μέσα στη 10ετία, τα οποία με τη σειρά τους απεικονίστηκαν ως τιμές (σε mm) και ποσοστά επί τοις εκατό των μέσων αντιστοιχών τιμών μεγίστων των επιγείων δεδομένων.

Αφού καταρτίστηκαν οι παραπάνω χάρτες (έχοντας σημειακές τιμές) ξεκινήσαμε την δεύτερη κατηγορία χαρτών στους οποίους θελήσαμε τις σημειακές τιμές σφαλμάτων να τις ολοκληρώσουμε επιφανειακά. Η επιφανειακή αυτή ολοκλήρωση έγινε για κάθε “κατηγορία” σφάλματος και προφανώς για κάθε διάρκεια. Τέλος, έχοντας το σφάλμα επιφανειακά ολοκληρωμένο επιχειρήθηκε διόρθωση των χαρτών μεγίστων που δημιουργήθηκαν από τα δορυφορικά δεδομένα, φυσικά και εδώ για κάθε διάρκεια ξεχωριστά. Στο εδάφιο 5.2 αναλύεται με κάθε λεπτομέρεια η μεθοδολογία κατάρτισης των παραπάνω χαρτών και δείχνονται όλοι οι υπολογισμοί που απαιτήθηκαν.

## **5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ**

Αρχικά κατασκευάστηκαν οι χάρτες μεγίστων για τα δορυφορικά δεδομένα. Στο στάδιο αυτό απλώς πήραμε τα πρωτογενή δεδομένα (για τις 3 ώρες και για τις υπόλοιπες τα συναθροισμένα) του δορυφόρου και τα τοποθετήσαμε πάνω στο χάρτη με τη μορφή κάνναβου χωρικής ευκρίνειας  $0,25^\circ$ , στον οποίο και διατίθενται, όπως ακριβώς και στο σχήμα 2.4. Σε κάθε σημείο του κάνναβου (grid point) αντιστοιχεί μια τιμή (value), όπως π.χ. το μέγιστο 3ωρο της 10ετίας αν μιλάμε για τον χάρτη μεγίστων 3ωρων 10ετίας. Το κάθε σημείο έγινε επιφάνεια με το εργαλείο spatial analyst του ArcGIS και συγκεκριμένα με την εντολή “features to raster”. Έτσι το κάθε σημείο έγινε ένα τετραγωνάκι πλευράς  $0,25^\circ$ , που είναι και η ευκρίνεια του κάνναβου. Η τιμή κάθε σημείου (grid point) αντιστοιχεί τώρα στη μέση επιφανειακή τιμή για όλο το αντίστοιχο τετραγωνάκι. Άλλωστε, εξαρχής τα δορυφορικά δεδομένα διατίθενται σε αυτή τη μορφή, δηλαδή δίνονται ως επιφάνειες απλά οι τιμές δίνονται σε κάνναβο και η κάθε τιμή είναι η μέση επιφανειακή τετραγωνικής επιφάνειας πλευράς  $0,25^\circ$  (NASA, 3B42 Algorithm, 2011, Huffman, 2009) (βλ σχήμα 4.1 και εδάφιο 4.3). Ο χάρτης 5.1 είναι ο χάρτης μεγίστων 3 ωρών 10ετίας και καταρτίστηκε με την παραπάνω μέθοδο.

Στη συνέχεια καταρτίστηκαν χάρτες μεγίστων σύμφωνα με τα επίγεια δεδομένα από τους σταθμούς της EMY. Προφανώς, εδώ τα δεδομένα που έχουμε

είναι σημειακά (στα σημεία των μετεωρολογικών σταθμών) και αποφύγαμε να κάνουμε επιφανειακή αναγωγή γιατί θα αντιμετωπίζαμε πολύ μεγάλα σφάλματα λόγω της τεράστιας χωρικής μεταβλητότητας που διακρίνει τη βροχή στη μικρή κλιμακική κλίμακα (κλίμακα επεισοδίου) και συνεπώς και τις ακραίες τιμές μεγίστων (Κουτσογιάννης, 1996, 1999, Chow et al, 1988, Μιμίκου, 1994). Άλλωστε δεν είχε και κανένα νόημα να γίνει κάτι τέτοιο με τόσο λίγους σταθμούς στη διάθεσή μας (ειδικά για τις διάρκειες 3 και 6 ωρών είχαμε μόνο 12 σταθμούς για όλη την Ελλάδα). Έτσι απλά τοποθετήσαμε σε χάρτες τις τιμές μεγίστων για όλες τις διάρκειες και για συμβολισμό χρησιμοποιήσαμε κύκλο με μέγεθος ανάλογο της τιμής (graduated circle). Από αυτούς τους χάρτες, αν και δεν παριστάνουν τιμές επιφανειακά ανηγμένες, μπορούν να δώσουν πολύ χρήσιμα αποτελέσματα όπως τη (χονδροειδή) γεωγραφική κατανομή ακραίων τιμών κ.α. Τέτοιος χάρτης είναι ο χάρτης 5.6 που δείχνει τα μέγιστα 3ωρα 10ετίας από 11 σταθμούς της EMY (πρώτη ομάδα σταθμών χωρίς το Τατόι).

Αφού φτιάχτηκαν οι χάρτες μεγίστων, υπολογίστηκαν τα σφάλματα μεγίστων 10ετίας και 5ετίας, για όλες τις διάρκειες και για κάθε σταθμό (οι τιμές φαίνονται σε πίνακες στο παράρτημα Β) και επιχειρήθηκε να αναχθούν επιφανειακά και να δειχθούν σε χάρτες (χάρτες 5.12-5.16). Κατ' αρχάς πρέπει να πούμε πως το σφάλμα (bias) σε κάθε περίπτωση υπολογίστηκε και σε τιμή (mm) και σε ποσοστό επί τοις εκατό της αντίστοιχης τιμής του επιγείου σταθμού, σύμφωνα με το παρακάτω απλό τυπολόγιο:

$$Bias (mm) = Max_{Si} - Max_{Gi}$$

$$Bias (\%) = \frac{Max_{Si} - Max_{Gi}}{Max_{Gi}} * 100$$

Όπου  $Max_{Si}$ , το τιμή μέγιστου, για τη δεδομένη διάρκεια (3, 6, 12, 24, 48 ώρες) από την εκτιμημένη χρονοσειρά δορυφορικών δεδομένων στο σημείο του εκάστοτε σταθμού και  $Max_{Gi}$ , η τιμή του αντίστοιχου μέγιστου από την επίγεια χρονοσειρά δεδομένων του σταθμού της EMY. Το  $i$  καθορίζει το μέγιστο αν είναι

δεκαετίας ή πενταετίας, καθώς σύμφωνα με την εμπειρική πιθανοτική κατανομή αν τις 10 μέγιστες τιμές τις βάλουμε σε φθίνουσα σειρά τότε η πρώτη ( $i=1$ ) είναι η τιμή 10ετίας ενώ η δεύτερη ( $i=2$ ) είναι η τιμή πενταετίας.

Εκτός αυτών των σφαλμάτων υπολογίστηκαν και τα μέσα σφάλματα-μεροληψίες (bias), καθώς τα παραπάνω σφάλματα υπολογίζουν το σφάλμα σε μια τιμή μεγίστου μόνο ενώ τα μέσα σφάλματα δίνουν μια πιο σφαιρική εικόνα για την μεροληψία. Τα μέσα σφάλματα που υπολογίστηκαν είναι το μέσο σφάλμα και το μέσο απόλυτο σφάλμα (σε τιμές mm και ποσοστό %) για κάθε διάρκεια και κάθε σταθμό χωριστά, σύμφωνα με το παρακάτω τυπολόγιο:

$$\mathbf{MeanBias (mm)} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathbf{Max}_{Si} - \sum_{i=1}^n \mathbf{Max}_{Gi}}{n}$$

$$\mathbf{MeanBias (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathbf{Max}_{Si} - \sum_{i=1}^n \mathbf{Max}_{Gi}}{\sum_{i=1}^n \mathbf{Max}_{Gi}} * 100$$

$$\mathbf{MeanAbsBias (mm)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\mathbf{Max}_{Si} - \mathbf{Max}_{Gi}|}{n}$$

$$\mathbf{MeanAbsBias (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\mathbf{Max}_{Si} - \mathbf{Max}_{Gi}|}{\sum_{i=1}^n \mathbf{Max}_{Gi}} * 100$$

Όπου υπάρχει άθροιση ( $\Sigma$ ) εννοείται άθροιση των 10 μεγίστων τιμών της κατανομής (που έχουν τοποθετηθεί σε φθίνουσα σειρά) για δεδομένη διάρκεια μεγίστου. Συνεπώς, στους παραπάνω τύπους το  $n=10$ .

Αφού υπολογίστηκαν οι παραπάνω τιμές σφαλμάτων για κάθε σταθμό επιχειρήθηκε η επιφανειακή αναγωγή ώστε στη συνέχεια να αφαιρεθεί η μεροληψία από τους χάρτες μεγίστων των δορυφορικών δεδομένων και εν τέλει να παρουσιαστούν χάρτες μεγίστων για όλες τις διάρκειες των 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών από τα διορθωμένα πια δορυφορικά δεδομένα. Φυσικά, για την διόρθωση της μεροληψίας στους χάρτες μεγίστων από τα δορυφορικά δεδομένα χρειάζεται η επιφανειακή αναγωγή του σφάλματος σε mm και μόνο. Οι χάρτες επί τοις εκατό φτιάχτηκαν μόνο για παρουσίαση και φαίνονται στο παράρτημα.

Η επιφανειακή ολοκλήρωση των σφαλμάτων έγινε στο λογισμικό ArcGIS της ESRI με το εργαλείο Geostatistical Analyst. Για κάθε διάρκεια έγινε επιφανειακή αναγωγή του σφάλματος στις τιμές 10ετίας και 5ετίας και του μέσου σφάλματος. Σε κάθε επιφανειακή αναγωγή έγιναν πολλές δοκιμές και χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι παρεμβολής: των σταθμισμένων αντίστροφων αποστάσεων (IDW Inverse Distance Weight) και η παρεμβολή Kriging (Ordinary). Με κάθε μέθοδο έγιναν πολλές παρεμβολές ώστε να ελαχιστοποιείται το σφάλμα πρόβλεψης και να προκύπτει μια «σωστή» επιφάνεια χωρίς πολλά «μάτια» (bull's eyes) και ομαλή εναλλαγή τιμών.

Πιο συγκεκριμένα η μέθοδος των σταθμισμένων αντίστροφων αποστάσεων (IDW) είναι μια απλή προσδιοριστική (ντετερμινιστική) μέθοδος παρεμβολής. Η τιμή που αποδίδει σε μια τυχαία θέση της επιφάνειας προκύπτει αθροίζοντας τις τιμές στα σημεία γνωστών τιμών καθεμία πολλαπλασιασμένη με ένα συντελεστή βάρους. Ο συντελεστής αυτός είναι τόσο μεγαλύτερος όσο μικρότερη είναι η απόσταση από την τυχαία θέση (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β)). Στη δικιά μας περίπτωση τα σημεία γνωστών τιμών είναι οι σταθμοί της EMY και οι τιμές είναι οι τιμές μεροληψίας. Ακόμα, η μέθοδος των αντίστροφων αποστάσεων είναι ακριβής μέθοδος, δηλαδή κρατά στα σημεία γνωστών τιμών τις ίδιες τιμές (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β), Hillier, 2007).

Έτσι και όπως είναι φυσικό, οι χάρτες που υπολογίστηκαν με την μέθοδο αντίστροφων αποστάσεων δεν έδειχναν ομαλή εναλλαγή χρωμάτων (δηλαδή τιμών) και σχηματίζονταν πολλά «μάτια» (bull's eyes). Αν και οι μέθοδος δεν έχει αρκετές παραμέτρους να αλλαχτούν από το χρήστη, αυτές που αλλάζαμε κατ' αρχήν ήταν το

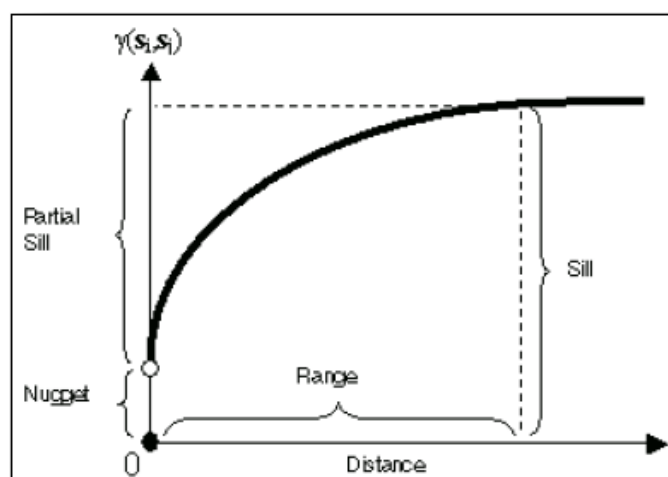
πλήθος των «γειτόνων» (neighbors to include) και έπειτα η δύναμη K (power value), και ο τύπος τομέα (sector type). Το πλήθος των «γειτόνων» το παίρναμε γενικά μεγάλο (σχεδόν όσοι και οι σταθμοί) για μεγαλύτερη ομοιομορφία. Το K λαμβάνεται από μόνο του (by default) ίσο με 2, και είτε το ορίζαμε χειροκίνητα είτε μέσω του βελτιστοποιητή του προγράμματος (εργαλείο “optimize value power”), πάντοτε μεταξύ 1 και 2 (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β)). Τελικός σκοπός η ελαχιστοποίηση του σφάλματος πρόβλεψης και η μείωση των «ματιών» στο χάρτη.

Η μέθοδος Kriging λέγεται και μέθοδος βέλτιστης παρεμβολής και είναι στατιστική (γεωστατιστική) μέθοδος. Εδώ δεν θεωρείται πως η μεταβολή του σφάλματος εξαρτάται από την απόσταση αλλά ότι είναι τυχαία. Έτσι, χρησιμοποιεί στατιστικές μεθόδους για να αποδώσει την τιμή του σφάλματος σε μία τυχαία θέση. Η μέθοδος αυτή δεν είναι ακριβής και φυσικά δεν κρατά τις ίδιες τιμές στα σημεία των γνωστών τιμών (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β), Hillier, 2007) με αποτέλεσμα οι χάρτες να βγαίνουν πολύ πιο ομοιόμορφοι και χωρίς «μάτια». Η παρούσα μέθοδος επικράτησε ως βέλτιστη σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις χαρτών μειώνοντας τα σφάλματα πρόβλεψης και τα «μάτια» στους χάρτες.

Στη μέθοδο Kriging και συγκεκριμένα στη πιο διαδεδομένη μορφή της (ordinary) κάνουμε τις παραδοχές ότι η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή, η εκτιμήτρια είναι αμερόληπτη, υπάρχει μονιμότητα δευτέρου βαθμού και ότι ο τοπικός μέσος είναι άγνωστος. Έτσι, πάμε να καταρτίσουμε ένα χάρτη πρόγνωσης (prediction map) έχοντας μια πληθώρα παραμέτρων που μπορούμε να μεταβάλλουμε στο πρόγραμμα ArcGIS. Αρχικά, όλοι οι χάρτες έγιναν χωρίς καμία τροποποίηση παραμέτρων (by default) και ύστερα είδαμε τι μπορεί να διορθωθεί. Ο κύριος σκοπός ήταν να καταρτιστεί σωστά το ημιμεταβλητόγραμμα και να προσαρμοστεί η βέλτιστη συνάρτηση σε αυτό. Με διαφορά οι καλύτερες συναρτήσεις ήταν η σφαιρική (spherical) και η εκθετική (exponential).

Το ημιμεταβλητόγραμμα δείχνει την ημιδιασπορά ( $\gamma$  (mm<sup>2</sup>)) συναρτήσει της απόστασης (Distance (km)). Τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στο σχήμα 5.1 (Αλεξοπούλου, 2010) και είναι το κατώφλι (sill), το εύρος (range) και η τιμή της ημιδιασποράς στη μηδενική απόσταση (nugget effect). Το κατώφλι είναι η (μέγιστη) τιμή της ημιδιασποράς που δεν μεταβάλλεται άλλο από την αύξηση της απόστασης. Η απόσταση στην οποία η ημιδιασπορά πιάνει την τιμή του κατωφλιού λέγεται εύρος. Η ημιδιασπορά μπορεί να μην είναι μηδέν στην μηδενική απόσταση γεγονός που εξηγείται όταν οι μετρήσεις έχουν θόρυβο, παρουσιάζουν λάθη ή δεν είναι

ταυτόχρονες (Μαμάσης και Μιμίκου, 2010 (β)). Μια άλλη βασική παράμετρος για την κατάρτιση του ημιμεταβλητογράμματος είναι η επιλογή διεύθυνσης, καθώς αυτό μπορεί να καταρτιστεί για όλο το χώρο αλλά υπάρχει και δυνατότητα να καταρτιστεί κατά συγκεκριμένη διεύθυνση. Τέλος, πρέπει να αναφερθούμε και στα διαστήματα κατάτμησης του άξονα των αποστάσεων (μέγεθος και πλήθος – lag size, lag number).



**Σχήμα 5.1. Χαρακτηριστικά ημιμεταβλητογράμματος (Αλεξοπούλου, 2010).**

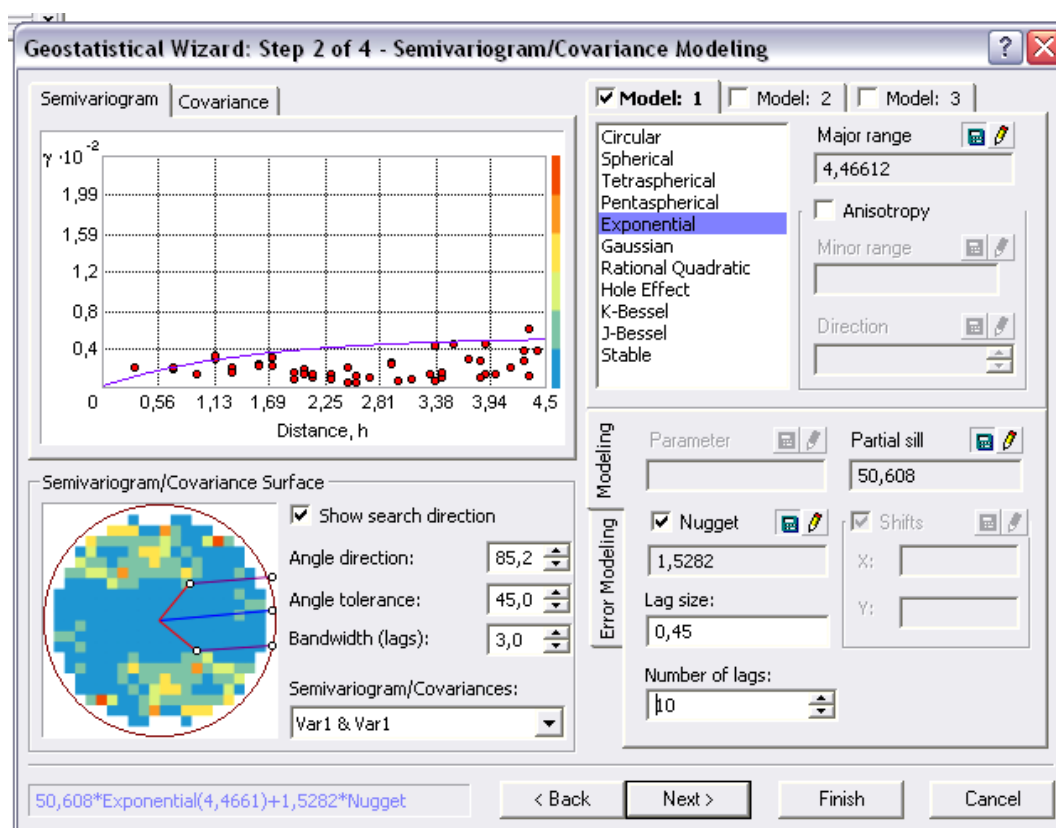
Στην παρούσα εργασία το εύρος, το κατώφλι υπολογίζονταν από μόνα τους. Όμοια και το nugget effect που ήταν πάντα ενεργό για να μην μηδενίζεται υποχρεωτικά η τιμή της ημιδιασποράς στη μηδενική απόσταση. Η τροποποίηση της διεύθυνσης ως επί το πλείστον βελτίωνε την κατάρτιση του ημιμεταβλητογράμματος επιλέγοντας μια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και είναι λογικό αφού αυτός ο άξονας χωρίζει την Ελλάδα σε διαφορετικά καθεστώτα βροχής. Μόνο στην περίπτωση του μέσου σφάλματος για τις διάρκειες 12, 24 και 48 ώρες η διεύθυνση αυτή ήταν ΝΔ-ΒΑ, σχεδόν οριζόντια. Τέλος, όσον αφορά τα διαστήματα στο άξονα των αποστάσεων, το μέγεθος τους συνήθως λαμβανόταν αυτόματα αλλά το πλήθος οριζόταν χειροκίνητα. Η τιμή του πλήθους υπολογιζόταν από τον εμπειρικό τύπο:

$\text{lag size} \times \text{lag number} \approx 1/2 \text{ ή } 1/3 \text{ της μέγιστης απόστασης στην περιοχή μελέτης}$  (Isaacs and Srivastava, 1989 από Αλεξοπούλου, 2010).

Στη παρούσα μελέτη η μεγαλύτερη απόσταση είναι  $7,5^\circ$ , οπότε ανάλογα υπολογίσαμε το πλήθος των διαστημάτων. Μια τυπική συμπλήρωση των παραπάνω παραμέτρων

για την κατάρτιση του ημιμεταβλητογράμματος, επί τόπου στο πρόγραμμα, φαίνεται στην εικόνα 5.1.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί πως το πρόγραμμα από μόνο του (by default) παίρνει για πλήθος γειτονικών σημείων (neighbors to include) μόνο 5. Και εδώ αυξήσαμε αρκετά το πλήθος 9σχεδόν όσο το πλήθος των σταθμών) για να βγουν οι χάρτες πολύ πιο ομοιόμορφοι. Τελειώνοντας σημειώνουμε πως και εδώ σε κάποιες περιπτώσεις τροποποιήθηκαν η τιμές του συντελεστή K και ο τύπος του τομέα αλλά γενικά κρατήθηκαν οι αρχικές (default) τιμές του προγράμματος.



**Εικόνα 5.1. Κατάρτιση ημιμεταβλητογράμματος για το μέσο σφάλμα μεγίστων διάρκειας 12 ωρών.**

Τέλος, αφού κατασκευάστηκαν οι επιφάνειες των σφαλμάτων για όλες τις διάρκειες μεγίστων, επιχειρήθηκε η διόρθωση των αρχικών επιφανειών των μεγίστων από τα δορυφορικά δεδομένα αφαιρώντας τη μεροληψία. Αυτό έγινε με το εργαλείο Raster Calculator κάνοντας για κάθε διάρκεια την αφαίρεση:

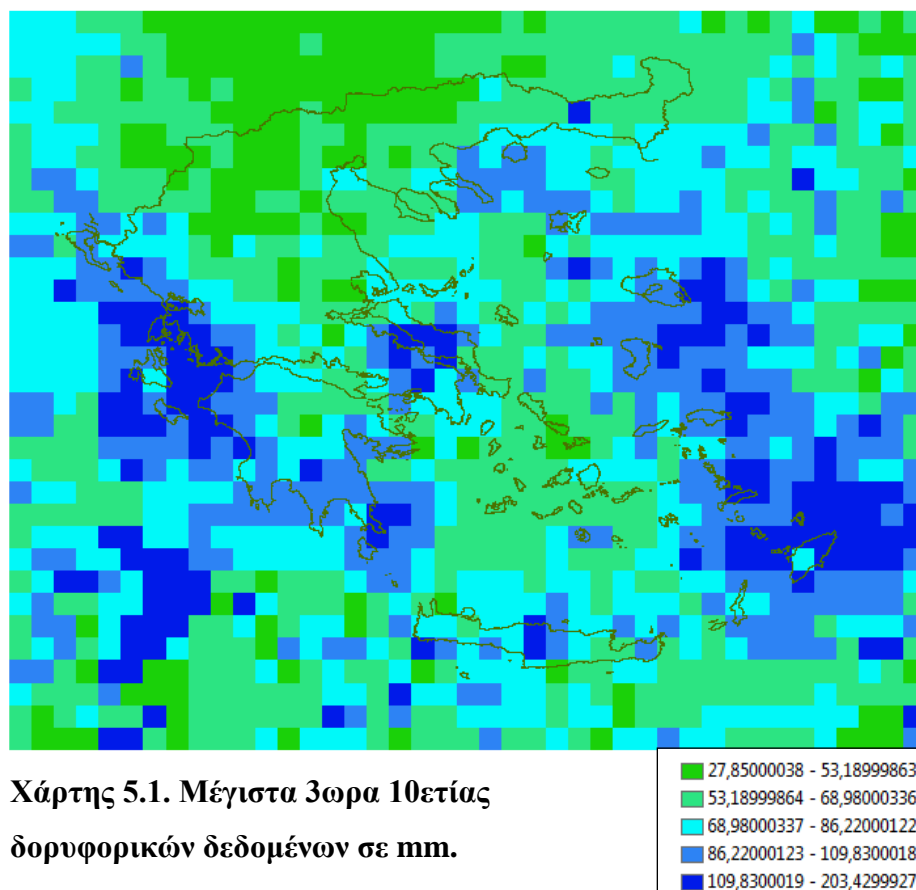
$$S' = S - Bias$$

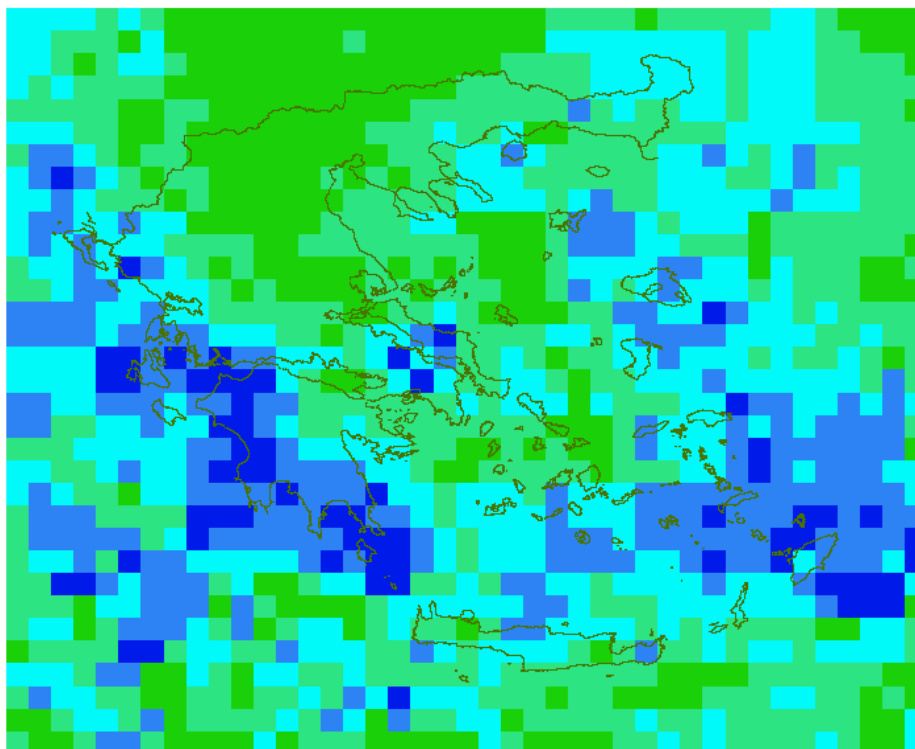


Όπου  $S'$ , η διορθωμένη επιφάνεια μεγίστων,  $S$ , η αρχική επιφάνεια μεγίστων δορυφορικών δεδομένων και  $Bias$ , η αντίστοιχη επιφάνεια σφάλματος που προήλθε με επιφανειακή ανάγωση των σημειακών σφαλμάτων στους σταθμούς της ΕΜΥ. Έτσι, στη διορθωμένη επιφάνεια, σε κάθε τυχαίο σημείο η τιμή που δίνεται είναι η αρχική πλην την τιμή που δόθηκε στο ίδιο τυχαίο σημείο από την επιφανειακή αναγωγή του σφάλματος. Τελικώς, στο εδάφιο 5.3 παρουσιάζονται οι τελικοί (διορθωμένοι) χάρτες δορυφορικών μεγίστων (5.17-5.21) για την 10ετία και 5ετία για τις διάρκειες 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών.

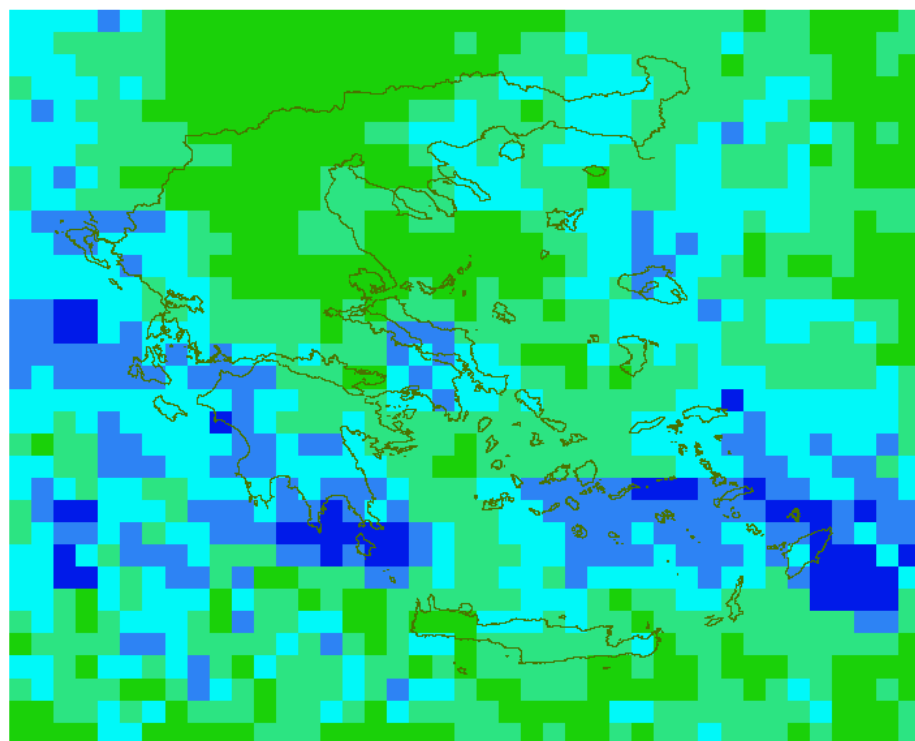
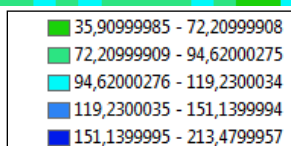
### 5.3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΧΑΡΤΩΝ

Στο παρόν εδάφιο απλά παρατίθενται οι κυριότεροι χάρτες (δορυφορικά και επίγεια μεγέθη 10ετίας, σφάλματα 10ετίας και τελικοί-διορθωμένοι χάρτες δορυφορικών δεδομένων 10ετίας). Η σειρά που παρουσιάζονται είναι και ουσιαστικά η σειρά με την οποία συμμετέχουν στις πράξεις μέσω των οποίων προκύπτουν οι τελικοί διορθωμένοι χάρτες των δορυφορικών δεδομένων (χάρτες 5.17 με 5.21) Οι υπόλοιποι χάρτες παρατίθενται στο παράρτημα Γ. Ο σχολιασμός των χαρτών (όχι μόνο αυτών που παρουσιάζονται εδώ) γίνεται στο κεφάλαιο 6 και συγκεκριμένα στο εδάφιο 6.2.

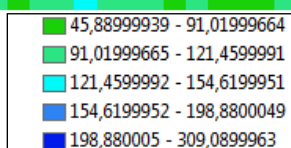


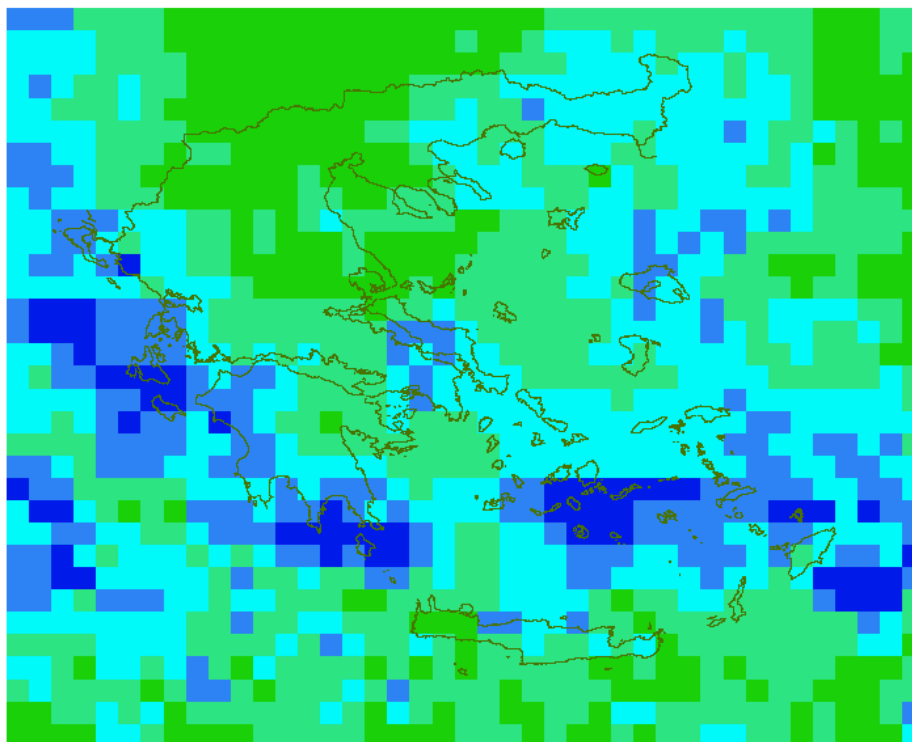


**Χάρτης 5.2. Μέγιστα 6ωρα 10ετίας  
δορυφορικών δεδομένων σε mm**

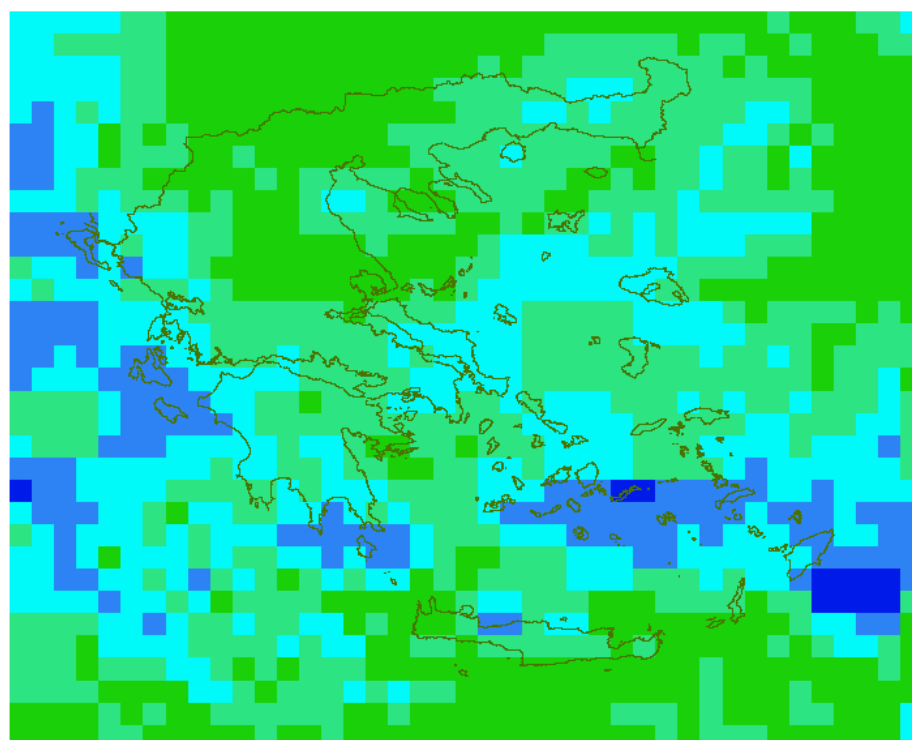
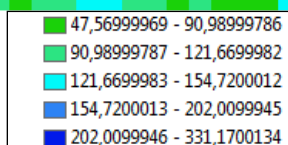


**Χάρτης 5.3. Μέγιστα 12ωρα 10ετίας  
δορυφορικών δεδομένων σε mm**

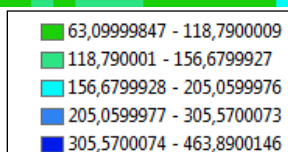


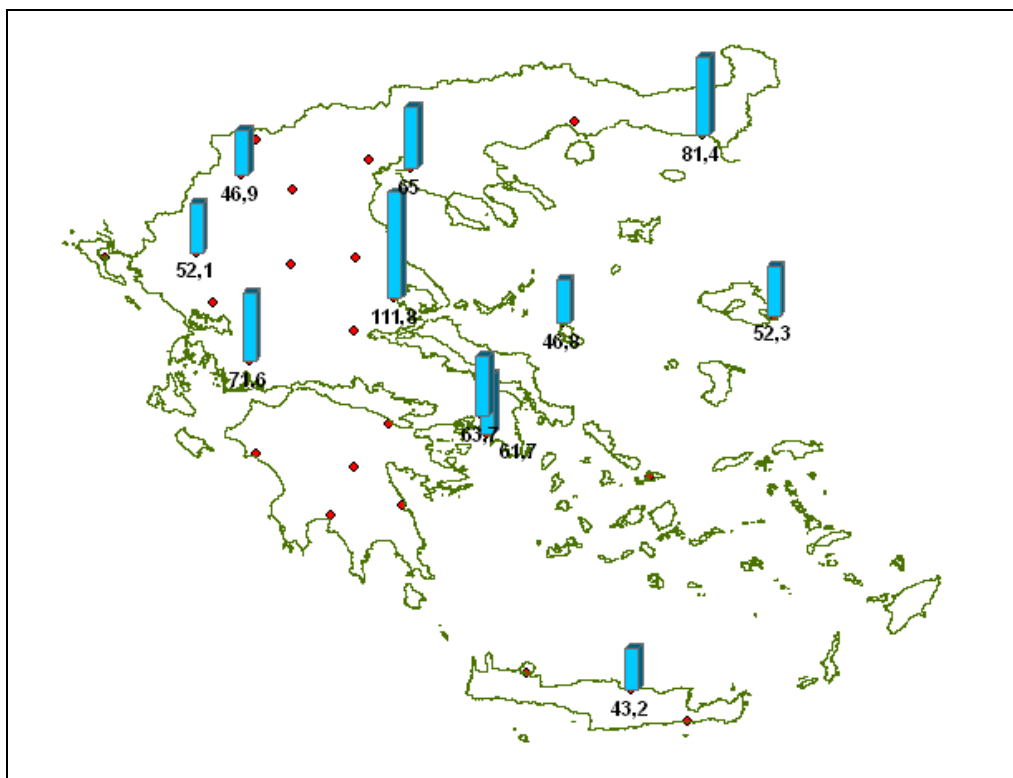


**Χάρτης 5.4. Μέγιστα 24ωρα 10ετίας  
δορυφορικών δεδομένων σε mm**

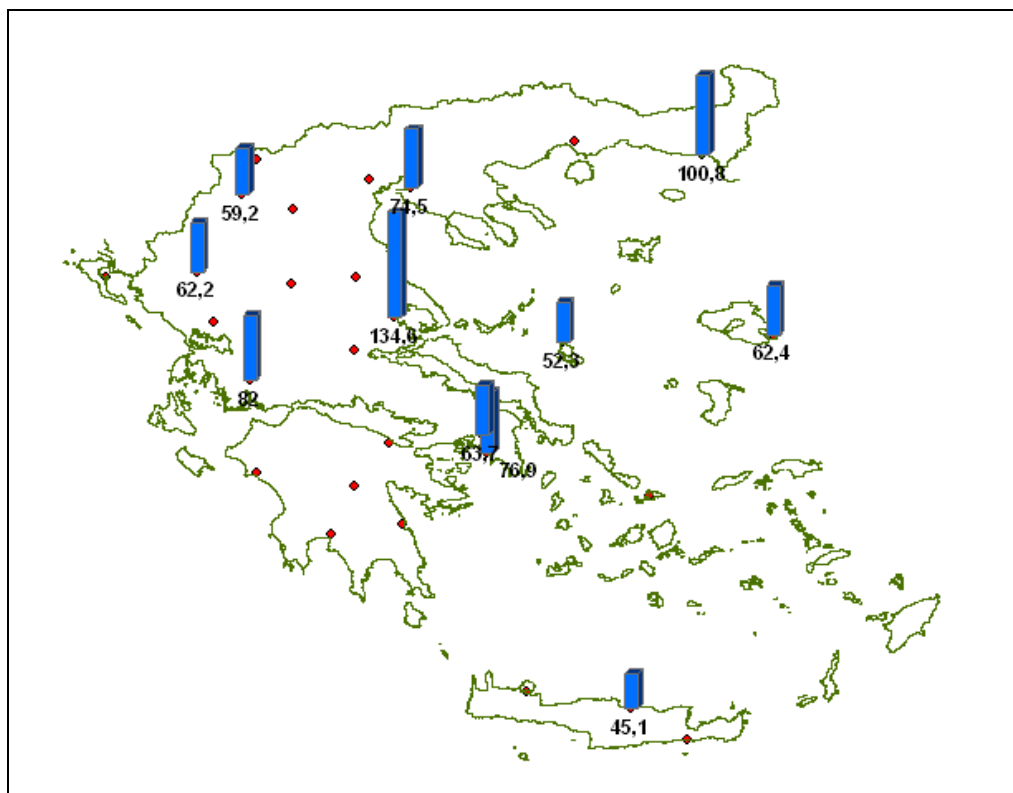


**Χάρτης 5.5. Μέγιστα 48ωρα 10ετίας  
δορυφορικών δεδομένων σε mm**

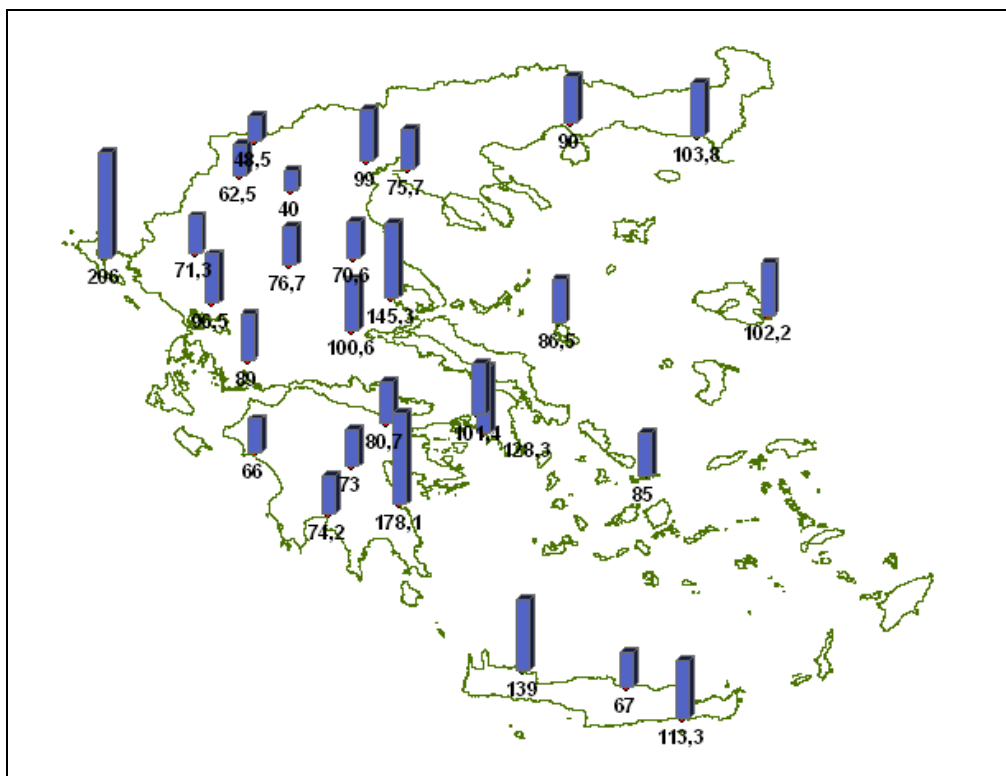




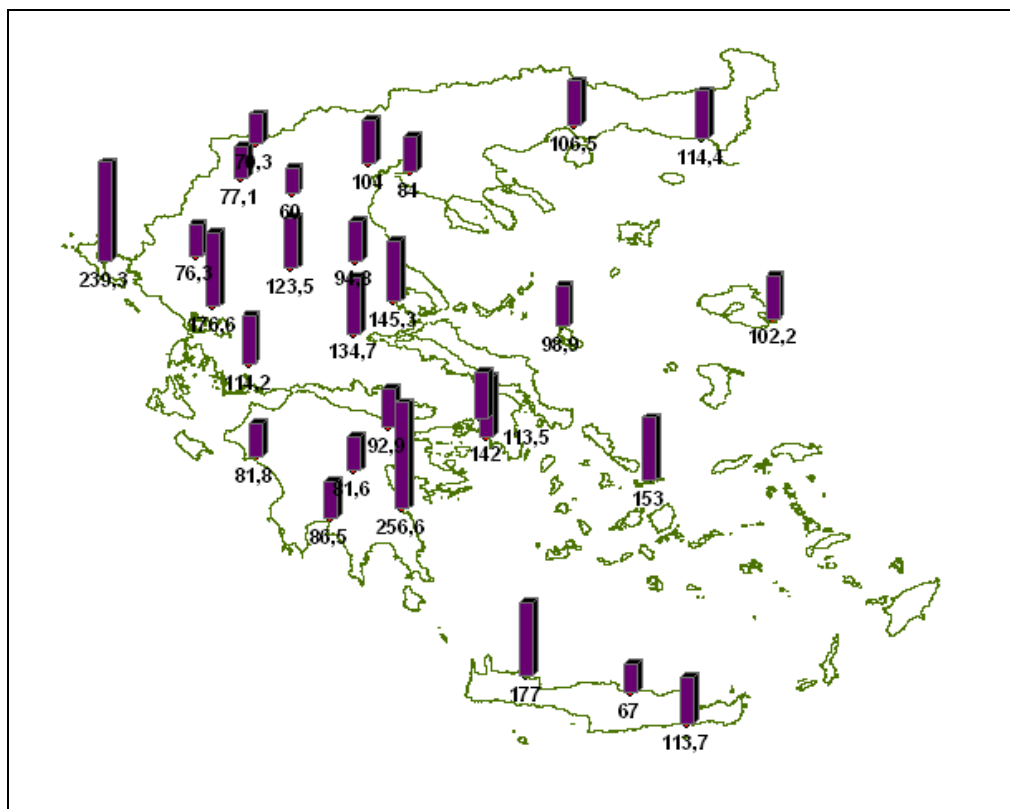
**Χάρτης 5.6. Μέγιστα 3ωρα 10ετίας επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)**



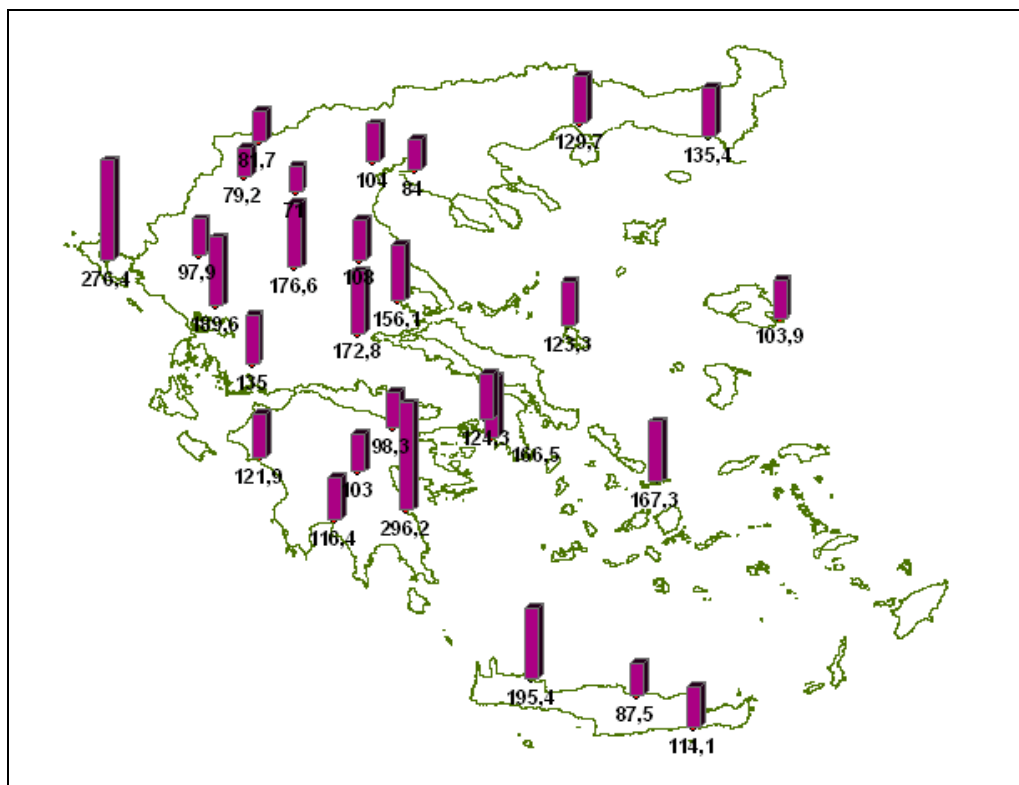
**Χάρτης 5.7. Μέγιστα 6ωρα 10ετίας επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)**



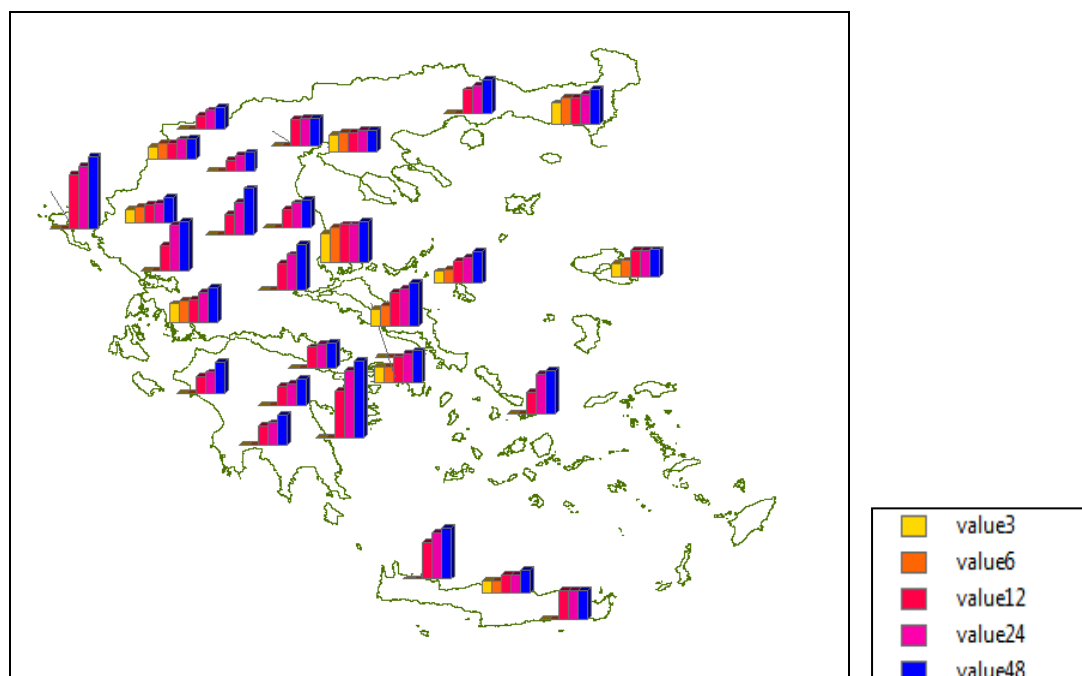
**Χάρτης 5.8. Μέγιστα 12ωρα 10ετίας επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)**



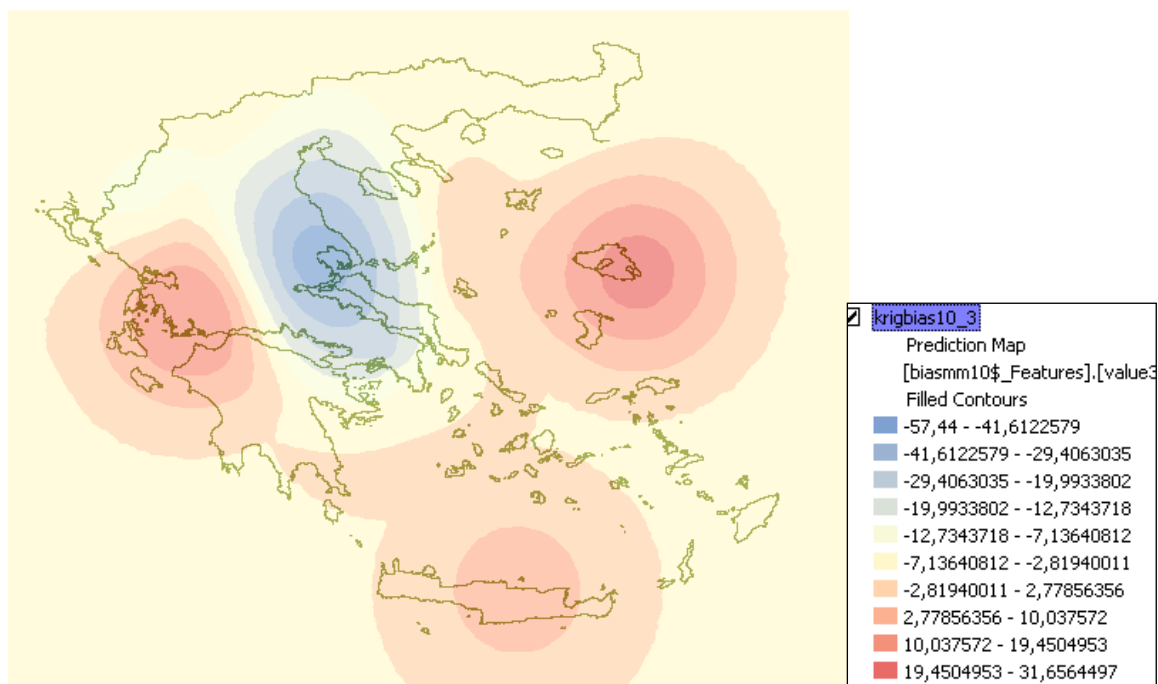
**Χάρτης 5.9. Μέγιστα 24ωρα 10ετίας επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)**



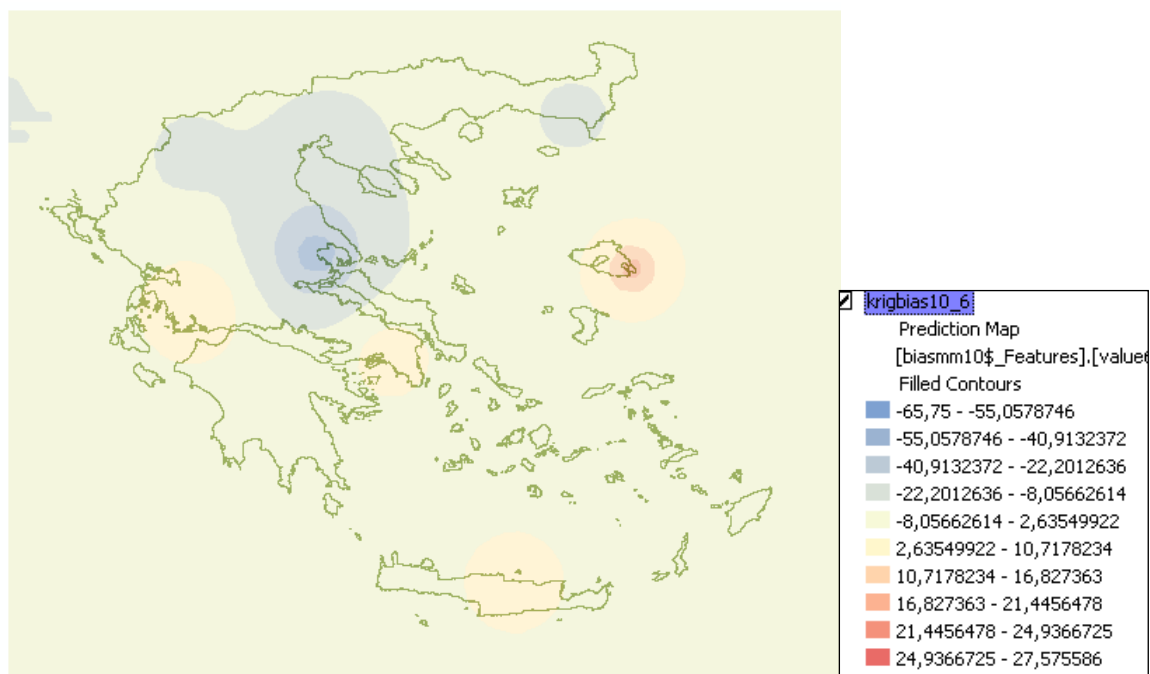
**Χάρτης 5.10. Μέγιστα 48ωρα 10ετίας επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών EMY)**



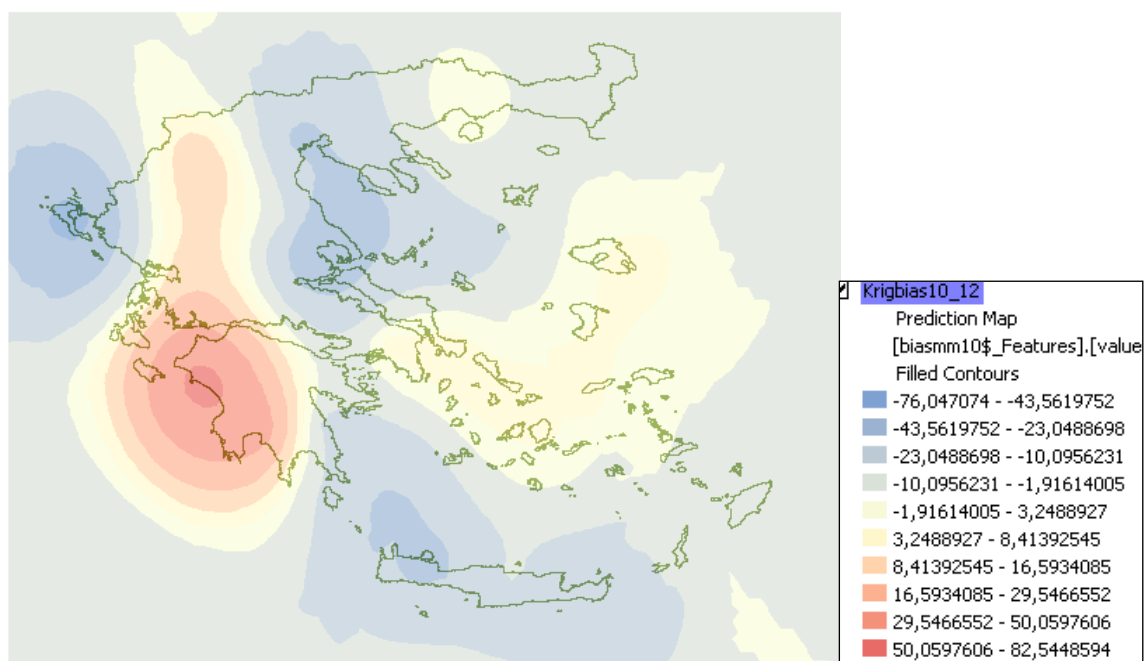
**Χάρτης 5.11. Σχηματική απεικόνιση μεγίστων 10ετίας για την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών EMY όπου φαίνεται η σχέση των μεγίστων στις διάφορες διάρκειες (value 3 για τις 3, value 6 για τις 6, value 12 για τις 12, value 24 για τις 24 και value 48 για τις 48 ώρες)**



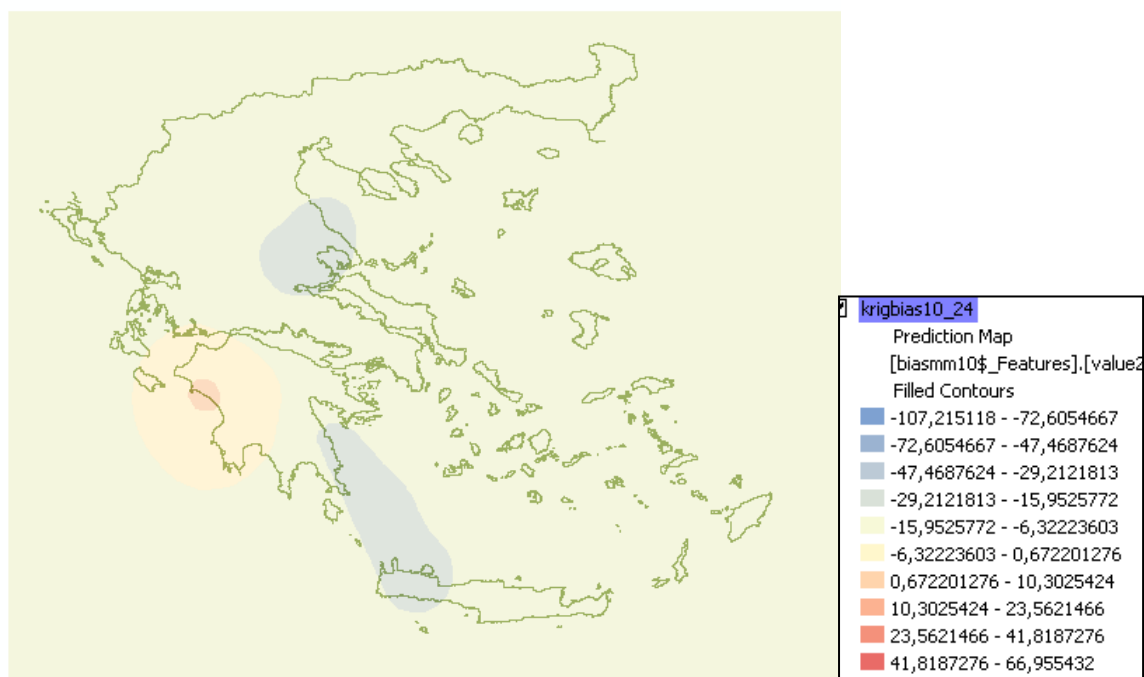
**Χάρτης 5.12. Χάρτης μεροληψίας μεγίστων 3 ωρών 10ετίας σε mm**



**Χάρτης 5.13. Χάρτης μεροληψίας μεγίστων 6 ωρών 10ετίας σε mm**

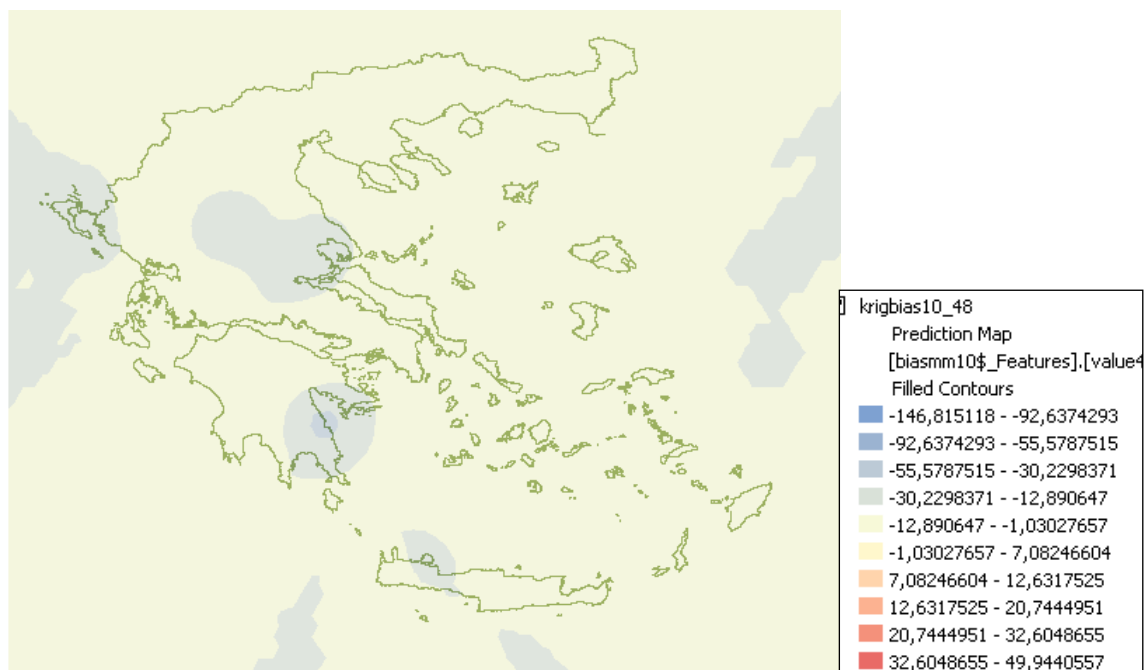


**Χάρτης 5.14. Χάρτης μεροληψίας μεγίστων 12 ωρών 10ετίας σε mm**

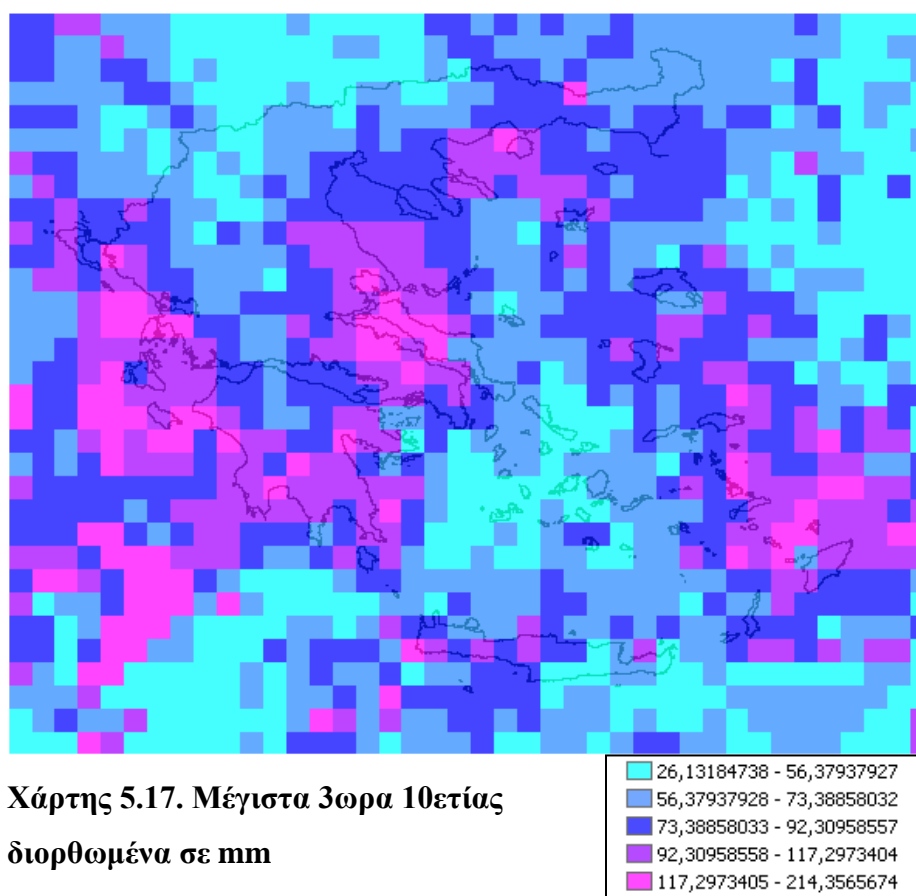


**Χάρτης 5.15. Χάρτης μεροληψίας μεγίστων 24 ωρών 10ετίας σε mm**

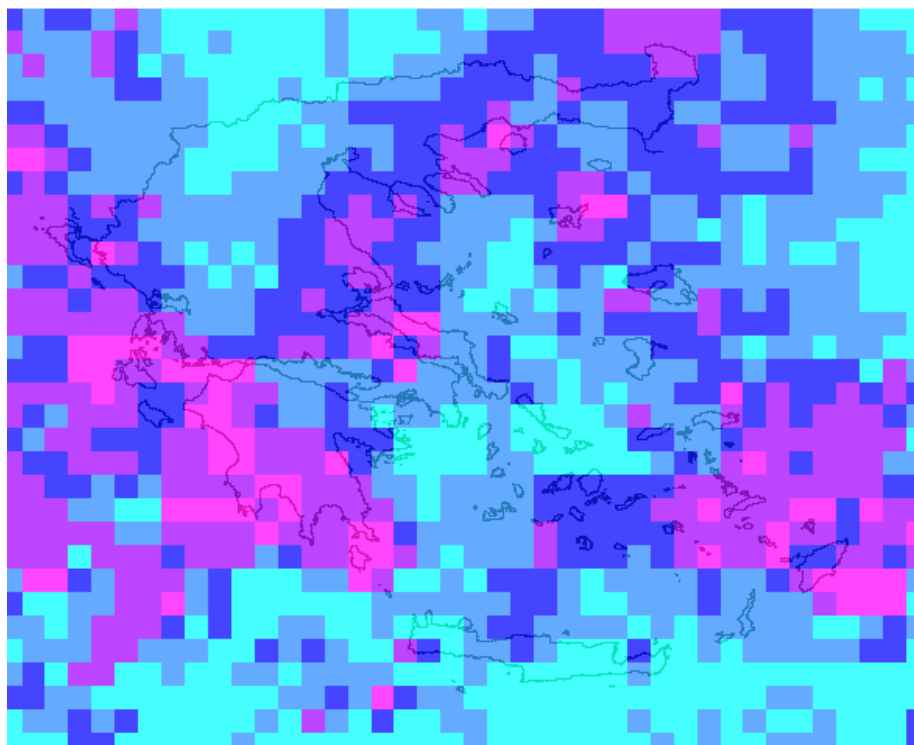




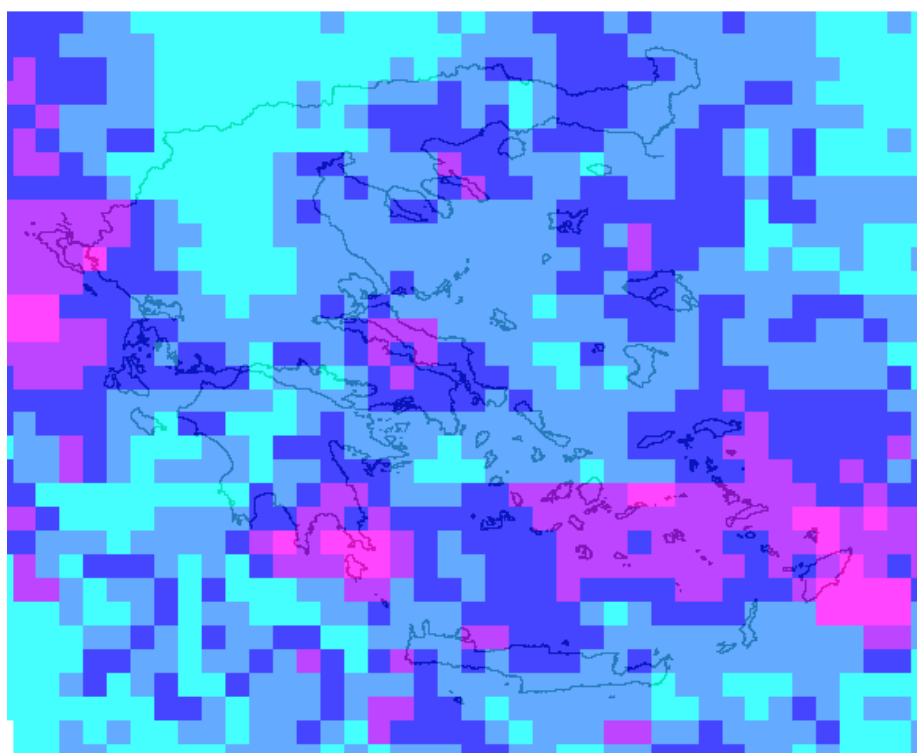
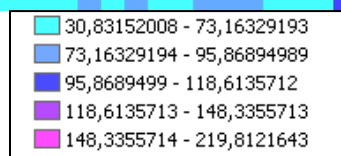
**Χάρτης 5.16. Χάρτης μεροληψίας μεγίστων 48 ωρών 10ετίας σε mm**



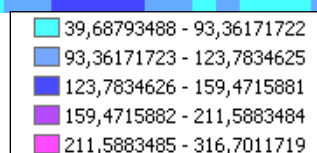
**Χάρτης 5.17. Μέγιστα 3ωρα 10ετίας διορθωμένα σε mm**

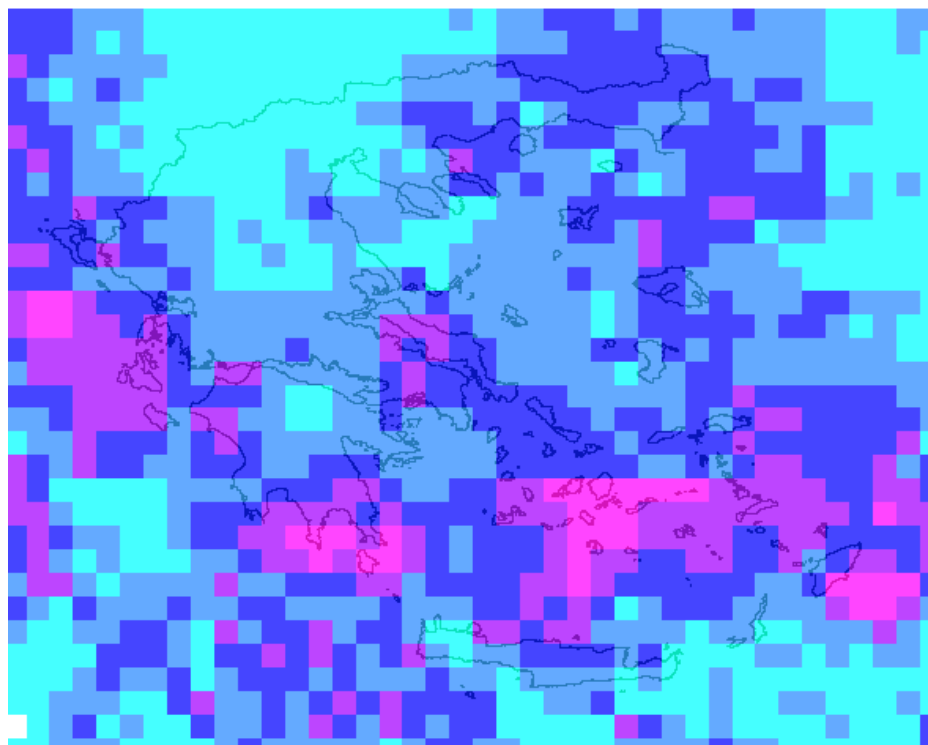


**Χάρτης 5.18. Μέγιστα βωρα 10ετίας  
διορθωμένα σε mm**



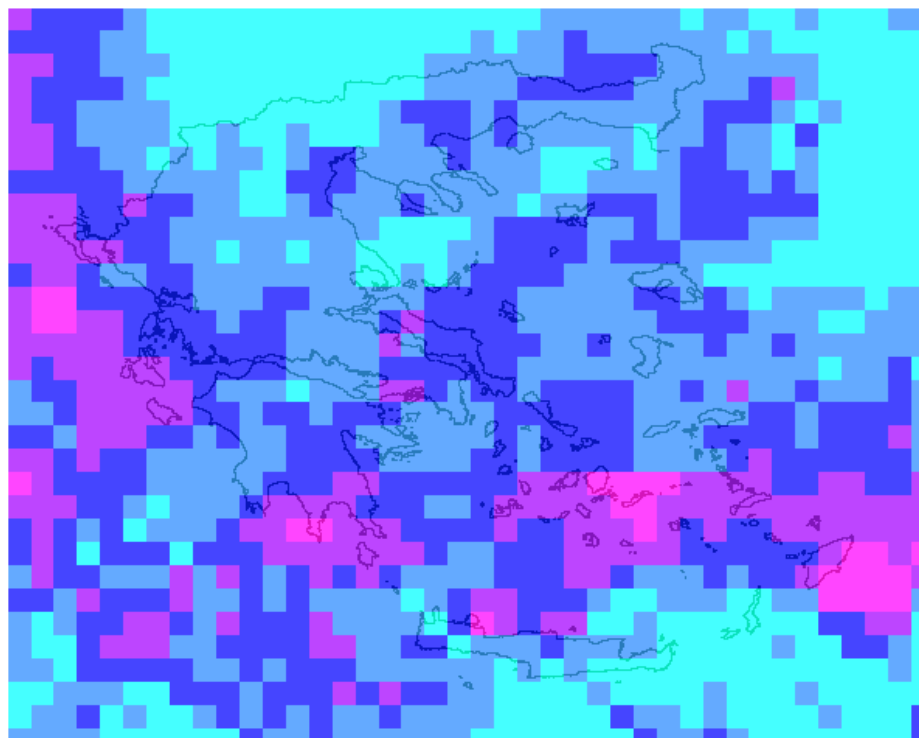
**Χάρτης 5.19. Μέγιστα 12ωρα 10ετίας  
διορθωμένα σε mm**





**Χάρτης 5.20. Μέγιστα 24ωρα 10ετίας  
διορθωμένα σε mm**

51,46129608 - 104,1890106
104,1890107 - 135,6311798
135,6311799 - 169,8183899
169,81839 - 223,2632294
223,2632295 - 334,2217102



**Χάρτης 5.21. Μέγιστα 48ωρα 10ετίας  
διορθωμένα σε mm**

62,77905273 - 116,4782791
116,4782792 - 153,3253479
153,325348 - 197,1572418
197,1572419 - 273,5150757
273,5150758 - 460,0700073



## **6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

### **6.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ – ΣΧΟΛΙΑ**

Το παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται όχι τόσο στην αριθμητική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των υπολογισμών αλλά στην αναφορά των κυριοτέρων σημείων αυτών και στο σχολιασμό τους. Αυτό λόγω του τεράστιου πλήθους τους, η παρουσίαση των οποίων θα κούραζε εξαιρετικά τον αναγνώστη. Η αυστηρή αριθμητική παρουσίαση γίνεται στο παράρτημα για τον κάθε σταθμό χωριστά αλλά υπάρχουν και συγκεντρωτικοί πίνακες για διάφορους (κοινούς) συντελεστές και τιμές μεγίστων και σφαλμάτων, ώστε να υπάρχει μια εποπτική εικόνα για την απόδοση των συγκρίσεων όλων των σταθμών.

Αρχικά, στο κεφάλαιο 4, όπου κάναμε την περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, αναφέραμε πως η αξιολόγηση των δορυφορικών δεδομένων γίνεται σε 3 στάδια. Στο 1<sup>ο</sup> στάδιο γίνεται η αυστηρή μαθηματική σύγκριση των δεδομένων με συντελεστές αποδοτικότητας κ.α. Στο 2<sup>ο</sup> στάδιο έγινε σύγκριση μόνο των μεγίστων τιμών και συγκρίθηκαν οι πιθανοτικές κατανομές μεγίστων των δορυφορικών και επιγείων δεδομένων και στο 3<sup>ο</sup> στάδιο ελέγχθηκε κατά πόσο προσομοιώνεται η συμπεριφορά των ακραίων επεισοδίων βροχής (συχνότητα κ.α.) στο χώρο και το ποσοστό τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων μετά σχολίων στο παρόν κεφάλαιο θα ακολουθήσει την ίδια ακριβώς σειρά. Το 3<sup>ο</sup> μέρος αξιολόγησης ειδικά, καθώς είναι πιο γενικό, θα εξεταστεί σε ξεχωριστό εδάφιο (εδάφιο 6.2), στο οποίο θα σχολιαστούν και οι χάρτες του προηγούμενου κεφαλαίου, κάτι το οποίο είναι απαραίτητο για την εξέταση του αν προσομοιώνονται τα καθεστώτα βροχής και οι γενικές συμπεριφορές ακραίων βροχών στο χώρο.

Ξεκινώντας με το 1<sup>ο</sup> μέρος αξιολόγησης, αρχικά θα αναφερθούμε στους σταθμούς της ΕΜΥ της 1<sup>ης</sup> ομάδας, για τους οποίους έγιναν 2 συγκρίσεις, η μία στη χρονική κλίμακα των 3 ωρών και η δεύτερη των 24. Σύμφωνα με την σύγκριση των 3 ωρών, τα δορυφορικά δεδομένα φάνηκαν τελείως αναξιόπιστα καθώς δεν προσομοίωναν τα τρία βροχόπτωσης ούτε σε ένταση αλλά ούτε και στο χρόνο που συνέβαιναν.

Αν και χρησιμοποιήσαμε μέθοδο βέλτιστης παρεμβολής, τα αποτελέσματα δεν είναι καθόλου ενθαρρυντικά. Μην ξεχνούμε πως τα δορυφορικά δεδομένα είναι

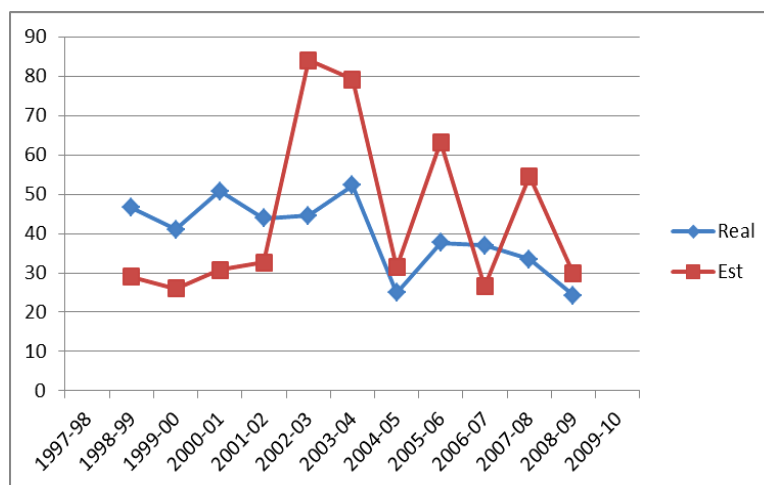
επιφανειακά, δηλαδή η τιμή στο κάθε σημείο του κάνναβου (grid point) είναι η μέση επιφανειακή τετραγωνικής επιφάνειας πλευράς  $0,25^\circ$ . Συνεπώς, όταν κάποιος σταθμός βρισκόταν μέσα σε μια τετραγωνική επιφάνεια τότε θα έπρεπε τα στοιχεία του να συγκριθούν απευθείας με αυτά του αντίστοιχου grid point. Τότε όμως τα πράγματα θα ήταν πολύ χειρότερα, όπως προέκυψε από την παρούσα μελέτη, καθώς σε κάθε σταθμό δοκιμαζόταν πρώτα αυτή η μέθοδος και μετά η μέθοδος της παρεμβολής των 4 γειτονικών grid points. Υπενθυμίζουμε πως ο υπολογισμός της εκτιμήτριας έγινε έτσι ώστε να έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα ως προς τις τιμές μεγίστων στα οποία επικεντρώνει και αυτή η εργασία.

Ξεκινώντας να μιλάμε με αριθμούς, και στους 12 σταθμούς η μεροληψία των μέσων όρων ήταν μονίμως αρνητική, δηλαδή υπήρχε μια υποεκτίμηση των μέσων όρων από 40 μέχρι και 80% (βλ παράρτημα Α). Αυτό προκύπτει καθώς οι δορυφορικές μετρήσεις αγνοούν συστηματικά τις τιμές των τριώρων με μικρό ύψος βροχής. Αυτό αναφέρεται σε πολλές άλλες έρευνες (Φωτόπουλος, 2011, Han et al, 2011). Στην παρούσα μελέτη αυτό που παρατηρήθηκε πολλάκις είναι πως η χρονοσειρά των δορυφορικών δεδομένων χαρακτηρίζεται από πάρα πολλά «μηδενικά», πράγμα που ρίχνει κατά πολύ το μέσο όρο, και ξαφνικά σε κάποιο τρίωρο δίνει μια μεγάλη τιμή έτσι ώστε να εξισορροπήσει κάπως το συνολικό ύψος του επεισοδίου. Γι' αυτό και σε πολλές περιπτώσεις είχαμε πολύ ψηλότερα μέγιστα από αυτά των επιγείων δεδομένων (βλ σχήμα 6.1). Για τα μέγιστα όμως ειδικά θα μιλήσουμε παρακάτω.

Αξίζει να υπενθυμίσουμε πως στη σύγκριση των τριώρων, συγκρίναμε μόνο κάποιες μέρες (10 ανά έτος) στις οποίες είχαμε και τα υψηλότερα ύψη υετού. Συνεπώς και τα δορυφορικά δεδομένα, στα περισσότερα τρίωρα των ημερών αυτών δεν θα έπρεπε να δίνουν μηδενικές τιμές. Αντίθετα, σε πολλούς σταθμούς (Αλεξανδρούπολη, Αγρίνιο κ.α.) σε ολόκληρες ημέρες με ψηλά ύψη βροχής (σύμφωνα με τα επίγεια δεδομένα) ο δορυφόρος έδινε μόνο μηδέν. Πιθανώς να έδινε ύψος βροχής σε άλλη μέρα, μπορεί κοντινή μπορεί και όχι, από αυτό και μόνο όμως προκύπτει πως η προσομοίωση των τιμών τουλάχιστον χρονικά είναι πολύ κακή.

Επίσης, σε περιπτώσεις τριώρων με πολύ ψηλές τιμές, σύμφωνα με τα επίγεια δεδομένα, ο δορυφόρος συνήθως τις υποεκτιμούσε. Και αυτό έχει παρατηρηθεί σε πολλές έρευνες (Han et al, 2011, Santos et al, 2009, Nair et al, 2009) ωστόσο αυτό που παρατηρήθηκε κυρίως εδώ ήταν η σοβαρή υποεκτίμηση στη διάρκεια. Δηλαδή μπορεί να είχαμε ένα επεισόδιο διάρκειας 9 ωρών και ο δορυφόρος να δίνει βροχή

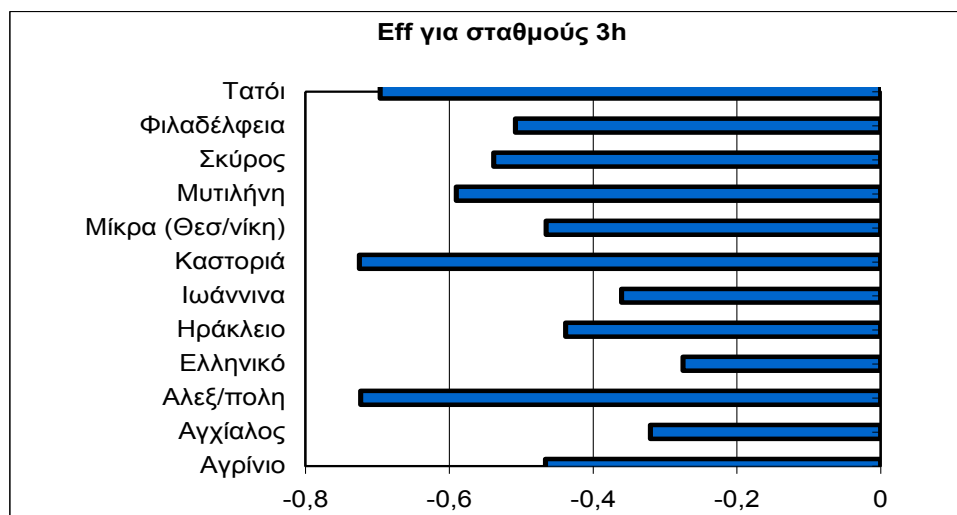
μόνο στο ένα τρίωρο (και μπορεί πιο έντονη από αυτή που δίνουν τα επίγεια δεδομένα στο αντίστοιχο τρίωρο).



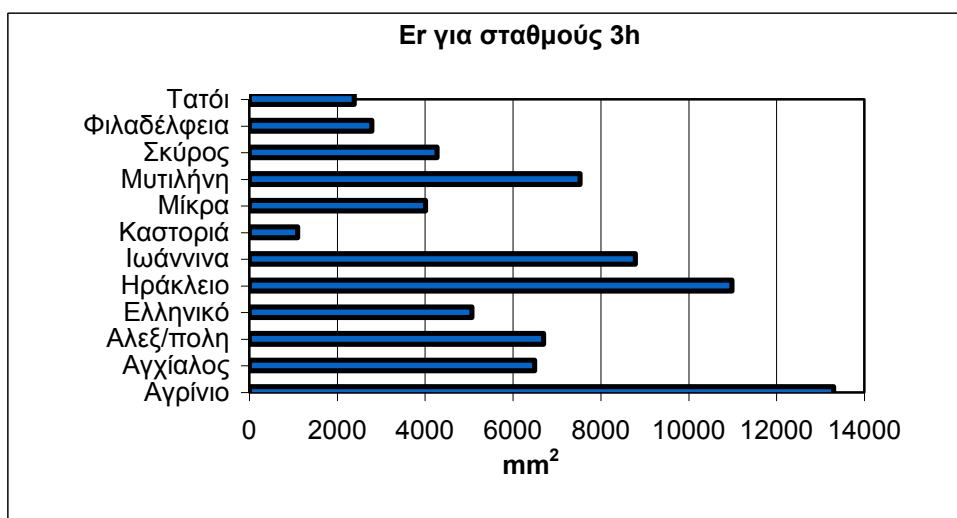
**Σχήμα 6.1. Σοβαρή υπερεκτίμηση μεγίστων από τα δορυφορικά δεδομένα (Est) στο σταθμό Μυτιλήνης στα ετήσια μέγιστα 3 ωρών σε mm.**

Η υποεκτίμηση έντονων βροχών είναι λογικό να συμβαίνει καθώς ο δορυφόρος εκτιμά το κατακρημνίσσιμο νερό μετρώντας ουσιαστικά την ανακλαστικότητα των νεφών. Το νερό που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους είναι πολύ περισσότερο από το κατακρημνίσσιμο (ή το ισοδύναμο υδρατμών) νερό που μετρείται από τους κορεσμένους υδρατμούς των νεφών. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ένα νέφος με κατακόρυφη ανάπτυξη 10 km περιέχει ισοδύναμο νερό που μπορεί να δώσει βροχή ύψους 5 mm! (Dingman, 1994 από Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999). Συνεπώς, για αν υπάρξουν βροχές με μεγαλύτερα ύψη πρέπει να υπάρχει συνεχής τροφοδοσία με υδρατμούς (Κουτσογιάννης, 1999, Chow et al, 1988). Ο ρυθμός αυτός τροφοδοσίας είναι πολύ δύσκολο να προσομοιωθεί ειδικά σε πολύ λεπτή χρονική κλίμακα και γι' αυτό τα δορυφορικά δεδομένα, τουλάχιστον με την παρούσα τεχνολογία, δεν διατίθενται σε μικρότερη χρονική κλίμακα από τις 3 ώρες. Επίσης, αυτός είναι και ο λόγος που τα δορυφορικά δεδομένα απαιτούν διόρθωση (“καλιμπράρισμα”) από επίγειες μετρήσεις για να έχουν καλή αξιοπιστία.

Πέρα από τα παραπάνω που είναι γενικά συμπεράσματα, για να γίνουμε και πιο σαφείς, παρακάτω παραθέτουμε για όλους τους σταθμούς της EMY από την 1<sup>η</sup> ομάδα, τους συντελεστές αποδοτικότητας Eff (σχήμα 6.2), τις τιμές συνάρτησης σφάλματος Er (σχήμα 6.3), τους συντελεστές ετεροσυσχέτισης R (σχήμα 6.4) και τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα μεγίστων τιμών MSE (σχήμα 6.8)



**Σχήμα 6.2.** Τιμές αποδοτικότητας Eff για τους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας και τη σύγκριση των 3 ωρών.

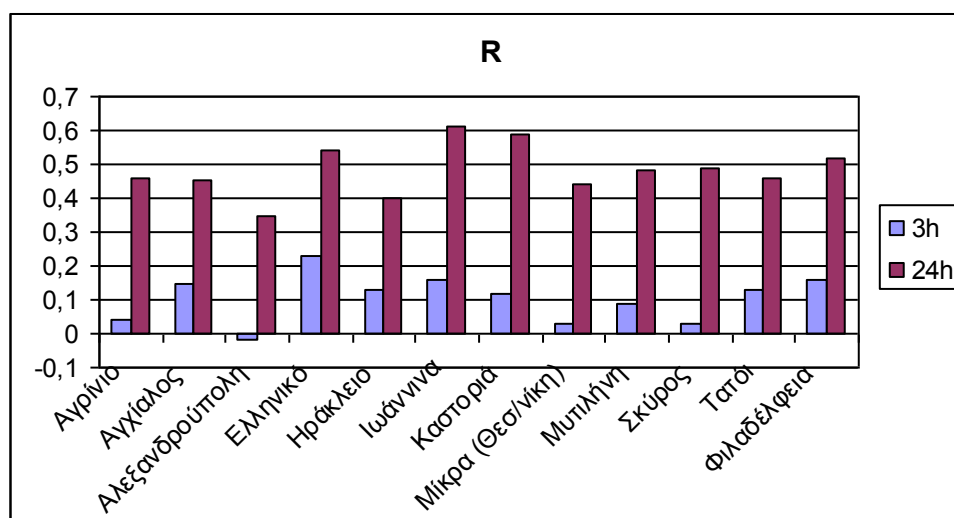


**Σχήμα 6.3.** Τιμές συνάρτησης σφάλματος Er για τους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας και τη σύγκριση των 3 ωρών.

Όπως προκύπτει και από τα διαγράμματα, τα δορυφορικά δεδομένα αδυνατούν να προσομοιώσουν ικανοποιητικά τα ύψη βροχής. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής αποδοτικότητας Eff (συντελεστής Nash – Sutcliffe) είναι παντού αρνητικός πράγμα που σημαίνει πως ο απλός μέσος όρος είναι καλύτερη εκτίμηση (Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2010, Moriasi et al, 2007). Επίσης, η τιμή της συνάρτησης σφάλματος Er είναι παντού, εκτός του σταθμού της Καστοριάς, μεγαλύτερη από 2000 mm<sup>2</sup> πράγμα που δείχνει πως έχουμε μεγάλη απόκλιση στην εκτίμηση του μέσου όρου (άρα η εκτίμηση δεν είναι αμερόληπτη) και της τυπικής



απόκλισης. Όσον αφορά την τιμή του συντελεστή (ετερο)συσχέτισης R (coefficient of correlation) σε λίγες περιπτώσεις ξεπερνά το 0,1 και μόνο στην περίπτωση του Ελληνικού ξεπερνά οριακά το 0,2. Πάντως, γενικά στο Ελληνικό και στους άλλους σταθμούς της Αττικής, τα δορυφορικά δεδομένα έχουν πολύ καλές επιδόσεις (βλ παράρτημα Α, διαγράμματα χρονοσειρών ετήσιων μεγίστων 3 και 24 ωρών για σταθμούς Ελληνικού και Φιλαδέλφειας), πράγμα που εξηγείται από το γεγονός ότι στην περιοχή μάλλον υπάρχει επίγειος σταθμός που συμμετέχει στην διόρθωση των δορυφορικών δεδομένων. Παρόλα αυτά επισημαίνεται πως σε όλους τους σταθμούς, οι τιμές των συντελεστών είναι παρόμοιες (π.χ το Eff είναι μεταξύ -1 και 0) πράγμα που δείχνει μια συνέπεια στα δορυφορικά δεδομένα. Επίσης, αξίζει να αναφέρουμε πως όλοι οι συντελεστές είναι πολύ καλύτεροι στη σύγκριση των 24 ωρών κάτι που θα εξετάσουμε αμέσως παρακάτω.

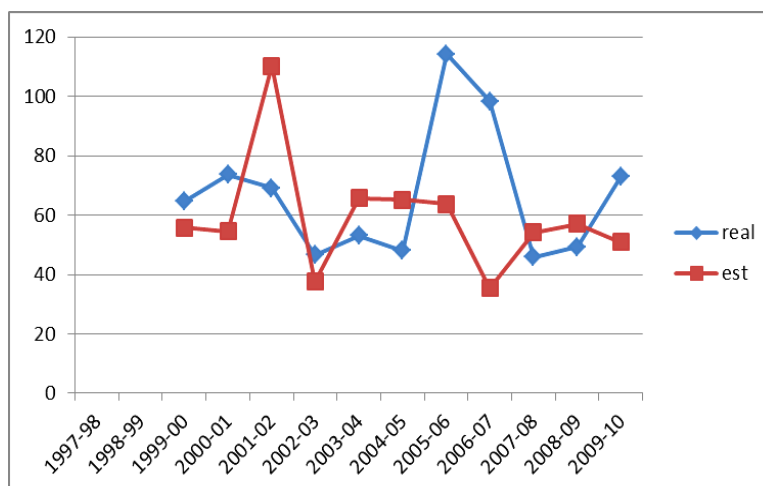


**Σχήμα 6.4. Τιμές συντελεστή ετεροσυσχέτισης R για τους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας και τη σύγκριση των 3 και των 24 ωρών.**

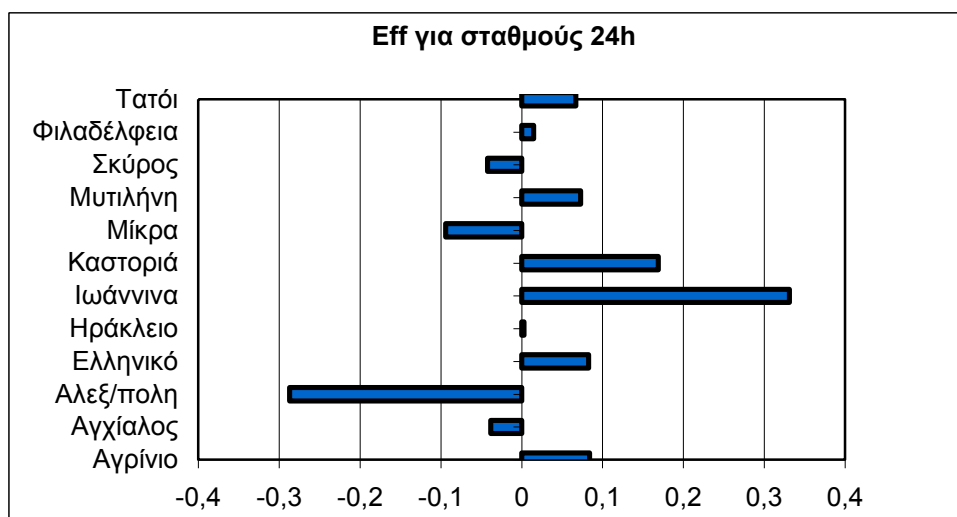
Παραμένουμε στην πρώτη ομάδα σταθμών και συνεχίζουμε στην σύγκριση των 24 ωρών. Εδώ τα πράγματα είναι πολύ καλύτερα καθώς οι 2 χρονοσειρές (των επιγείων δεδομένων-πραγματική και των δορυφορικών-η εκτιμημένη από την παρεμβολή) συγκρίνονται σε όλο το μήκος τους στην περίοδο 1/1/1998 μέχρι 31/5/2010 σε ημερήσια χρονική κλίμακα. Και εδώ βέβαια υπήρξαν τα ίδια προβλήματα, αλλά σε μικρότερη κλίμακα. Έτσι, τα δορυφορικά δεδομένα αγνοούν πλήρως τις ημέρες με πολύ μικρά ύψη βροχής, στις οποίες ο δορυφόρος δίνει μηδενική τιμή. Επίσης, σε πολλές ημέρες με μεγάλο ύψος βροχής υπάρχει σοβαρή

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

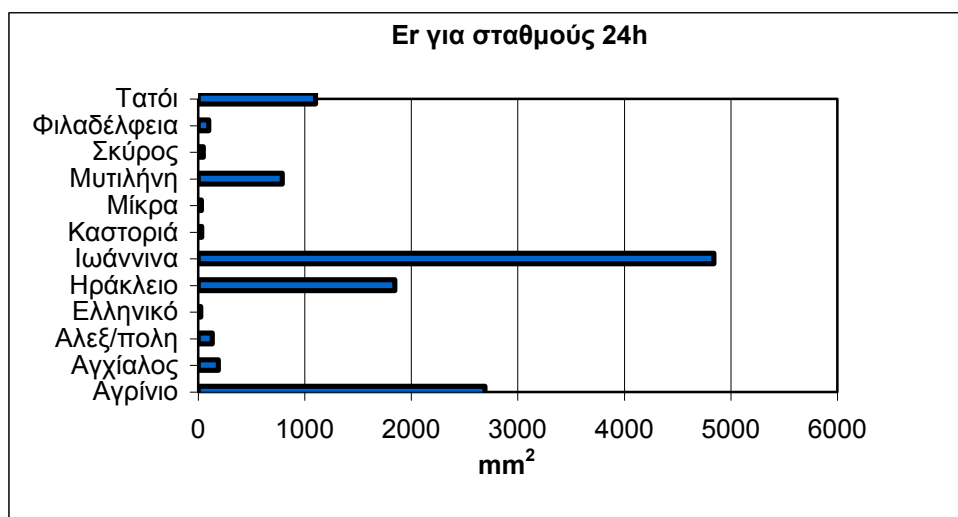
υποεκτίμηση και σε κάποιο άλλο χρονικό σημείο μπορεί να υπάρχει υπερεκτίμηση (λόγω διόρθωσης με επίγεια δεδομένα). Κάτω από αυτές τις συνθήκες, τα αντίστοιχα μέγιστα, δηλαδή των επιγείων δεδομένων και των δορυφορικών, συνήθως δεν συμπίπτουν χρονικά παρόλο που μπορεί οι τιμές τους να είναι πολύ κοντά και πολλές φορές μάλιστα μπορεί να μεσολαβεί πολύς χρόνος ανάμεσά τους, μέχρι και έτη, όπως συμβαίνει στο σχήμα 6.5, στο σταθμό Αγρινίου, όπου τα μέγιστα 24ωρα (10ετίας) είναι παραπλήσια στις τιμές αλλά συμβαίνουν σε άλλο υδρολογικό έτος!



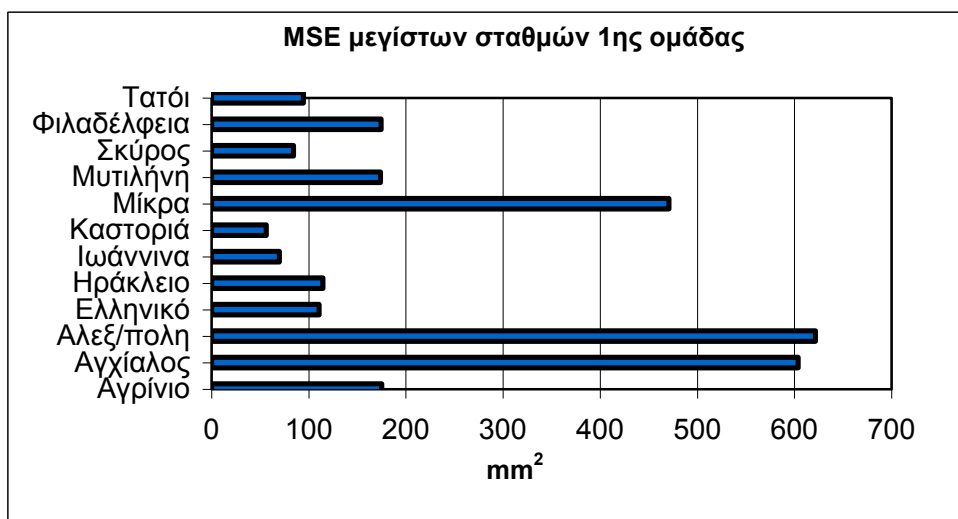
**Σχήμα 6.5. Χρονική ασυμφωνία των μέγιστων 24 ωρών 10ετίας (σε mm) στο σταθμό Αγρινίου παρά το γεγονός ότι οι τιμές τους είναι πολύ κοντά.**



**Σχήμα 6.6. Τιμές αποδοτικότητας Eff για τους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας και τη σύγκριση των 24 ωρών.**



**Σχήμα 6.7. Τιμές συνάρτησης σφάλματος Er για τους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας και τη σύγκριση των 24 ωρών.**



**Σχήμα 6.8. Μέσα τετραγωνικά σφάλματα μεγίστων (MSE) για τους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας**

Από τα σχήματα 6.4, 6.6 και 6.7 είναι εμφανές αυτό που αναφέραμε προηγουμένως, πως τα δορυφορικά δεδομένα στη σύγκριση της 24ωρης κλίμακας έχουν πολύ καλύτερες επιδόσεις. Πιο συγκεκριμένα στο σχήμα 6.4 οι συντελεστές συσχέτισης είναι της τάξης του 0,5 πράγμα που δείχνει πολύ καλύτερη συσχέτιση από τη σύγκριση των 3 ωρών όπου μετά βίας ο συντελεστής πέρασε το 0,1. Σε ό,τι αφορά τον συντελεστή αποδοτικότητας Eff αυτός στους μισούς και πλέον σταθμούς είναι θετικός (καλύτερη εκτιμήτρια από το μέσο όρο) και η τιμή της συνάρτησης

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

σφάλματος Er στους μισούς σταθμούς είναι της τάξης των  $100 \text{ mm}^2$  ή και χαμηλότερα και παντού, εκτός του Αγρινίου και των Ιωαννίνων, είναι χαμηλότερη των  $2000 \text{ mm}^2$ .

Σχετικά με το μέσο τετραγωνικό σφάλμα των μεγίστων τιμών, αυτές οι τιμές ήταν οι χαμηλότερες που μπορέσαμε να βρούμε μετά από πολλές (πάρα πολλές!) δοκιμές βελτιστοποιήσεων. Πουθενά η τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος δεν ξεπερνά τα  $650 \text{ mm}^2$  και εξαιρώντας τη Μίκρα, την Αγχίαλο και την Αλεξανδρούπολη η τιμή είναι μικρότερη από  $200 \text{ mm}^2$  παντού! Σημειώνουμε πως οι αλγόριθμοι που ακολουθήθηκαν για να γίνουν οι βελτιστοποιήσεις είναι πιθανοτικού χαρακτήρα και δεν εγγυώνται πως η λύση που βρίσκουμε είναι και η βέλτιστη (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2011, Μακρόπουλος και Ευστρατιάδης, 2011).

Οι καλύτερες επιδόσεις των δορυφορικών δεδομένων στην προσομοίωση των επιγείων, στην μεγαλύτερη χρονική κλίμακα, δικαιολογούνται βάσει δύο αιτιών κυρίως. Η πρώτη αιτία, και σημαντικότερη κατά τη γνώμη του συγγραφέως, είναι επειδή η σύγκριση στην περίπτωση των 24 ωρών γίνεται σε ολόκληρο το μήκος των χρονοσειρών, δηλαδή σε όλη την χρονική περίοδο από 1/1998 μέχρι τον 5/2010 συνεχόμενα, με αποτέλεσμα τόσο η επίγεια χρονοσειρά όσο και η δορυφορική να έχουν πολλά μηδενικά (ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες). Μόνο και μόνο από αυτό, οι χρονοσειρές αυτόματα συσχετίζονται καλύτερα. Ενδιαφέρον θα είχε μια μεταγενέστερη μελέτη να κάνει την ίδια σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα παίρνοντας μόνο τις ημέρες με μη μηδενικό ύψος βροχής.

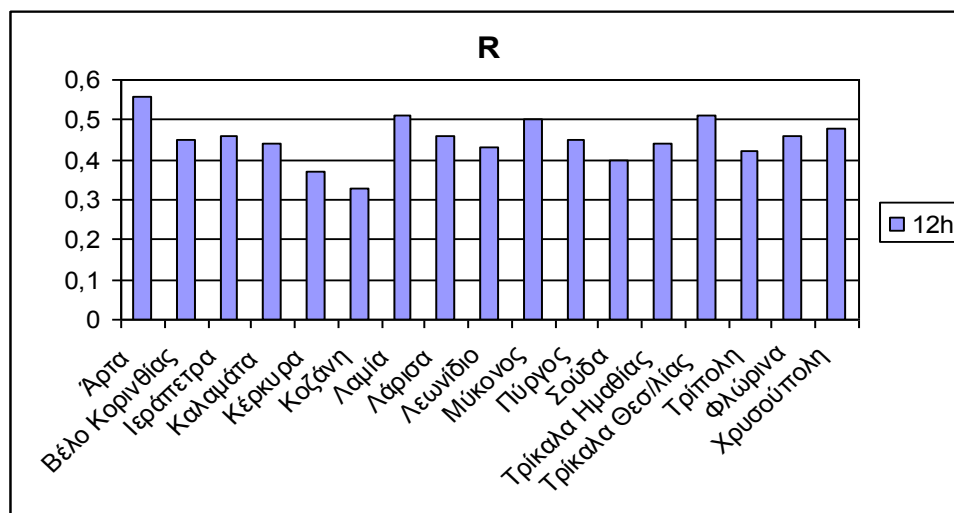
Ο δεύτερος λόγος είναι πως σε μεγαλύτερη κλίμακα, λόγω διορθώσεων με τα επίγεια δεδομένα, τα δορυφορικά γίνονται συνεχώς καλύτερα (οι διορθώσεις γίνονται σε μεγαλύτερη κλίμακα –κυρίως μηνιαία, προϊόν 3B43-και μετά με επιμερισμό γυρνάμε στην 3ωρη κλίμακα, βλ κεφάλαιο 2, NASA, 3B42 Algorithm, 2011). Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τις μελέτες της Αλεξοπούλου (Αλεξοπούλου, 2010) και του Φείδα (Feidas, 2010), όπου για μηνιαία κλίμακα, ο συντελεστής αποδοτικότητας των δεδομένων του 3B42V6 αλγορίθμου φτάνει μέχρι και 0,8 και δύσκολα πέφτει κάτω από 0,4. Επίσης, οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης R είναι της τάξης του 0,8 και μεγαλύτεροι. Πιθανώς να υπάρχει μια σχέση μεταξύ της χρονικής κλίμακας σύγκρισης και των επιδόσεων των δορυφορικών δεδομένων. Πιθανώς μια μεταγενέστερη μελέτη αν το εξετάσει να ανακαλύψει μια σχέση που δείχνει πως αυξανόμενης της χρονικής κλίμακας σύγκρισης αυξάνεται και η ικανότητα των δορυφορικών δεδομένων να προσομοιώνουν τα επίγεια δεδομένα.

Προχωρώντας με τους σταθμούς της 2<sup>ης</sup> ομάδας και συνεχίζοντας να είμαστε στο 1<sup>ο</sup> μέρος αξιολόγησης, εδώ τα πράγματα μοιάζουν πολύ με την σύγκριση των 24 ωρών στους σταθμούς της πρώτης ομάδας. Και είναι προφανές καθώς οι χρονικές κλίμακες σύγκρισης είναι παραπλήσιες (εδώ η κλίμακα είναι οι 12 ώρες) και οι χρονοσειρές συγκρίνονται σε όλο το μήκος τους συνεχόμενα. Φυσικά και εδώ υπήρξαν τα ίδια προβλήματα με κυριότερο την αδυναμία καταγραφής των 12ωρων με πολύ μικρό ύψος βροχής (τάξης <2 mm). Παρόλα αυτά τα δορυφορικά δεδομένα στους σταθμούς της 2<sup>ης</sup> ομάδας είχαν πολύ καλές επιδόσεις (αντίστοιχες της σύγκρισης των 24 ωρών στους σταθμούς 1<sup>ης</sup> ομάδας) όπως φαίνεται άλλωστε και στα σχήματα 6.9, 6.10, 6.11 και 6.12.

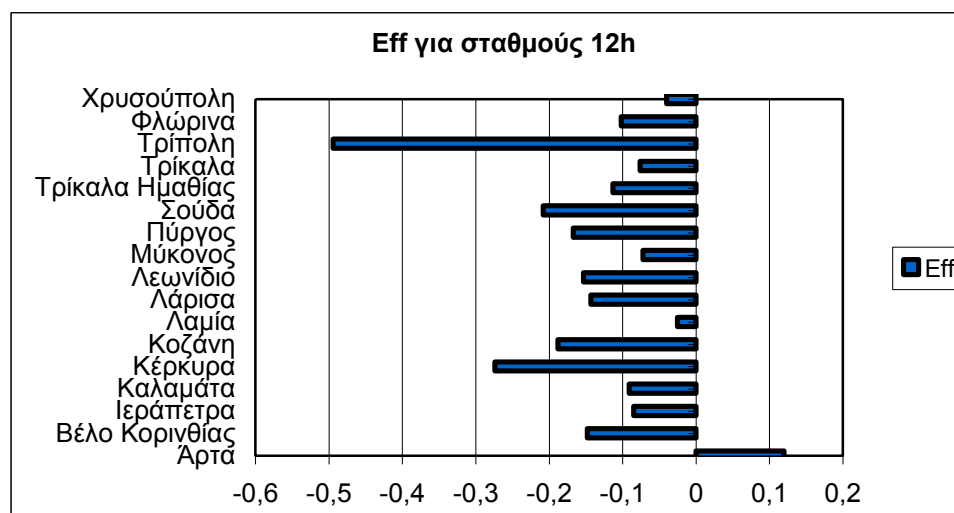
Πιο συγκεκριμένα και αναλύοντας το κάθε σχήμα ξεχωριστά, στο σχήμα 6.9 παρατηρούμε πως μόνο 2 σταθμοί (Κέρκυρα και Κοζάνη) έχουν συντελεστή συσχέτισης μικρότερο του 0,4 (αλλά μεγαλύτερο του 0,3). Οι υπόλοιποι 15 σταθμοί είναι πάνω 0,4 και τέσσερις σταθμοί είναι πάνω και από 0,5. Ο συντελεστής αποδοτικότητας Eff στο σχήμα 6.10 είναι ο μόνος που δεν συνάδει με τις καλές επιδόσεις που αναφέραμε προηγουμένως. Με εξαίρεση το σταθμό της Άρτας, όλοι οι υπόλοιποι σταθμοί έχουν αρνητικό Eff, πράγμα που σημαίνει πως η εκτιμήτριά μας είναι χειρότερη του μέσου όρου (Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2010, Moriasi et al, 2007). Παρόλα αυτά, αφαιρώντας την Κέρκυρα και την Τρίπολη οEff είναι (σχεδόν) πάντα μεγαλύτερος του -0,2.

Το σχήμα 6.11, όπου δείχνεται η τιμή της συνάρτησης Er, είναι ουσιαστικά το πειστήριο των καλών επιδόσεων καθώς με εξαίρεση το σταθμό της Τριπόλεως, όλοι οι σταθμοί έχουν τιμή χαμηλότερη των 200 mm<sup>2</sup> και οι 13 από αυτούς χαμηλότερη των 100 mm<sup>2</sup>. Τόσο από τη σύγκριση αυτή των σταθμών της 2<sup>ης</sup> ομάδας όσο και από την σύγκριση της 1<sup>ης</sup> ομάδας στις 24 ώρες, προκύπτει ότι η προσομοίωση των μεγίστων (δηλαδή η ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μεγίστων), που είναι και ο αντικειμενικός στόχος των βελτιστοποιήσεων αυτής της εργασίας, είναι πολύ κοντά στην ελαχιστοποίηση της τιμής Er (Τσακνιάς, 2011), κάτι για το οποίο είχαμε κάνει μια νύξη στο τέλος του κεφαλαίου 4.

Τέλος, στο σχήμα 6.12 δείχνονται τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα (MSE) τα οποία, όμοια με τους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας, είναι τα ελάχιστα που μπορέσαμε να βρούμε μετά από πολλές βελτιστοποιήσεις. Οι μισοί από τους σταθμούς έχουν τιμή MSE από 200 mm<sup>2</sup> και κάτω και μόνο 4 (στους 17) σταθμοί έχουν τιμή MSE πάνω από 400 mm<sup>2</sup>.



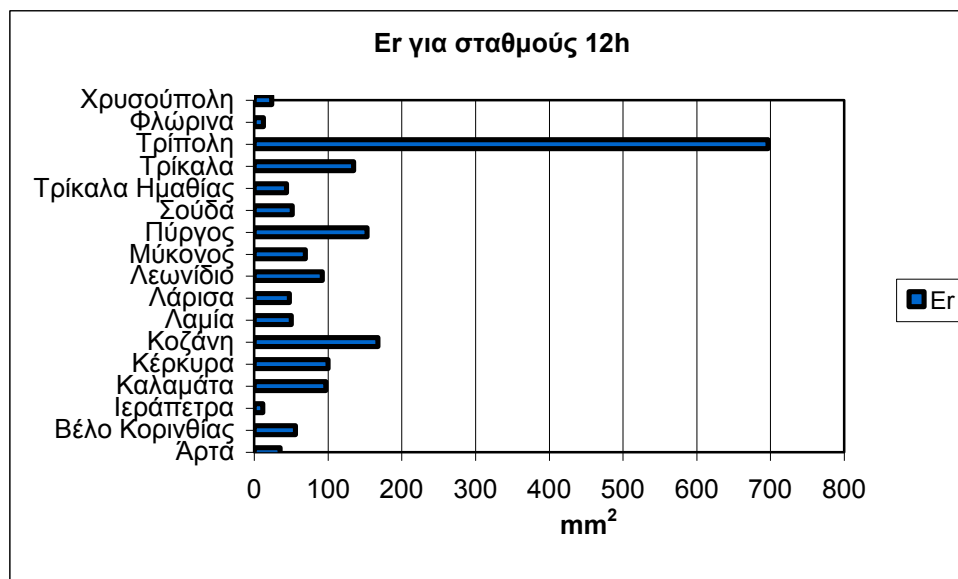
**Σχήμα 6.9. Συντελεστές (ετερο)συσχέτισης R στη 12ωρη σύγκριση των σταθμών 2<sup>ης</sup> ομάδας.**



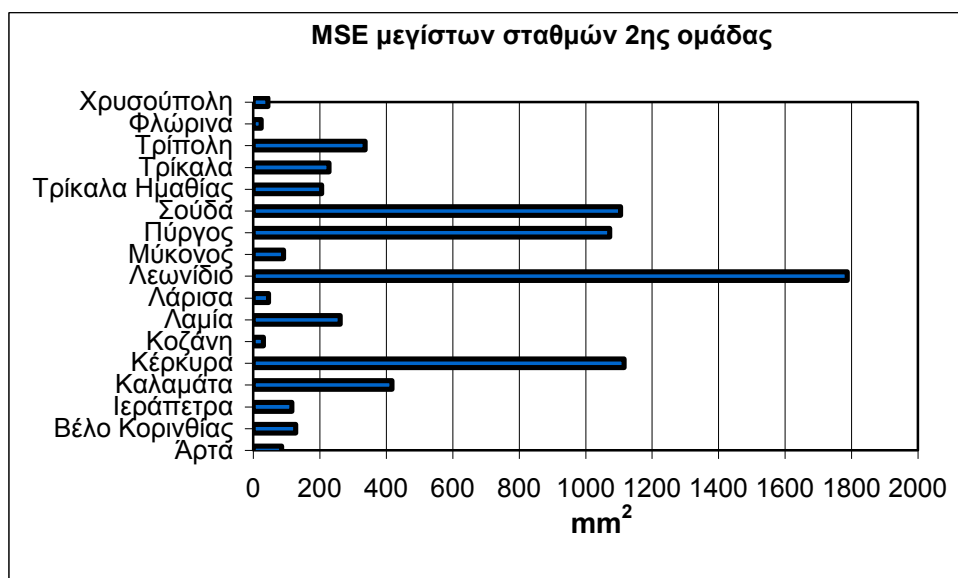
**Σχήμα 6.10. Συντελεστές αποδοτικότητας Eff στη 12ωρη σύγκριση των σταθμών 2<sup>ης</sup> ομάδας.**

Στη 2<sup>η</sup> ομάδα γενικώς παρατηρήθηκαν (ανέλπιστα) καλές επιδόσεις (βλ σχήμα 6.13) παρά τη μικρότερη κλίμακα (12 ώρες σε σχέση με τη σύγκριση 24 ωρών της 1<sup>ης</sup> ομάδας). Και εδώ προφανώς ισχύουν οι παραπάνω 2 λόγοι που αναφέραμε στη 1<sup>η</sup> ομάδα στην ημερήσια σύγκριση. Εδώ όμως πιθανώς να παίζει ρόλο και ένας άλλος παράγοντας. Τα επίγεια δεδομένα στη 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών τα πήραμε έτοιμα πληκτρολογημένα σε ηλεκτρονική μορφή σε αντίθεση με τα δεδομένα των σταθμών της 1<sup>ης</sup> όπου πήραμε τα έντυπα των βροχογράφων. Μπορεί λοιπόν κατά την καταγραφή των δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή να γίνεται κάποια διόρθωση (π.χ.

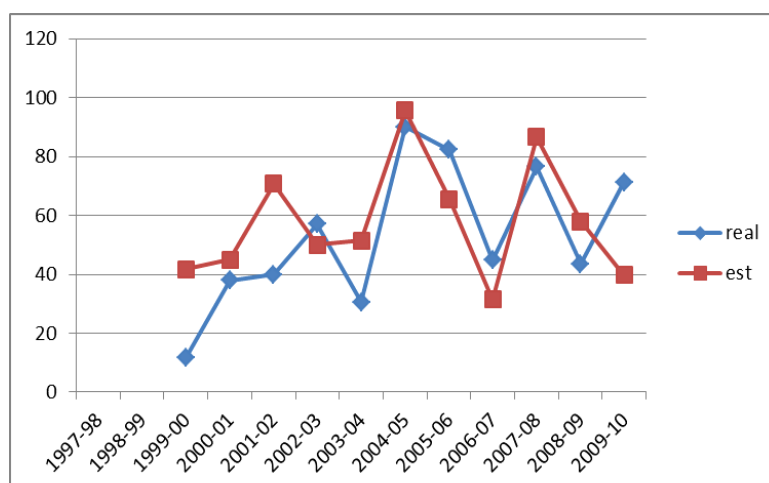
να φτιάχνονται τα δεδομένα, με κάποια αναλογική διόρθωση, έτσι ώστε να συμπίπτει το ύψος βροχής που μετρήθηκε από το βροχόμετρο και το βροχογράφο στις αντίστοιχες ώρες) κάτι που σε καμία περίπτωση δεν γίνεται συστηματικά στα πρωτογενή δεδομένα στα έντυπα των βροχογράφων. Εμείς, στην εργασία αυτή δεχτήκαμε “a priori” τα επίγεια δεδομένα ως απολύτως αξιόπιστα. Γενικά, λίγα πράγματα αναφέραμε στο κεφάλαιο 3 για την αξιοπιστία των επίγειων δεδομένων κάτι που θα κάνουμε και στο εδάφιο 6.3 του παρόντος κεφαλαίου.



**Σχήμα 6.11. Τιμές συνάρτησης σφάλματος Er στη 12ωρη σύγκριση των σταθμών 2<sup>ης</sup> ομάδας.**

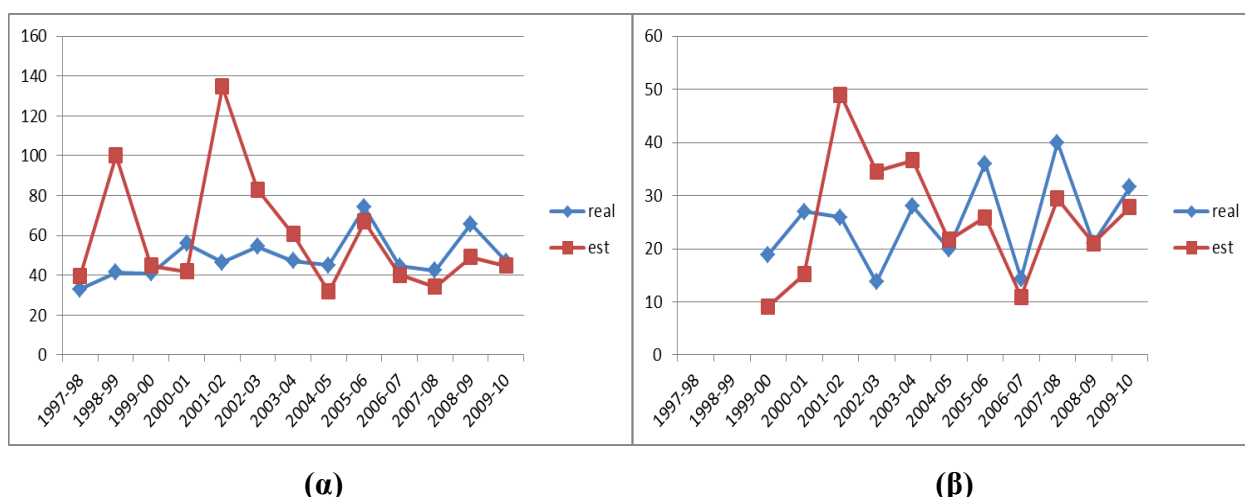


**Σχήμα 6.12. Μέσα τετραγωνικά σφάλματα μεγίστων (MSE) για τους σταθμούς της 2<sup>ης</sup> ομάδας**



**Σχήμα 6.13. Διάγραμμα χρονοσειρών επιγείων (real) και δορυφορικών (est) ετήσιων μεγίστων 12 ωρών σε mm, στο σταθμό της Χρυσούπολης**

Γενικά σε πολλούς σταθμούς της 2<sup>ης</sup>, αλλά και της 1<sup>ης</sup>, ομάδας παρατηρήθηκε μια σοβαρή βελτίωση των επιδόσεων (ειδικά στη εκτίμηση των μεγίστων) από το υδρολογικό έτος 2004-05 και μετά, πράγμα που φαίνεται στο σχήμα 6.14 ((α) και (β)) και εν μέρει στο σχήμα 6.13. Αυτό μάλλον οφείλεται στη συνεχή βελτίωση των τεχνολογιών των οργάνων των δορυφόρων της αποστολής TRMM (NASA, Mission Profile, 2011). Από το 2013 και μετά αναμένεται νέα γενιά πολλά υποσχόμενων δορυφορικών προϊόντων και μένει να ερευνησουμε, με μεταγενέστερες μελέτες, αν όντως θα είναι καλύτερα χωρίς τα προβλήματα των τωρινών.



**Σχήμα 6.14. Διάγραμμα χρονοσειρών επιγείων (real) και δορυφορικών (est) ετήσιων μεγίστων 12 ωρών σε mm στο σταθμό (α) Καλαμάτας και (β) Κοζάνης, όπου φαίνεται η καλύτερη εκτίμηση μεγίστων μετά το 2004-05.**



Ύστερα από όλα τα παραπάνω, καταλαβαίνουμε πως τα δορυφορικά προϊόντα, τουλάχιστον μέχρι στιγμής, δεν προσομοιώνουν σε ικανοποιητικό βαθμό τα επίγεια δεδομένα τουλάχιστον στη μικρή χρονική κλίμακα κάτω του 12ώρου. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήξαμε εξ αρχής και γι' αυτό προσανατολιστήκαμε κυρίως στις κατανομές μεγίστων. Δηλαδή, παρά του ότι είχαμε αρχικά ως στοχική συνάρτηση στις βελτιστοποιήσεις την μέγιστη αποδοτικότητα (Eff) ή την ελάχιστη τιμή στη συνάρτηση σφάλματος (Er) εντοπίσαμε την αδυναμία του δορυφόρου να προσομοιώσει τα επίγεια δεδομένα σε μικρές χρονικές κλίμακες με τη μορφή συνεχόμενης χρονοσειράς. Έτσι, επικεντρώσαμε ώστε να προσομοιώσουμε τις τιμές μεγίστων τιμών (maxima), κάτι που είναι από μόνο του μείζονος σημασίας τουλάχιστον στον υδρολογικό σχεδιασμό. Συνεπώς, βάλαμε ως στόχο στην αναζήτηση της εκτιμήτριας της δορυφορικής χρονοσειράς για κάθε σταθμό την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων των τιμών μεγίστων, δηλαδή την ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος.

Προχωρώντας στο 2<sup>ο</sup> στάδιο αξιολόγησης λοιπόν, ελέγξαμε κατά πόσο τα δορυφορικά δεδομένα προσομοιώνουν την πιθανοτική κατανομή μεγίστων των επιγείων σε κάθε σταθμό. Υπενθυμίζουμε πως οι κατανομές αυτές είναι οι απλές εμπειρικές καθώς το πλήθος των ετών (11 πλήρη υδρολογικά έτη για γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από 40<sup>ο</sup>) δεν επιτρέπει την προσαρμογή κάποιας μαθηματικής κατανομής. Έτσι, η μεγαλύτερη τιμή τριώρου είναι και το τριώρο 10ετίας. Επίσης, υπενθυμίζεται πως εδώ ενδιαφερόμαστε για το αν προσομοιώνονται οι τιμές μεγίστων και μόνο. Αυτό σημαίνει πως τα αντίστοιχα μέγιστα μεταξύ των επιγείων και δορυφορικών δεδομένων μπορεί να μην είναι σύγχρονα, πράγμα σύνηθες σύμφωνα με την μελέτη αυτή, κάτι που αναφέραμε και παραπάνω (βλ σχήμα 6.5).

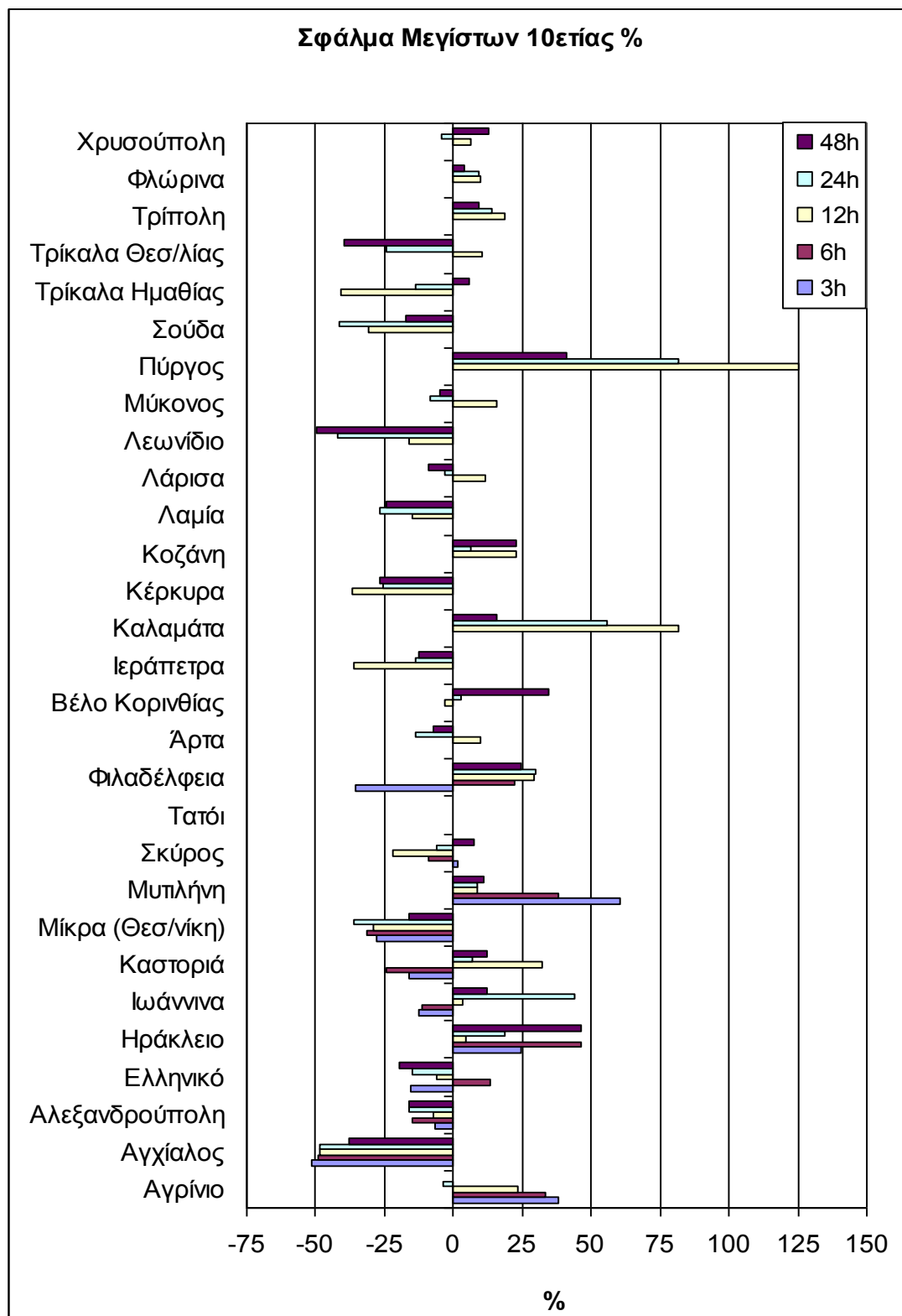
Οι τιμές των μέσων τετραγωνικών σφαλμάτων MSE φαίνονται στα σχήματα 6.8 και 6.12 για την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών αντίστοιχα. Ωστόσο, αυτή η τιμή δεν είναι ιδιαίτερα κατατοπιστική καθώς είναι ο μέσος όρος των τετραγωνικών σφαλμάτων των τιμών των μεγίστων από όλες τις κατανομές όμως, δηλαδή για κάθε διάρκεια. Έτσι για παράδειγμα, οι σταθμοί της 1<sup>ης</sup> ομάδας από τους οποίους βγάλαμε μέγιστα όλων των διαρκειών (3, 6, 12, 24 και 48 ώρες) διαθέτουν 5 κατανομές, μία για κάθε διάρκεια και για την ακρίβεια διαθέτουν 10 κατανομές, καθώς για κάθε διάρκεια υπολογίσαμε 2 κατανομές, μία υπολογίζοντας τη μέγιστη τιμή για κάθε έτος (ετήσια μέγιστα) και μία υπολογίζοντας απλά τις 10 μέγιστες τιμές από όλη τη χρονοσειρά συνεχόμενα (βλ κεφάλαιο 4).

Στο παράρτημα Α σε κάθε σταθμό ξεχωριστά φαίνονται όλες οι κατανομές, δύο για κάθε διάρκεια. Ωστόσο, από αυτές τις κατανομές ενδιαφέρον έχουν κυρίως οι 2 ή 3 πρώτες (μεγαλύτερες) τιμές που είναι τα μέγιστα 10ετίας, 5ετίας και 3ετίας αντίστοιχα. Για τα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας ειδικά έγινε ξεχωριστή μελέτη και υπολογίστηκε το σφάλμα σε κάθε περίπτωση και σταθμό ως τιμή και ως ποσοστό επί τοις εκατό του αντίστοιχου μέγιστου των επιγείων δεδομένων. Οι τιμές αυτές φαίνονται στο παράρτημα Β σε πίνακας. Ωστόσο, στα σχήματα 6.15 και 6.16 φαίνονται τα ποσοστά επί τοις εκατό για τα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας. Σημειώνεται πως τα σφάλματα αυτά υπολογίστηκαν για τις κατανομές ετήσιων μέγιστων και μόνο.

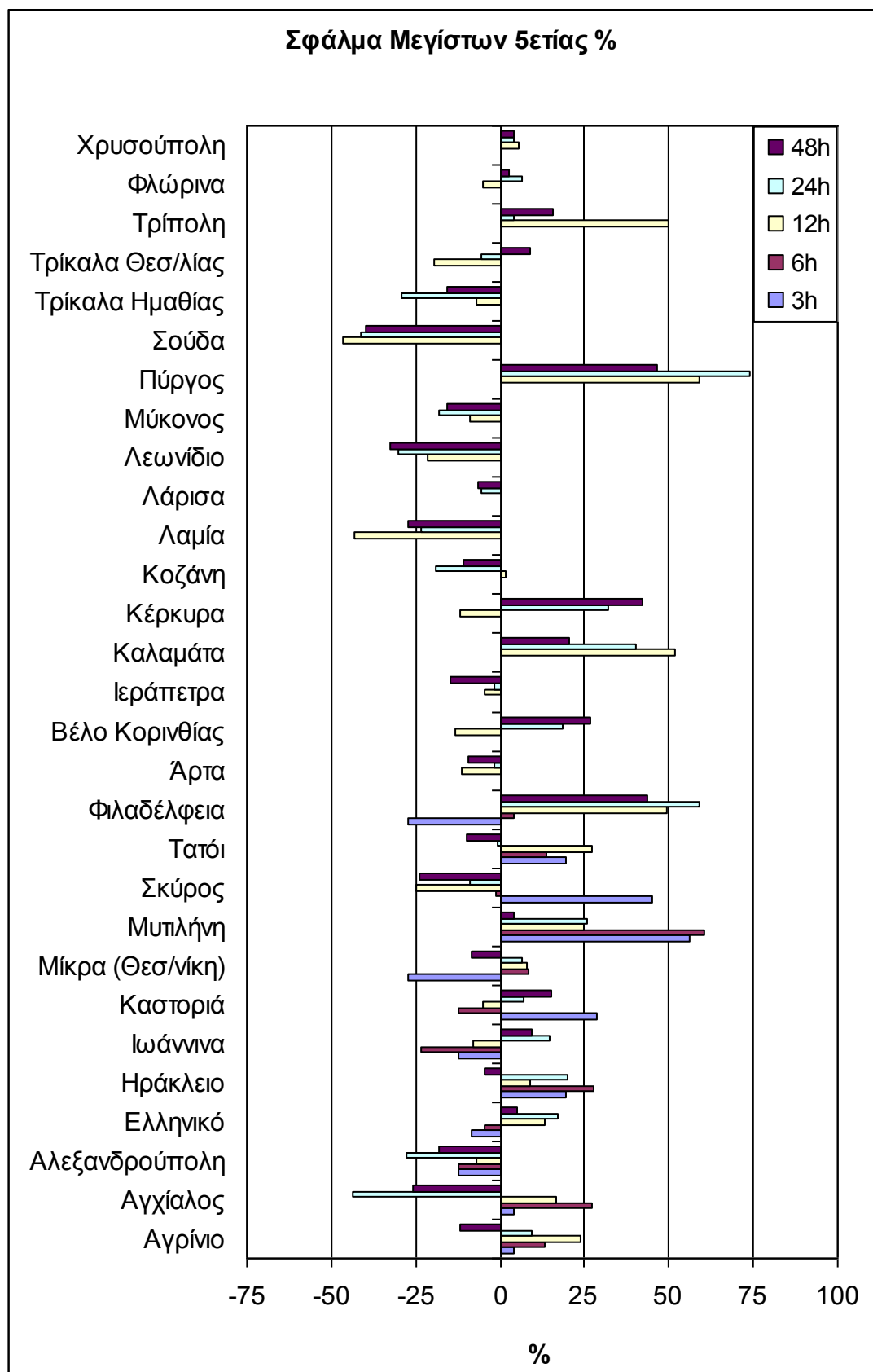
Ωστόσο, επειδή υπάρχει περίπτωση, κάτι που συνέβη πολλακίς στην παρούσα έρευνα (βλ σχήμα 6.19), μόνο στην πρώτη (μεγαλύτερη) ή και στη δεύτερη τιμή να παρουσιάζεται μεγάλο σφάλμα και στις υπόλοιπες τιμές το σφάλμα να είναι ελάχιστο. Έτσι εισάγαμε και το μέσο σφάλμα που ουσιαστικά είναι ο μέσος όρος των σφαλμάτων για κάθε κατανομή, δηλαδή για κάθε διάρκεια. Από την άλλη όμως, μπορεί η προσομοίωση κατανομής να είναι πολύ κακή και παρόλα αυτά το μέσο σφάλμα να βγει κοντά στο μηδέν, καθώς μπορεί να έχουμε μεγάλα αρνητικά αλλά και θετικά σφάλματα. Έτσι, εισάγαμε και το μέσο απόλυτο σφάλμα που είναι ο μέσος όρος των απολύτων τιμών των σφαλμάτων και που ουσιαστικά είναι η πιο αντικειμενική τιμή για να προσδιορίσουμε το πόσο καλή είναι η προσομοίωση της κατανομής. Και εδώ για το υπολογισμό των μέσων σφαλμάτων και των μέσων απόλυτων σφαλμάτων χρησιμοποιήθηκαν οι κατανομές των ετήσιων μέγιστων τιμών, καθώς αυτή η μέθοδος είναι πολύ πιο διαδεδομένη στην επεξεργασία μεγίστων. Όλες οι παραπάνω τιμές των σφαλμάτων φαίνονται για κάθε σταθμό και κάθε διάρκεια χωριστά σε πίνακες στο παράρτημα Β. Στο σχήμα 6.17 φαίνεται το μέσο και στο 6.18 το μέσο απόλυτο σφάλμα σε mm για κάθε σταθμό και διάρκεια.

Στο 2<sup>ο</sup> στάδιο αξιολόγησης των δορυφορικών δεδομένων λογικά περιμένουμε και τις καλύτερες επιδόσεις των δορυφορικών δεδομένων. Όντως σε σχέση με το 1<sup>ο</sup> στάδιο, τα δορυφορικά δεδομένα φαίνονται πολύ καλύτερα και ικανά να προσομοιώσουν σχετικά καλά κατανομές μεγίστων. Σε αρκετούς σταθμούς μάλιστα, τόσο της 1<sup>ης</sup> όσο και της 2<sup>ης</sup> ομάδας, οι κατανομές προσομοιώνονται πάρα πολύ καλά. Ειδικά από την 1<sup>η</sup> ομάδα, στους σταθμούς της Αττικής, Ελληνικό (ιδιαίτερως) και Φιλαδέλφεια οι κατανομές προσομοιώνονται πολύ καλά, κάτι που οφείλεται μάλλον στο ότι υπάρχει κοντά επίγειος σταθμός που συμμετέχει στη βαθμονόμηση

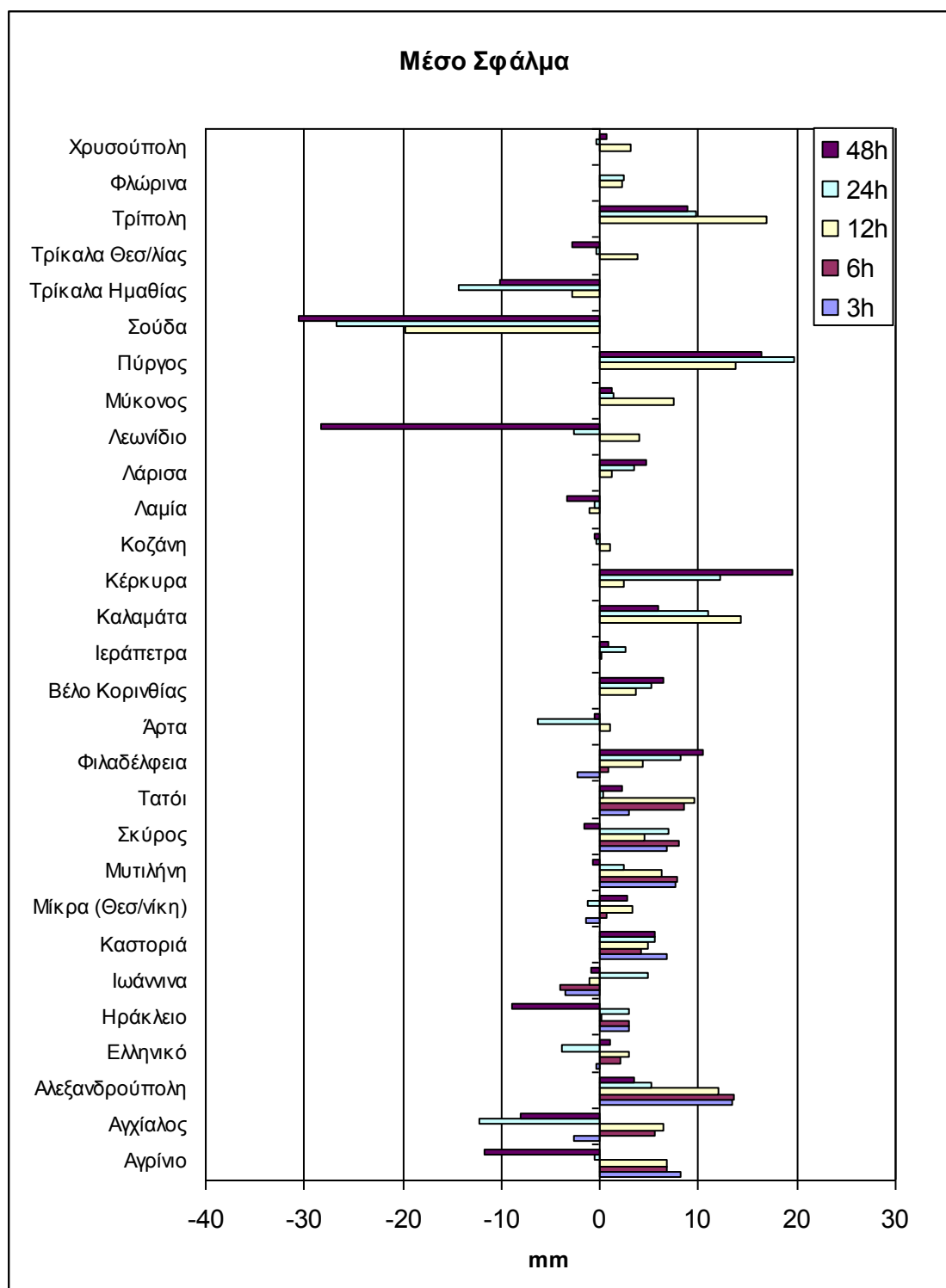
των δορυφορικών δεδομένων, πράγμα που αναφέραμε και παραπάνω. Στο σχήμα 6.20 ((α) και (β)) φαίνονται 2 περιπτώσεις όπου είχαμε πολύ καλές προσομοιώσεις κατανομών μεγίστων.



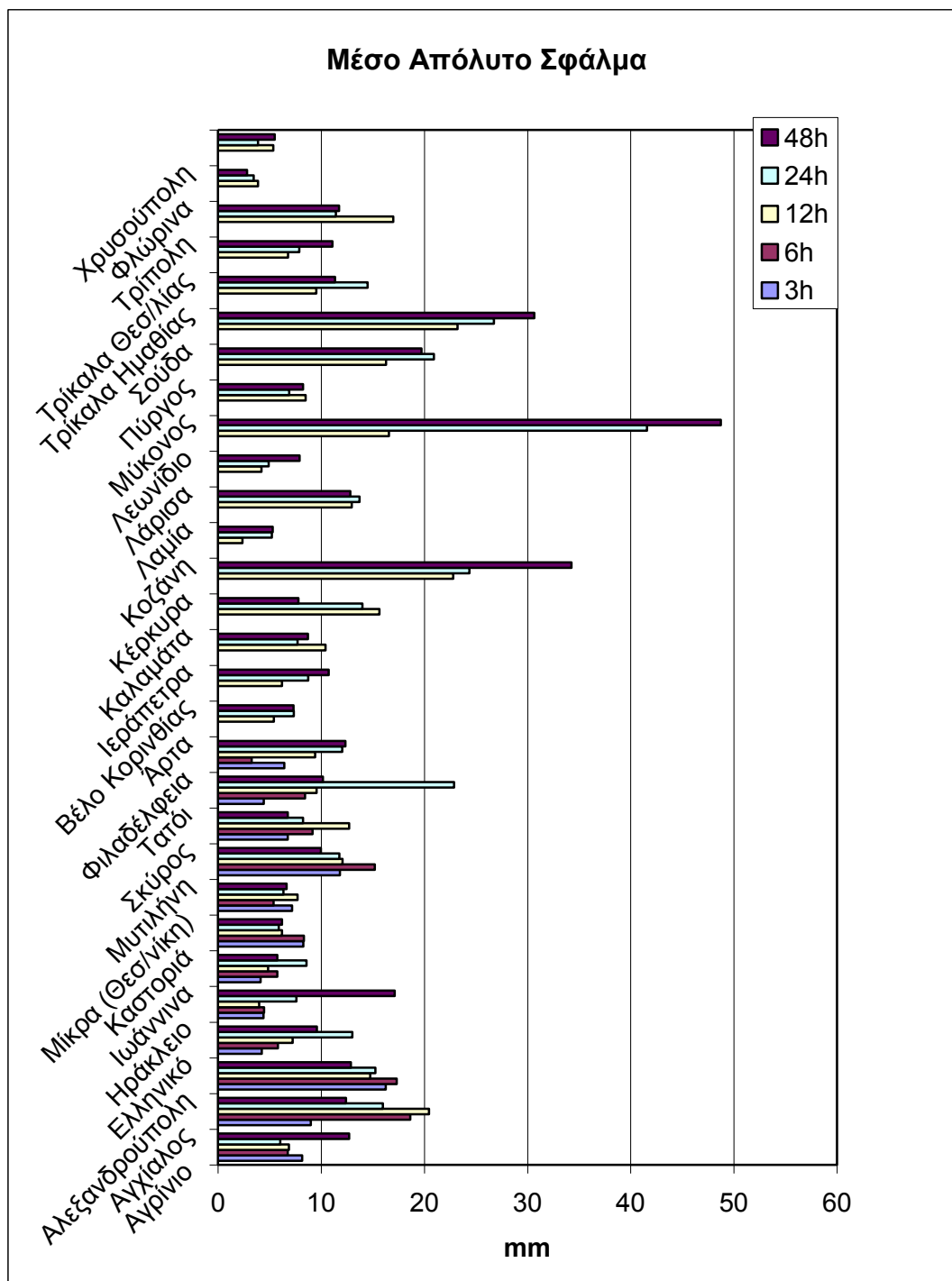
**Σχήμα 6.15. Ποσοστό σφάλματος 10ετίας (%) των αντιστοιχών τιμών μεγίστων επιγείων δεδομένων για κάθε σταθμό**



**Σχήμα 6.16. Ποσοστό σφάλματος 5ετίας (%) των αντιστοίχων τιμών μεγίστων επιγείων δεδομένων για κάθε σταθμό**



**Σχήμα 6.17. Μέσο σφάλμα για κάθε σταθμό και διάρκεια.**

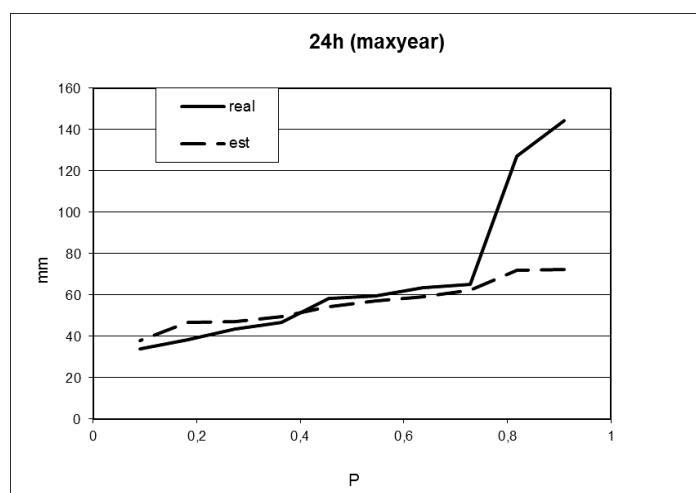


**Σχήμα 6.18. Μέσο απόλυτο σφάλμα για κάθε σταθμό και διάρκεια.**

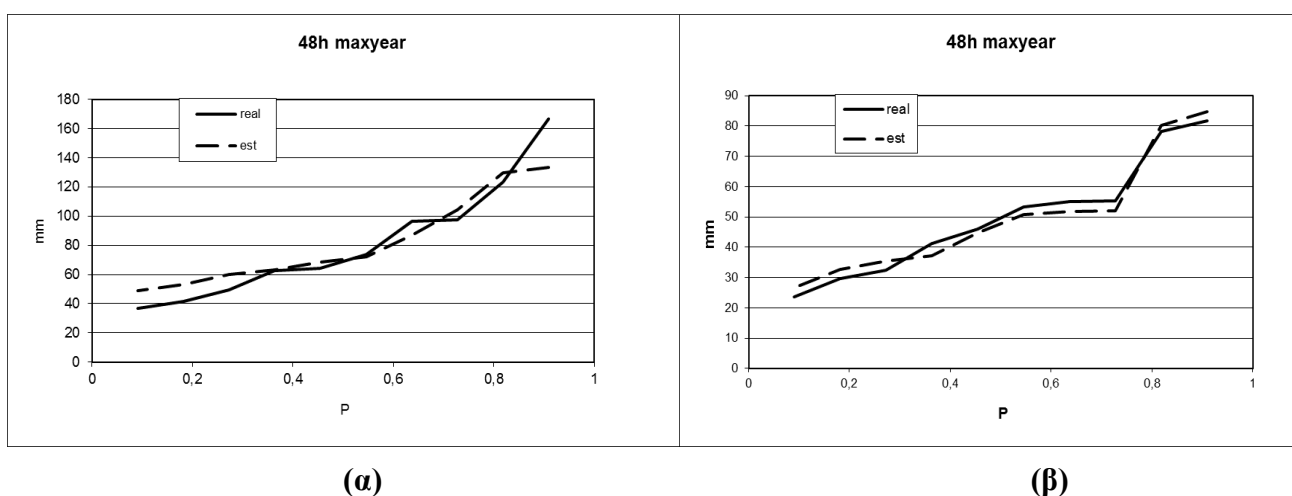
Ωστόσο, με αντικειμενικά κριτήρια και βλέποντας και τα σχήματα 6.15, 6.16, 6.17 και 6.18 καταλαβαίνουμε πως οι επιδόσεις των δορυφορικών δεδομένων και σε αυτό το στάδιο δεν είναι οι καλύτερες δυνατές. Σε κάποιους σταθμούς οι προσομοιώσεις ήταν κακές (βλ σχήμα 6.21 (α)) και συχνά παρατηρήθηκαν μεγάλα σφάλματα ειδικά στις τιμές 10ετίας όπως στον Πύργο που είχαμε υπερεκτίμηση μεγίστου 12ωρου 10ετίας κατά 125%! Στους πίνακες 6.1 και 6.2 φαίνονται τα

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

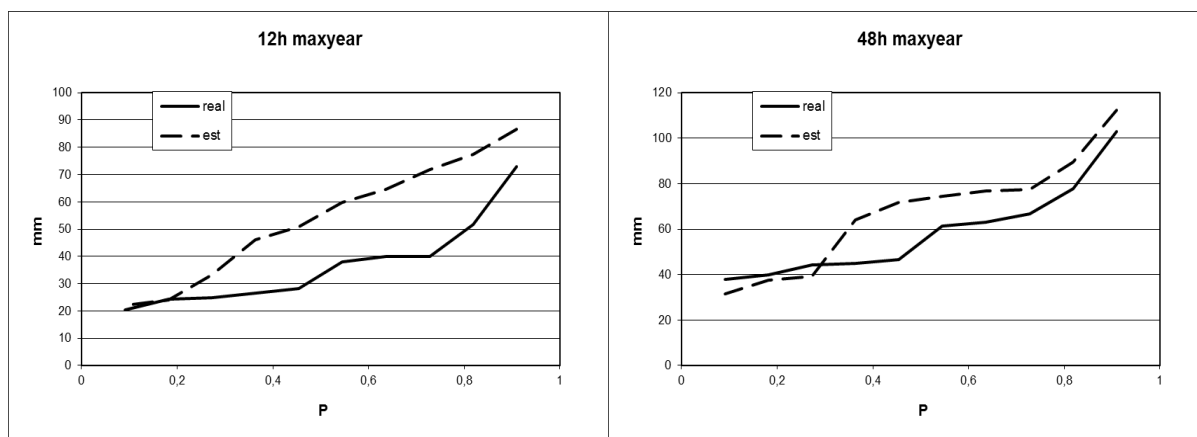
μεγαλύτερα σφάλματα 10ετίας και 5ετίας αντίστοιχα και από ποιους σταθμούς προέρχονται. Επίσης, αξίζει να αναφέρουμε πως παρατηρήθηκε σε αρκετούς σταθμούς μια γενική βελτίωση στις προσομοιώσεις κατανομών καθώς μεγαλώνει η χρονική κλίμακα, δηλαδή η διάρκεια μεγίστων, πράγμα που δείχνει για ακόμη μια φορά την αδυναμία των δορυφορικών δεδομένων σε μικρές χρονικές κλίμακες. Για παράδειγμα παραθέτουμε καταρχήν τους χάρτες σφαλμάτων (παράρτημα Γ), κυρίως μετά τις 12 ώρες για να συμμετέχουν όλοι οι σταθμοί. Επίσης, το σχήμα 6.21 ((α) και (β)), αλλά και στο σχήμα 6.15, κοιτάζοντας τους σταθμούς Πύργου, Καλαμάτας και Αγκιάλου, η βελτίωση αυτή είναι εμφανής αυξανόμενης της κλίμακας.



**Σχήμα 6.19. Πιθανοτική κατανομή ετήσιων μεγίστων 24 ωρών από το σταθμό Αγκιάλου, όπου φαίνεται η αδυναμία προσομοίωσης των 2 πιο μεγάλων τιμών μόνο.**



**Σχήμα 6.20. Παραδείγματα πολύ καλών προσομοιώσεων κατανομών για τα ετήσια μέγιστα 48 ωρών για των σταθμό (α) του Ελληνικού και (β) της Φλώρινας**



(α)

(β)

**Σχήμα 6.21. Κατανομές ετήσιων μεγίστων (α) 12 ωρών και (β) 48 ωρών από το σταθμό Τριπόλεως. Είναι εμφανές πως η κακή προσομοίωση των 12 ωρών (α) βελτιώνεται σημαντικά στη μεγαλύτερη διάρκεια των 48 ωρών (β).**

**Πίνακας 6.1. Μεγαλύτερα σφάλματα 10ετίας για κάθε διάρκεια σε mm.**

3h	6h	12h	24h	48h
31,65644967	27,57558602	82,54486	66,95543	49,94406
Μυτιλήνη	Αγρίνιο	Πύργος	Πύργος	Πύργος
-57,44	-65,75	-76,0471	-107,215	-146,815
Αγχίαλος	Αγχίαλος	Κέρκυρα	Λεωνίδιο	Λεωνίδιο

**Πίνακας 6.2. Μεγαλύτερα σφάλματα 5ετίας για κάθε διάρκεια σε mm.**

3h	6h	12h	24h	48h
28,43142349	31,65644967	38,89491	59,86622	57,24402
Μυτιλήνη	Μυτιλήνη	Πύργος	Πύργος	Κέρκυρα
-14,71519028	-14,56604893	-57,4538	-72,3089	-70,8407
Φιλαδέλφεια	Ιωάννινα	Σούδα	Σούδα	Σούδα

Ύστερα από όλα τα παραπάνω, στο σημείο αυτό αξίζει να σημειώσουμε τους σταθμούς στους οποίους τα δορυφορικά δεδομένα είχαν τις χειρότερες επιδόσεις, σε ό,τι αφορά την εκτίμηση μεγίστων, κάτι το οποίο θα φανεί και στους χάρτες που θα σχολιάσουμε στο εδάφιο 6.2. Έτσι, από τους 29 σταθμούς, οι σταθμοί που απαιτούν προσοχή είναι κυρίως η Κέρκυρα με σοβαρά προβλήματα υποεκτίμησης μεγίστων 10ετίας (σχ. 6.10, 6.13, 6.17, 6.18 και πιν 6.1), ο Πύργος με σημαντικά προβλήματα υπερεκτίμησης μεγίστων 10ετίας και 5ετίας (σχ 6.15, 6.16, 6.17 και πιν. 6.1, 6.2), η Αγχίαλος με σοβαρά προβλήματα υποεκτίμησης μεγίστων 10ετίας στη μικρή κλίμακα (σχ. 6.8, 6.15 και πιν. 6.1), το Λεωνίδιο και η Σούδα με επίσης σοβαρά προβλήματα υποεκτίμησης μεγίστων 10ετίας (σχ. 6.17, 6.18 και πιν. 6.1, 6.2).



Ακολουθούν η Αλεξανδρούπολη με γενικές τάσεις υπερεκτίμησης (σχ. 6.17 και 6.18), η Μυτιλήνη με ελαφρά υπερεκτίμηση των μεγίστων 10ετίας και 5ετίας (πιν. 6.1 και 6.2) και το Αγρίνιο με υπερεκτίμηση στις μικρές κλίμακες και υποεκτίμηση σε αυτή των 48 ωρών (σχ. 6.17 και πιν. 6.1 και 6.2). Για καθετί που αναφέρουμε σε αυτήν την παράγραφο παραπέμπουμε και στο παράρτημα Α και Β.

Ενδιαφέρον έχει να προσέξουμε πως το μεγαλύτερο πρόβλημα το έχουν σταθμοί όπως η Κέρκυρα, ο Πύργος και η Σούδα που είναι περιοχές με «δύσκολα» καθεστώτα βροχής. Και οι 3 περιοχές βρίσκονται σε ομβροπλευρά κάτι που δίνει πολύ συχνές βροχοπτώσεις, όχι απαραίτητα έντονες, με αποτέλεσμα η προσομοίωση της δίαιτας των βροχών από δορυφόρους να γίνεται εξαιρετικά δύσκολη και αβέβαιη. Στο εδάφιο 6.2 θα σχολιάσουμε τις χωρικές κατανομές των σφαλμάτων και θα δούμε κατά πόσο τα δορυφορικά δεδομένα 3B42 αναπαριστούν την ποικιλία καθεστώτων βροχής, η οποία διακρίνει τη χώρα μας, στη μικρή χρονική κλίμακα.

## **6.2. ΧΑΡΤΕΣ-ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ-ΣΧΟΛΙΑ**

Στο παρόν εδάφιο θα ασχοληθούμε γενικώς για την χωρική αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων και γι' αυτό θα αναφερθούμε εκτενώς στις χωρικές κατανομές των σφαλμάτων, οι οποίες φαίνονται στους χάρτες (βλ. εδάφιο 5.3 και παράρτημα Γ). Επίσης, θα σχολιάσουμε την ικανότητα των δορυφορικών δεδομένων να προσομοιάζουν την γενική συμπεριφορά των ακραίων επεισοδίων βροχής πάνω από τον Ελλαδικό χώρο, δηλαδή σε κάθε περιοχή (σταθμό) θα εξετάσουμε τη συχνότητα των ακραίων βροχών, το ύψος τους σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος και τη χωρική κατανομή τους για την εξέταση της οποίας θα μας βοηθήσουν οι χάρτες του 5<sup>ου</sup> κεφαλαίου και του παραρτήματος Γ.

Αρχικά, βλέποντας τους χάρτες 5.1 με 5.5 του κεφαλαίου 5 (εδάφιο 5.3), οι οποίοι είναι οι χάρτες μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών, όπως αυτά προκύπτουν από τα πρωτογενή δορυφορικά δεδομένα, συμπεραίνουμε πως ο δορυφόρος, σε γενικές γραμμές, προσομοιώνει σχετικά καλά την δίαιτα των βροχοπτώσεων στον Ελλαδικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε πως τα πιο έντονα επεισόδια συσσωρεύονται στη δυτική Ελλάδα, στη νότια Πελοπόννησο, την Κρήτη (που αν και έχει μικρό μέσο ετήσιο ύψος, σημειώνει έντονες καταιγίδες, ειδικά η δυτική), στα νησιά του ανατολικού Αιγαίου (από βορρά προς νότο) και στην περιοχή της Αττικοβοιωτίας, όπως άλλωστε αναμένεται (Μαμάσης, 2011, Μιμίκου, 2010).

Ωστόσο, στην ανατολική ακτογραμμή της χώρας προς το Αιγαίο, στην περιοχή του Βόλου, σημειώνονται επίσης έντονες καταιγίδες (Μαμάσης, 2011) κάτι που δεν φαίνεται από τα δορυφορικά δεδομένα (χάρτες 5.1 με 5.5). Από τις συγκρίσεις στην περιοχή της Αγχιάλου η υποεκτίμηση αυτή έγινε εμφανής, ειδικά στις μικρές κλίμακες (πιν. 6.1). Επιπλέον, στους χάρτες 5.1 με 5.5 (κυρίως στον 5.1) παρατηρούμε σε κάποιες περιοχές πως δεν υπάρχει ομαλή μετάβαση χρωμάτων, κάτι που δείχνει μια ασυνέπεια στα δορυφορικά δεδομένα, ειδικά όταν αυτό γίνεται πάνω από θαλάσσιες περιοχές που δεν υπάρχει ανάγλυφο για να δικαιολογεί τέτοιες απότομες αλλαγές. Για παράδειγμα στον χάρτη 5.1, που είναι χάρτης μεγίστων 3ωρων 10ετίας, από σκούρο μπλε (>110 mm) το ακριβώς διπλανό φατνίο μπορεί να είναι σκούρο πράσινο (<53 mm). Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που κάναμε την παρεμβολή από τα 4 γειτονικά φατνία στο σημείο του κάθε σταθμού, ενώ όπως προαναφέραμε κανονικά θα έπρεπε τα δεδομένα του κάθε σταθμού να συγκριθούν με τα δορυφορικά του φατνίου στο οποίο βρίσκεται μέσα ο σταθμός.

Σημειώνουμε βέβαια πάλι πως το ένα φατνίο έχει έκταση περίπου 610 km<sup>2</sup> στο γεωγραφικό πλάτος των Αθηνών (Κουτσογιάννης κ.α., 2010), έκταση πολύ μεγάλη για να θεωρήσουμε τα χαρακτηριστικά της βροχής σταθερά στη μικρή χρονική κλίμακα του ενός επεισοδίου (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999), αλλά εδώ μιλάμε για τιμές μεγίστων 10ετίας και όχι για ένα ακραίο επεισόδιο μόνο. Γι' αυτό η απότομη μετάβαση χρωμάτων σε γειτονικά φατνία και πάνω από θαλάσσια περιοχή δεν δικαιολογείται ή καλύτερα είναι σχετικώς απίθανο να συμβεί. Υπάρχει βέβαια και η περίπτωση να συμβεί μέσα στη 10ετία ένα πολύ έντονο επεισόδιο, που να πλήξει κυρίως ένα φατνίο, πράγμα που θα το οδηγήσει να διαφοροποιηθεί σημαντικά από τα γειτονικά του στη τιμή του μέγιστου της 10ετίας. Αυτό δεν είναι αδύνατο να συμβεί αλλά καλό είναι να είμαστε λίγο καχύποπτοι σε τέτοιες περιπτώσεις και να ερευνούμε την αξιοπιστία των δεδομένων περαιτέρω. Επιπροσθέτως, αυτές οι απότομες αλλαγές χρωμάτων συμβαίνουν κυρίως στις μικρότερες χρονικές κλίμακες (3 και 6 ωρών) και εξαλείφονται στις μεγαλύτερες, κάτι που είναι λογικό και δείχνει συνέπεια. Αυτό συμβαίνει λόγω των διορθώσεων που γίνονται σε μεγαλύτερες κλίμακες και γι' αυτό τα δορυφορικά δεδομένα παρουσιάζονται πιο συνεπή και βελτιωμένα.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των σφαλμάτων και ξεκινώντας με τα μέγιστα 10ετίας, βλέπουμε τους χάρτες 5.12 με 5.16 του κεφαλαίου 5. Στη μικρή χρονική κλίμακα των 3 ωρών (βλ. χάρτη 5.12), ξεχωρίζει η σημαντική αρνητική

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

μεροληψία, δηλαδή η υποεκτίμηση στον κεντροανατολικό χώρο της Ελλάδας, δηλαδή από την περιοχή της Βοιωτίας μέχρι τη Θεσσαλονίκη, τη Βέροια και ελαφρά την Καστοριά, με αποκορύφωμα την περιοχή του Βόλου που παρατηρείται υποεκτίμηση της τάξης των 60 mm. Επίσης, σημαντική θετική μεροληψία υπάρχει στις περιοχές του ανατολικού Αιγαίου και ιδιαίτερα στη Μυτιλήνη της τάξης των 30 mm. Ακολουθεί η Κρήτη και η περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας, όπου υπάρχει υπερεκτίμηση τάξεως 10 και 20 mm αντίστοιχα. Κατά τα άλλα, γενικά παρατηρείται μια ελαφρά υποεκτίμηση των μεγίστων, της τάξης των 5-10 mm. Στην κλίμακα των 6 ωρών (χάρτης 5.13) πάλι διατηρείται η υποεκτίμηση στην περιοχή του Βόλου και της Θεσσαλίας (τάξη 45 mm) και στην περιοχή της Μυτιλήνης μια σαφώς μικρότερη υπερεκτίμηση της τάξης των 15 mm. Σε όλες της άλλες περιοχές υπάρχει ελαφρά υποεκτίμηση μεγίστων της τάξης των 5 mm.

Στην κλίμακα των 12 ωρών, οι διαφοροποιήσεις είναι εντονότερες γιατί τώρα συμμετέχουν και οι 28 σταθμοί, ενώ μέχρι τώρα συμμετείχαν μόνο 11, δηλαδή της πρώτης ομάδας (και στις 2 περιπτώσεις απουσιάζει ο σταθμός Τατοΐου καθώς δεν έδωσε μέγιστα 10ετίας). Οι διαφοροποιήσεις στους χάρτες των 12 ωρών σε σχέση με αυτούς των 6 ωρών, λόγω της αλλαγής του πλήθους των σταθμών που συμμετέχουν, είναι ένα από τα μελανά σημεία αυτής της εργασίας. Η αιτία αυτού του προβλήματος έγκειται στη δυσκολία που συναντήσαμε να βρούμε αξιόπιστα πρωτογενή επίγεια δεδομένα. Γι' αυτό άλλωστε έχουμε και 2 ομάδες σταθμών με ό,τι δυσκολίες μπορεί αυτό να φέρει. Η δυσκολία εύρεσης αξιόπιστων πρωτογενών επίγειων δεδομένων-μετρήσεων είναι ένα πρόβλημα που χαρακτηρίζει τη χώρα μας και πρέπει να ξεπεραστεί όσο το δυνατόν γρηγορότερα αν θέλουμε να λέμε πως κάνουμε σωστό σχεδιασμό έργων και πλάνων διαχείρισης.

Επανερχόμαστε λοιπόν στην 12ωρη κλίμακα (χάρτης 5.14) και εκεί παρατηρείται μια έντονη υπερεκτίμηση τιμών στην περιοχή της δυτικής Πελοποννήσου, της Αιτωλοακαρνανίας μέχρι και τα Ιωάννινα με σημείο αιχμής τον Πύργο, όπου υπάρχει υπερεκτίμηση της τάξης των 80 mm. Επίσης υπάρχει μια μικρή υπερεκτίμηση γύρω στα 10 mm στο κεντρικό Αιγαίο, μια ζώνη από την Αττική μέχρι τη Μυτιλήνη. Στον αντίποδα, υπάρχει ένα μέτωπο σοβαρής υποεκτίμησης μεγίστων από βορρά προς νότο, από την κεντρική Μακεδονία, τη Θεσσαλία και τη Φωκίδα μέχρι την ανατολική Πελοπόννησο και τη δυτική Κρήτη, με κυριότερα σημεία την Αγχίαλο και τα Χανιά, όπου φτάνει τα 50 mm. Ακόμα, έντονη υποεκτίμηση υπάρχει και στην Κέρκυρα και τη Θεσπρωτία, όπου υπάρχει

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

μεροληψία της τάξης των -70 mm. Στις υπόλοιπες περιοχές ο δορυφόρος υποεκτιμά γενικά τα μέγιστα κατά 10 mm το πολύ.

Στις 24 και 48 ώρες τα πράγματα είναι πολύ πιο ομαλοποιημένα. Τα σφάλματα που παρατηρούνται είναι πολύ μικρότερα επιβεβαιώνοντας αυτό που αναφέραμε πολλάκις πως τα δορυφορικά προϊόντα βελτιώνονται με την αύξηση της χρονικής κλίμακας. Στις 24 ώρες συγκεκριμένα (χάρτης 5.15) οι μεγαλύτερες μεροληψίες είναι της τάξης των 10-15 mm και εντοπίζονται στη δυτική Πελοπόννησο με θετικό πρόσημο και με αρνητικό πρόσημο στην περιοχή του Βόλου και στην περιοχή του Αργολικού κόλπου μέχρι νότια στα Χανιά. Όσο για τις 48 ώρες (χάρτης 5.16) τα πράγματα είναι ακόμα πιο ομαλά με γενική μικρή υποεκτίμηση περίπου 10 mm με εξαίρεση την περιοχή του Λεωνιδίου-Μονεμβασιάς, όπου η υποεκτίμηση είναι γύρω στα 40 mm και στην περιοχή της Κέρκυρας και της Αγχιάλου με υποεκτίμηση μικρότερη των 30 mm.

Σε ό,τι αφορά τα μέγιστα 5ετίας, η κατανομή του σφάλματος προφανώς διαφοροποιείται από αυτή των μεγίστων 10ετίας (βλ. παράρτημα Γ). Πιο συγκεκριμένα, για τις 3 ώρες, σε όλη την ηπειρωτική χώρα παρατηρείται μια μικρή υποεκτίμηση από 5 mm μέχρι και υπερεκτίμηση της τάξης των 2 mm. Σε όλη την υπόλοιπη χώρα (Ιόνιο, Κρήτη, Αιγαίο και Θράκη) παρατηρείται μια υπερεκτίμηση μεγίστων μεγέθους 5 με 7 mm. Ειδικά στην περιοχή της Μυτιλήνης, μαζί με τη Χίο και τη Σάμο παρατηρείται υπερεκτίμηση τάξης 15 mm. Στις 6 ώρες, έχουμε υπερεκτίμηση στη Μυτιλήνη (~30 mm), στην Κρήτη και στη ζώνη από την ΝΑ Θεσσαλία (για πρώτη φορά) μέχρι τη δυτική Στερεά (~10 mm). Κατά τα άλλα τα σφάλμα δεν ξεπερνά τα 5-10 mm.

Στις 12 ώρες, ο χάρτης μοιάζει πολύ με τον αντίστοιχο 10ετίας. Δηλαδή υπήρξε, υπερεκτίμηση στη δυτική Πελοπόννησο (~20 mm) και στην περιοχή της Αττικής μέχρι τη Μυτιλήνη (~10-15 mm). Υποεκτίμηση στην δυτική Κρήτη (~30 mm) και, όπως στα σφάλματα 10ετίας, μέτωπο υποεκτίμησης από Βοιωτία μέχρι Θεσσαλονίκη και Καστοριά-Κέρκυρα. Γενικά στις υπόλοιπες περιοχές σφάλμα τάξης  $\pm 5$  mm. Στις 24 ώρες επιμένουν οι 2 ζώνες σφάλματος σχεδόν ίδιες με τις 12 ώρες. Δηλαδή, υπερεκτίμηση στη δυτική Πελοπόννησο-Αττική-Μυτιλήνη (με μέγιστη μεροληψία 40 mm στην περιοχή του Πύργου) και υποεκτίμηση στη δυτική Κρήτη- Ανατολική Πελοπόννησος-Θεσσαλία-κεντρική Μακεδονία (με μέγιστη μεροληψία 30 mm στην περιοχή των Χανίων και του Βόλου). Οι 2 αυτές ζώνες είναι περίπου κάθετες. Υπερεκτίμηση σημειώνεται και στην Κέρκυρα για πρώτη φορά

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

τάξεως 20 mm. Τέλος, στις 48 ώρες έχουμε έναν πολύ ομαλοποιημένο χάρτη με γενική υπερεκτίμηση στη δυτική Ελλάδα (με μέγιστη τιμή 15 mm στην Κέρκυρα) και σε όλη την υπόλοιπη Ελλάδα υποεκτίμηση τάξης 5-10 mm με εξαίρεση την κεντροδυτική Κρήτη όπου εκεί η τιμή είναι περίπου 15 mm.

Συνεχίζουμε με τα μέσα σφάλματα (βλ. παράρτημα Γ), που είναι πιο αντιπροσωπευτικά για την εκτίμηση της μεροληψίας ολόκληρης της κατανομής σε κάθε διάρκεια. Αξίζει να αναφέρουμε πως εδώ οι μεροληψίες είναι πολύ μικρότερες ως τιμές και είναι λογικό αφού μιλάμε για μέσες τιμές μεροληψίας. Ως προς το μέσο σφάλμα, στις 3 ώρες παρατηρείται παντού μια γενική υπερεκτίμηση τάξης 5 mm και 10 mm στην περιοχή της Θράκης και νοτιότερα μέχρι τη Μυτιλήνη. Εξαίρεση αποτελεί η κεντροανατολική ηπειρωτική χώρα, από την ανατολική Πελοπόννησο μέχρι την κεντρική Μακεδονία, όπου έχουμε μικρή υποεκτίμηση μέχρι 5 mm. Στις 6 ώρες παρατηρούνται γενικά 2 τάσεις στη χώρα, με την Κρήτη και το νότιο Αιγαίο ανάμεσά τους. Υποεκτίμηση σε όλη τη δυτική Ελλάδα (μέγιστη τιμή 3 mm στην Κέρκυρα) και υπερεκτίμηση σε όλη την Ανατολική με αποκορύφωμα τον Έβρο με τιμή 10 mm.

Στις 12 ώρες σχηματίζονται πάλι οι 2 ζώνες που είχαμε και στα σφάλματα 5ετίας. Εδώ επικρατεί η ζώνη υπερεκτίμησης επεκτεινόμενη σε Πελοπόννησο-Αττική-Μυτιλήνη και Θράκη (με μέγιστη μεροληψία 15 mm στην περιοχή του Έβρου) και υποεκτίμηση στην Κρήτη- Πελοπόννησο-Θεσσαλία-κεντρική Μακεδονία και Ήπειρο (με μέγιστη μεροληψία 20 mm στην περιοχή των Χανίων). Στις 24 ώρες έχουμε πάλι τις 2 ζώνες αλλά τώρα επικρατεί η υποεκτίμηση, επεκτεινόμενη σε Κρήτη (μέγιστη τιμή ~10 mm) και σχεδόν όλη τη χώρα από Αττικοβοιωτία και βορειότερα. Υπερεκτίμηση υπάρχει μόνο στη δυτική Πελοπόννησο (μέγιστη τιμή ~15 mm) και τα Επτάνησα. Στις 48 ώρες έχουμε πάλι έναν πολύ ομαλοποιημένο χάρτη με κύρια σημεία την υπερεκτίμηση στην Κέρκυρα (~5 mm) και την υποεκτίμηση στην Κρήτη με μέγιστη τιμή 10-15 mm στα Χανιά.

Τέλος, θα αναφερθούμε λίγο στους χάρτες των μέσων απολύτων σφαλμάτων (βλ. παράρτημα Γ). Όπως προαναφέραμε, το μέσο απόλυτο σφάλμα είναι ο καλύτερος δείκτης της αξιοπιστίας των προσομοιώσεων των κατανομών σε κάθε διάρκεια. Ξεκινώντας, στις 3 ώρες τα μεγαλύτερα σφάλματα (~15 mm) παρατηρούνται στη ΒΑ χώρα, στην περιοχή της Θράκης και του ΒΑ Αιγαίου. Τα μικρότερα στην περιοχή της Αττικής. Στις 6 ώρες, πάλι οι μεγαλύτερες τιμές σφάλματος παρατηρούνται στα Α-ΒΑ της Ελληνικής επικράτειας. Στις 12 ώρες

μεγάλες τιμές σφάλματος επιμένουν στα ΒΑ της χώρας αλλά μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στη νότια Πελοπόννησο και τη δυτική Κρήτη (~15-20 mm). Στις 24 ώρες. Στις 24 ώρες η κατανομή δεν αλλάζει παρά μόνο οι τιμές. Μέγιστη τιμή σφάλματος στο Λεωνίδιο (~20 mm) και ελάχιστη στην περιοχή της Κοζάνης (~5 mm). Στις 48 ώρες, μεγάλες τιμές σφάλματος παραμένουν στην Πελοπόννησο μέχρι τη δυτική Κρήτη, όπου και τα μέγιστα αυτών (~20 mm) και τα Επτάνησα. Η περιοχή χαμηλού σφάλματος επεκτείνεται σε όλη τη Μακεδονία και το βόρειο Αιγαίο.

Σημειώνουμε πως οι παραπάνω τιμές μεροληψιών που αναφέρονται δεν είναι τα ακριβή σφάλματα σε θέσεις σταθμών αλλά οι τιμές που προκύπτουν από τους χάρτες, στους οποίους έχει γίνει παρεμβολή και συνεπώς εξομάλυνση τιμών στα σημεία των σταθμών. Άρα, δεν είναι ίσα τα σφάλματα στους χάρτες και στους πίνακες του παραρτήματος Β σε μια συγκεκριμένη θέση σταθμού. Ένα ακόμη σημείο που αξίζει να τονίσουμε είναι πως παρά τη διαφοροποίηση στο πλήθος σταθμών, οι χάρτες κρατούν μια συνέπεια (π.χ. σταθερή υπερεκτίμηση στη δυτική Πελοπόννησο και τη Μυτιλήνη) πράγμα που κάνει αξιόπιστη την παρούσα έρευνα. Ωστόσο, κρίνεται σκόπιμο να γίνουν πολλές αντίστοιχες μελέτες στο άμεσο μέλλον, χωρίς τα προβλήματα της παρούσης, με περισσότερα δεδομένα και μεγαλύτερες χρονοσειρές, σε συνδυασμό με τα δορυφορικά προϊόντα που συνεχώς βελτιώνονται και γίνονται πιο πλήρη. Μόνον έτσι θα έχουμε και πιο αξιόπιστα αποτελέσματα και πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την αξιοπιστία και χρησιμότητα των δορυφορικών προϊόντων.

Από όλη την παραπάνω σύντομη περιγραφή των χαρτών, μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποια γενικά συμπεράσματα ως προς τη χωρική αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων. Αρχικά, στις μεγάλες τιμές, δηλαδή στα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας, παρατηρείται μόνιμη (σε όλες τις χρονικές κλίμακες) σημαντική υπερεκτίμηση από τα δορυφορικά δεδομένα στις περιοχές του ΒΑ Αιγαίου (Μυτιλήνη) και μια σοβαρή υποεκτίμηση στις περιοχές της κεντροανατολικής ηπειρωτικής Ελλάδας (Θεσσαλία). Επίσης, από τις 12 ώρες και πάνω υπάρχει μια ακόμη σοβαρή και μόνιμη υπερεκτίμηση στην περιοχή της δυτικής Πελοποννήσου (συμμετοχή σταθμού Πύργου), όπως επίσης και στη δυτική Κρήτη (συμμετοχή σταθμού Σούδας) όπου παρατηρείται μια μόνιμη και σοβαρή υποεκτίμηση. Ακόμα, και η Κέρκυρα εμφανίζει μεγάλα σφάλματα αλλά στα μεγέθη 10ετίας είναι αρνητικά (υποεκτίμηση), ενώ στις μεγάλες κλίμακες (24 και 48 ώρες) της 5ετίας γίνονται θετικά (υπερεκτίμηση).

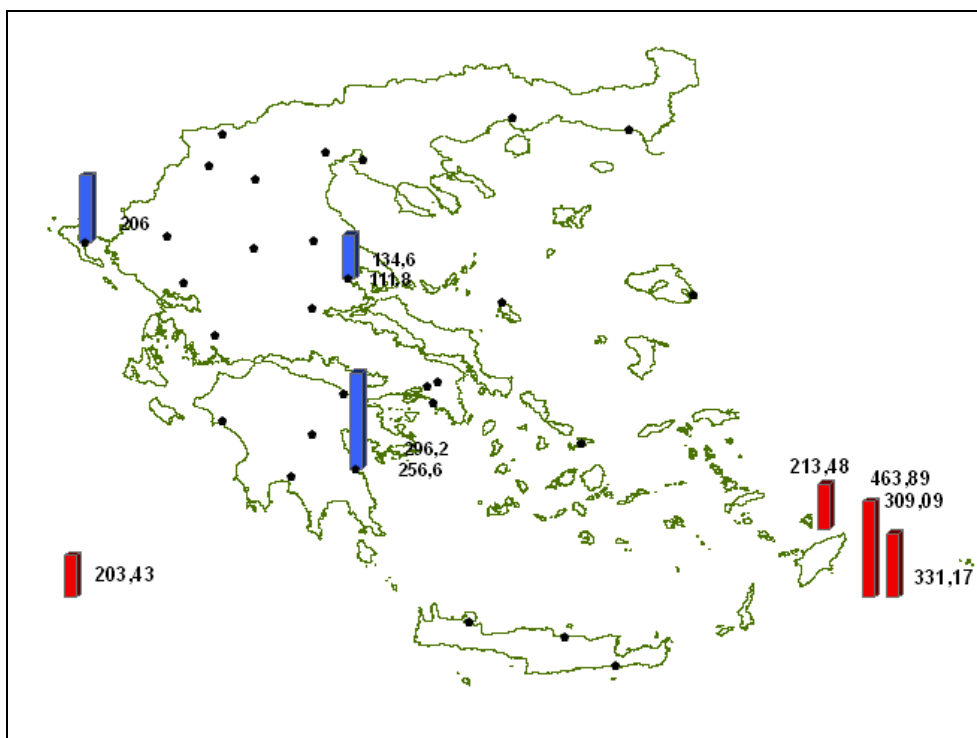
## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Στα μέσα σφάλματα εντύπωση κάνει η μόνιμη υπερεκτίμηση στο ΒΑ Αιγαίο και τη Θράκη. Πάλι στην περιοχή της Θεσσαλίας εντοπίζεται μόνιμη υποεκτίμηση και πάνω από τις 12 ώρες ξεχωρίζει πάλι η υπερεκτίμηση στη δυτική Πελοπόννησο και η υποεκτίμηση στη δυτική Κρήτη και την περιοχή Θεσσαλίας-κεντρικής Μακεδονίας. Τέλος, στα μέσα απόλυτα σφάλματα, οι μεγαλύτερες τιμές, πράγμα που σημαίνει πως έχουμε και τις χειρότερες προσομοιώσεις κατανομών μεγίστων, εντοπίζονται στη ΒΑ χώρα και ιδιαίτερα στην περιοχή της Θράκης-Μυτιλήνης. Μετά τις 12 ώρες μεγάλα σφάλματα εντοπίζονται στη Δ-ΝΔ Πελοπόννησο, στη δυτική Κρήτη και στην περιοχή των Επτανήσων, πράγμα που ακούγεται λογικό εξ αιτίας του έντονου και ποικιλόμορφου καθεστώτος βροχής της περιοχής.

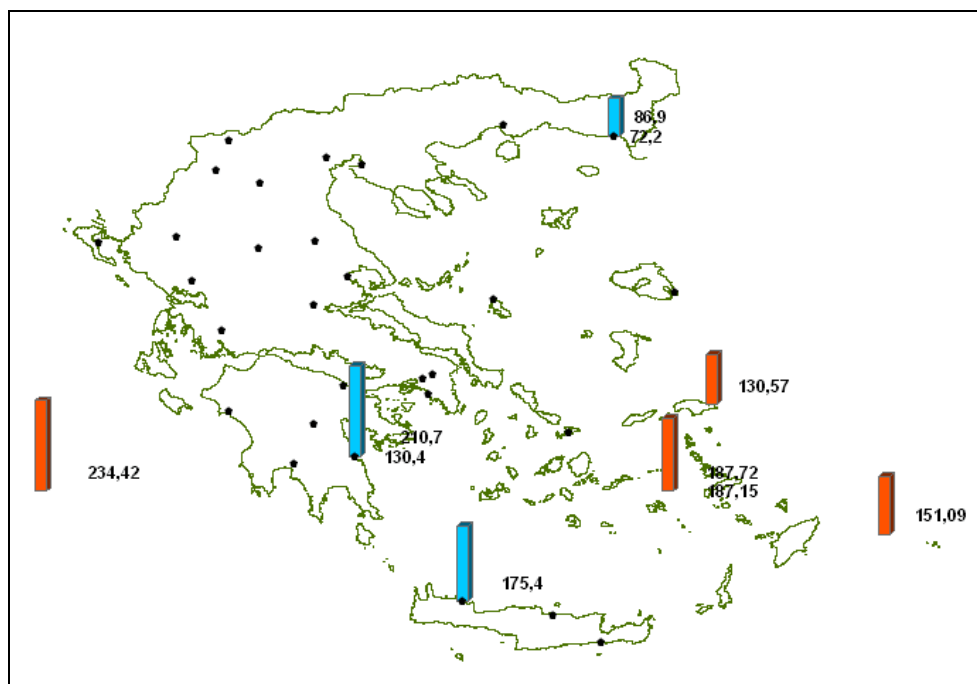
Από τα μέγιστα που προκύπτουν από τα επίγεια δεδομένα και κοιτώντας και τους χάρτες 5.6 με 5.10 του 5<sup>ου</sup> κεφαλαίου παρατηρούμε πως με εξαίρεση την Κέρκυρα, τα μεγαλύτερα, σε απόλυτα νούμερα, μέγιστα της 10ετίας και της 5ετίας, σε όλες τις διάρκειες, προέρχονται από την ανατολική χώρα. Και ιδιαίτερα το ποσοστό των μεγίστων σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής θα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο στην ανατολική Ελλάδα. Αυτό το χαρακτηριστικό των ακραίων βροχοπτώσεων είναι ενδιαφέρον να δούμε αν υπάρχει στα δορυφορικά δεδομένα. Στον πίνακα 6.3 φαίνονται τα μεγαλύτερα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας από τα επίγεια και δορυφορικά δεδομένα και που αυτά συνέβησαν.

**Πίνακας 6.3. Χαρακτηριστικά μεγαλύτερων τιμών μέγιστα 10ετίας και 5ετίας για τα επίγεια και δορυφορικά δεδομένα**

Μέγιστα 10ετίας					
	Επίγεια		Δορυφορικά		
	(mm)	Θέση	(mm)	Θέση	
				Γ. Πλάτος (°)	Γ. Μήκος (°)
<b>3h</b>	111,8	Αγχίαλος	203,43	35,75	19,75
<b>6h</b>	134,6	Αγχίαλος	213,48	36,50	28,00
<b>12h</b>	206	Κέρκυρα	309,09	35,75	28,75
<b>24h</b>	256,6	Λεωνίδιο	331,17	35,75	28,50
<b>48h</b>	296,2	Λεωνίδιο	463,89	35,75	28,50
Μέγιστα 5ετίας					
	Επίγεια		Δορυφορικά		
	(mm)	Θέση	(mm)	Θέση	
				Γ. Πλάτος (°)	Γ. Μήκος (°)
<b>3h</b>	72,2	Αλεξ/πολη	130,57	37,75	27,00
<b>6h</b>	86,9	Αλεξ/πολη	151,09	36,25	29,00
<b>12h</b>	130,4	Λεωνίδιο	187,15	36,75	26,50
<b>24h</b>	175,4	Σούδα	187,72	36,75	26,50
<b>48h</b>	210,7	Λεωνίδιο	234,42	36,75	19,25



(α)



(β)

**Χάρτες 6.1. Χάρτης μεγαλύτερων τιμών μεγίστων 10ετίας (α) και 5ετίας (β) για κάθε διάρκεια. Τα μέγιστα τις EMY είναι τα μπλε σύμβολα (μπλε (α) και γαλάζιο (β)) και του δορυφόρου τα κόκκινα (κόκκινα (α) και πορτοκαλί (β)).**



Επειδή οι θέσεις που σημειώνονται τα μεγαλύτερα μέγιστα από τα δορυφορικά δεδομένα διατίθενται με συντεταγμένες στον πίνακα 6.3 και δεν είναι εύκολο να καταλάβουμε που βρίσκονται, παρατίθεται και οι χάρτες 6.1 ((α) και (β)) με τις θέσεις των μεγαλύτερων μεγίστων τιμών για κάθε διάρκεια, για τη 10ετία (α) και την 5ετία (β) τόσο για τα επίγεια όσο και για τα δορυφορικά δεδομένα. Η χρονική κλίμακα αναπαρίσταται με το μέγεθος του σύμβολου (βούλα). Τα μαύρα στίγματα στους χάρτες 6.1 είναι οι θέσεις των σταθμών της EMY.

Από τους παραπάνω χάρτες πως ο δορυφόρος δίνει τις μεγαλύτερες τιμές μεγίστων στην ανατολική και νότια χώρα. Σε γενικές γραμμές «πιάνει» την τάση που υπάρχει, αφού στην ΝΑ χώρα, παρά του ότι είναι άνυδρη λόγω χαμηλού μέσου ετήσιου ύψους βροχής, έχουμε και τις εντονότερες καταιγίδες (Μαμάσης, 2011, Μιμίκου, 2010). Ωστόσο, στην παραπάνω σύγκριση σοβαρή τροχοπέδη αποτελεί το γεγονός ότι δεν έχουμε κάποιο σταθμό στην περιοχή της Ρόδου, καθώς ο δορυφόρος δίνει πολύ μεγάλες τιμές μεγίστων 10ετίας γύρω από το νησί. Επίσης, σύμφωνα με τα δεδομένα της EMY φαίνεται να έχουμε υψηλές τιμές μεγίστων και στη βόρεια χώρα (Αλεξανδρούπολη, Αγκίαλος, Κέρκυρα) που δεν φαίνεται να δίνει και ο δορυφόρος. Μην ξεχνούμε πως στα σφάλματα 10ετίας, η Κέρκυρα πρωταγωνιστούσε σε περιπτώσεις υποεκτίμησης. Από την άλλη, η Μυτιλήνη είχε μόνιμη υπερεκτίμηση, κάτι που «αποκλείει» την περιοχή της Αλεξανδρούπολης και νοτιότερα από υποεκτιμήσεις.

Πέρα από την παραπάνω απλουστευμένη σύγκριση, για να δούμε σε κάθε σταθμό αν προσομοιώνεται η δίαιτα των ακραίων επεισοδίων, συγκρίναμε μεταξύ της επίγεια και της δορυφορικής-εκτιμημένης χρονοσειράς τα συνολικά χιλιοστά (mm) βροχής που έπεσαν, τον αριθμό των ημερών (ή των 12ωρων για τους σταθμούς της 2<sup>ης</sup> ομάδας) με μη μηδενική βροχή (Nr) και τον αριθμό των ημερών (ή των 12ωρων για τους σταθμούς της 2<sup>ης</sup> ομάδας) με ύψος πάνω από κάποιο δεδομένο (Nr>10, 20...). Τα αποτελέσματα κάθε σταθμού φαίνονται σε πίνακες στο παράρτημα Α. Παρατηρήσαμε πως στη συντριπτική πλειοψηφία των σταθμών, τα συνολικά mm βροχής ήταν πολύ περισσότερα σύμφωνα με τα επίγεια στοιχεία. Επίσης, οι μέρες (ή τα 12ωρα) με μη μηδενική βροχή ήταν πάλι πολύ περισσότερες στα επίγεια δεδομένα κάτι που ισχυροποιεί το συμπέρασμά μας πως οι δορυφόροι αδυνατούν να καταγράψουν τα μικρά επεισόδια. Ακόμη, και στα μέτρια επεισόδια (π.χ. 10 – 20 mm) παρατηρήθηκε σοβαρή υποεκτίμηση. Έτσι προφανώς προκύπτει η συχνότατη αρνητική μεροληψία των μέσων όρων των χρονοσειρών (PBIAS). Όσον

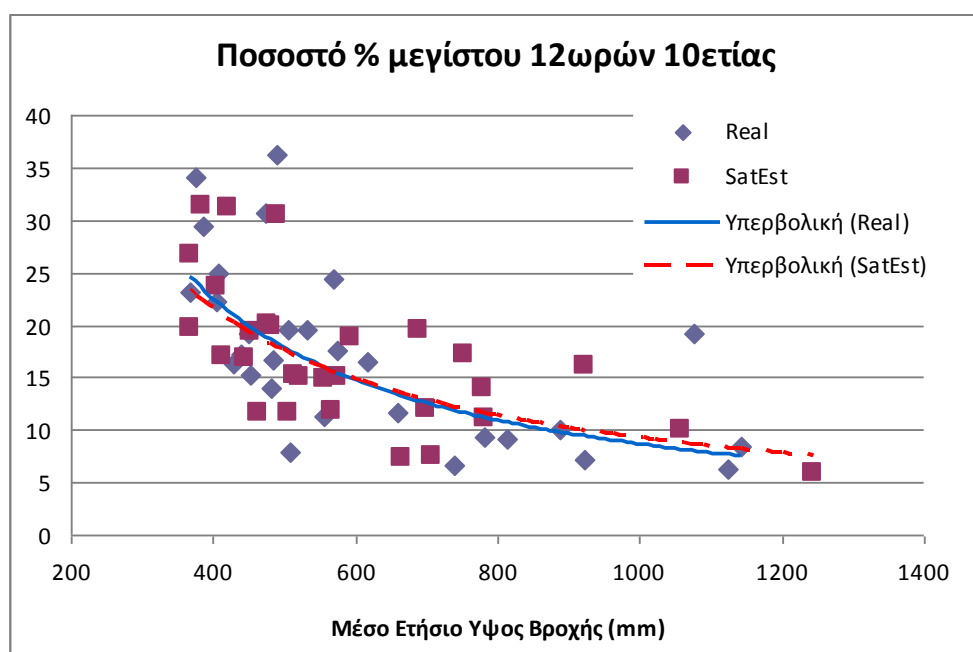
αφορά τα έντονα επεισόδια, ημέρες βροχής με πάνω από 60 ή 70 mm και εκεί υπήρχε συχνά υποεκτίμηση, όχι τόσο έντονη όσο πριν, αλλά συνήθως η χρονοσειρά των δορυφορικών δεδομένων «κρατούσε» 1 ή 2 πολύ έντονα επεισόδια παρά τις μεγάλες υποεκτιμήσεις στα μέτρια και μικρά επεισόδια.

Όλα τα παραπάνω συνάδουν με το συμπέρασμα πως ο δορυφόρος αγνοεί συστηματικά μικρά επεισόδια αλλά κάποια στιγμή (που μπορεί να μην συμπίπτει με πραγματικό επεισόδιο) ο δορυφόρος δίνει μια μεγάλη τιμή «εξισορροπώντας» κάπως την κατάσταση, κάτι που αναφέρθηκε και προηγουμένως στο εδάφιο 6.1. Ο μηχανισμός αυτός δικαιολογείται αν σκεφτούμε πως ο αλγόριθμος 3B42 χρησιμοποιεί διόρθωση με επίγεια δεδομένα αλλά σε μεγαλύτερη χρονική κλίμακα (και μάλιστα μηνιαία, απ' όπου βγαίνει κατ' ευθείαν ο 3B43, NASA, 3B42 Algorithm, 2011) για να αποφευχθούν τα προβλήματα αναξιοπιστίας των επιγείων δεδομένων στις μικρές κλίμακες. Αφού γίνει η διόρθωση επιστρέφει στην 3ωρη κλίμακα με μοντέλο επιμερισμού (disaggregation, NASA, 3B42 Algorithm, 2011). Μόνο και μόνο ο επιμερισμός εμπερικλείει σημαντικά σφάλματα και γι' αυτό έχει γίνει σοβαρή έρευνα πάνω στο θέμα και έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα (ντετερμινιστικού αλλά και κυρίως στοχαστικού χαρακτήρα) για τη μείωση της αβεβαιότητάς του (Koutsoyiannis, 2003).

Η τελευταία μέθοδος που εφαρμόσαμε για να διαπιστώσουμε αν προσομοιώνεται η συμπεριφορά των ακραίων επεισοδίων, ήταν να ελέγξουμε αν τηρείται το ποσοστό των μεγίστων τιμών σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής μιας περιοχής. Στο παράρτημα Α σε κάθε σταθμό υπάρχει ένα πίνακας που δίνει τα μέγιστα ως τιμή (σε mm) και ως ποσοστό (%) του μέσου ετήσιου ύψους βροχής, για τα επίγεια και τα δορυφορικά δεδομένα αντίστοιχα. Φυσικά, για τα επίγεια δεδομένα, για μέσο ετήσιο ύψος πάρθηκε η τιμή της EMY (EMY, 2011, Αλεξοπούλου, 2010, Κουτσογιάννης κ.α., 2008), ενώ για τα δορυφορικά το μέσο ετήσιο ύψος που βγαίνει από τον αλγόριθμο 3B42, όπως υπολογίστηκε από την Αλεξοπούλου (Αλεξοπούλου, 2010).

Σε γενικές γραμμές τα ποσοστά σε όλες τις κλίμακες είναι κοντά, άλλοτε με αρνητική μεροληψία και άλλοτε με θετική. Τα αποτελέσματα όλα παρατίθενται στο παράρτημα Α, για κάθε σταθμό ξεχωριστά. Ωστόσο, για να έχουμε μια πιο εποπτική εικόνα φτιάξαμε ένα διάγραμμα (σχήμα 6.22) στο οποίο ο οριζόντιος άξονας είναι το μέσο ετήσιο ύψος υετού και στο κάθετο άξονα είναι το ποσοστό του μεγίστου σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος και εκεί βάλαμε όλους τους σταθμούς. Διαλέξαμε το

μέγιστο των 12 ωρών που είναι πιο εποπτικό και είναι το μέγιστο που είναι διαθέσιμο σε όλους τους σταθμούς στη μικρότερη δυνατή κλίμακα. Εμείς αναμένουμε καθώς το μέσο ετήσιο ύψος αυξάνει το ποσοστό να πέφτει (Μαμάσης, 1997) πράγμα που συνέβη βλέποντας τις γραμμές τάσης στο σχήμα 6.22. Το θέμα είναι πόσο κοντά είναι αυτές οι 2 γραμμές τάσεως, δηλαδή η γραμμή τάσης των επίγειων και των δορυφορικών δεδομένων. Πραγματικά, βλέποντας το σχήμα 6.22 οι γραμμές τάσης είναι πολύ κοντά πράγμα που σημαίνει πως ο δορυφόρος προσομοιώνει καλά τη συγκεκριμένη συμπεριφορά των ακραίων γεγονότων βροχής και δείχνει πως υπάρχει μια συνέπεια στα δορυφορικά δεδομένα στις διάφορες χρονικές κλίμακες (από το 12ωρο μέχρι το μέσο ετήσιο ύψος).



**Σχήμα 6.22. Ποσοστά μεγίστων 12 ωρών 10ετίας σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος νετού για τα επίγεια (Real) και τα δορυφορικά (SatEst) δεδομένα.**

### **6.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Σε όλο το κεφάλαιο συζητήσαμε για την αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων σε σχέση με τα επίγεια και κάναμε ενδελεχή ανάλυση των σφαλμάτων που δίνουν τα πρώτα σε σχέση με τα δεύτερα. Ωστόσο, ήδη από το 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο κάναμε μια νύξη για την αξιοπιστία των δεδομένων της EMY και είπαμε πως σε ορισμένες περιπτώσεις είναι τέτοια που κάνουν τα ίδια τα επίγεια δεδομένα αμφίβολα. Φυσικά, στην παρούσα εργασία δεν έγινε κάποιος έλεγχος αξιοπιστίας των επίγειων μετρήσεων και τα δεδομένα λήφθηκαν εξ αρχής ως αξιόπιστα και σωστά. Ωστόσο σε κάποιους σταθμούς δόθηκε η ευκαιρία να γίνει κάποιο είδος ελέγχου που παρουσιάζεται στο παρόν εδάφιο.

Καταρχάς αξίζει να αναφέρουμε πως τα λάθη στις μετρήσεις έχουν 2 αιτίες. Η πρώτη αιτία είναι το σφάλμα μέτρησης λόγω κάποιας δυσλειτουργίας του οργάνου, ενώ η δεύτερη και πιο συχνή είναι η λανθασμένη καταγραφή της μέτρησης, κάτι που οφείλεται αποκλειστικά στον παρατηρητή. Ο συνδυασμός των 2 οδηγεί σε πληθώρα κενών τιμών ή τιμών που δεν είναι λογικές ή δεν συμβαδίζουν με τις υπόλοιπες μετρήσεις. Για παράδειγμα στους σταθμούς της 1<sup>ης</sup> ομάδας συχνά συναντήσαμε η μέτρηση βροχόμετρου να μην συμβαδίζει με του βροχογράφου, μάλλον λόγω βλάβης κάποιου οργάνου ή απροσεξίας του παρατηρητή. Συχνά, στους σταθμούς της 2<sup>ης</sup> ομάδας συναντήσαμε πολλές κενές τιμές και ανάμεσα στα κενά να υπάρχουν κάποιες σκόρπιες τιμές, η αξιοπιστία των οποίων είναι εξαιρετικά αμφίβολη αλλά σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ελεγχθεί.

Όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο 3, τα δεδομένα του σταθμού του Αγρινίου και των Ιωαννίνων τα πήραμε και ως έντυπα βροχογράφου αλλά και πληκτρολογημένα σε ηλεκτρονική μορφή στην 12ωρη κλίμακα. Έτσι μπήκαμε στην διαδικασία να συγκρίνουμε τις 2 αυτές χρονοσειρές και να δούμε αν τα δεδομένα συμπίπτουν μεταξύ τους. Η σύγκριση έγινε στην 24ωρη κλίμακα καθώς στην περίπτωση των δεδομένων από τα έντυπα βροχογράφων, μόνο στις 24 ώρες πληκτρολογήσαμε όλη τη χρονοσειρά συνεχόμενα από τις μετρήσεις των βροχόμετρων για κάθε μέρα. Έτσι, τα δεδομένα που ήταν έτοιμα σε ψηφιακή μορφή και ήταν στη 12ωρη κλίμακα συναθροίσθηκαν στις 24 ώρες για κάθε μέρα στις 22:00 UTC, αφού τα βροχόμετρα δίνουν τη μέτρηση κάθε μέρα στις 24:00 χειμερινή ώρα Ελλάδος (βλ. κεφάλαιο 3). Τόσο στη σύγκριση του Αγρινίου όσο και των Ιωαννίνων υπολογίστηκαν όλα όσα υπολογίζονταν στις συγκρίσεις μεταξύ των

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

επιγείων δεδομένων και των δορυφορικών σε κάθε σταθμό. Επίσης, έγινε και σύγκριση μεγίστων και σύγκριση του αριθμού των ημερών με μη μηδενική βροχόπτωση. Τα αποτελέσματα και για τους 2 σταθμούς φαίνονται στον πίνακα 6.4.

Τα αποτελέσματα δεν είναι και τόσο ικανοποιητικά ειδικά για το σταθμό του Αγρινίου καθώς συναντήσαμε συντελεστή αποδοτικότητας γύρω στο 0,6 και τιμή συνάρτησης σφάλματος  $923,24 \text{ mm}^2$ . Αλλά και ο συντελεστής συσχέτισης είναι μικρότερος του 0,8. Παρατηρούμε πως για τον σταθμό του Αγρινίου, τα ψηφιακά δεδομένα δείχνουν να έχουν καταγράψει περισσότερα μικρά επεισόδια (1195 ημέρες βροχής έναντι 960 που δίνουν τα έντυπα) ενώ τα έντυπα δίνουν περισσότερα μεγάλα επεισόδια (4 ημέρες με ύψος μεγαλύτερο από 90 mm έναντι κανενός από τα ψηφιακά). Επίσης, υπάρχει σοβαρή υποεκτίμηση (25%) του μεγίστου ημερήσιου ύψους βροχής από τα ψηφιακά σε σχέση με τα έντυπα στοιχεία. Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει πως τα μεγάλα επεισόδια ειδικά είναι εξαιρετικά αμφίβολα αφού 4 από αυτά (μέσα στα οποία είναι και τα μεγέθη 10ετίας και 5ετίας) δεν φαίνονται από τα ψηφιακά δεδομένα. Στο σχήμα 6.23 φαίνεται η χρονοσειρά ετήσιων μεγίστων τιμών διάρκειας 24ωρών, όπως προκύπτουν από τα ψηφιακά και έντυπα δεδομένα.

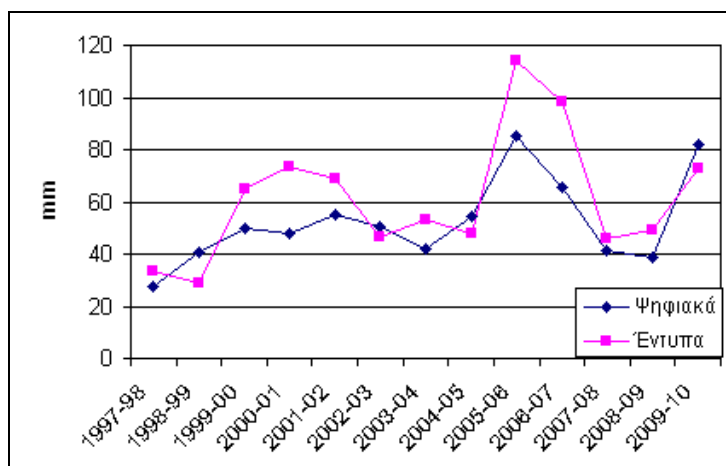
Στο σταθμό των Ιωαννίνων τα πράγματα είναι πολύ καλύτερα με Eff μεγαλύτερα του 0,7 και R μεγαλύτερο του 0,85. Τα μέγιστα είναι πολύ κοντά (4,85% σφάλμα στο μέγιστο 24ωρο της 10ετίας), όπως φαίνεται στο σχήμα 6.24 όπου μόνο το έτος 2007-08 παρατηρείται σοβαρή ασυμφωνία, και το πλήθος των ακραίων επεισοδίων είναι το, δηλαδή μέρες με ύψος μεγαλύτερο από 60 mm, είναι το ίδιο τόσο στα έντυπα όσο και στα ψηφιακά. Φυσικά, είναι λογικό να μην υπάρχει πλήρης ταύτιση κυρίως λόγω της συνάθροισης από τις 12 ώρες στις 24 των ψηφιακών δεδομένων αφού απαιτείται παρεμβολή συναθροίζοντας στην κάθε μέρα τα δωδεκάωρα στις 06:00 και 18:00 σε ημερήσια στις 22:00. Ωστόσο οι επιδόσεις του Αγρινίου είναι πολύ κακές και δεν δικαιολογούνται από τη συνάθροιση.

Πέρα από την αξιοπιστία των πρωτογενών επιγείων δεδομένων, τίθεται ζήτημα αξιοπιστίας για τις τιμές των μεγίστων που εξήχθησαν από τους σταθμούς της πρώτης ομάδας. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέραμε πως σε κάθε σταθμό η σύγκριση μεταξύ των επιγείων και των δορυφορικών δεδομένων, στις μικρές κλίμακες (3, 6 και 12 ώρες), δεν έγινε σε όλη τη χρονοσειρά συνεχόμενα αλλά για κάθε υδρολογικό έτος επιλέξαμε τις 10 ημέρες με το μεγαλύτερο ύψος και σ' αυτές έγινε η σύγκριση. Από αυτές τις ημέρες βγήκαν και τα μέγιστα 3ωρα, 6ωρα και 12ωρα, πράγμα που σημαίνει πως υπάρχει πιθανότητα (μικρή βέβαια) να χάνουμε κάποιο μέγιστο,

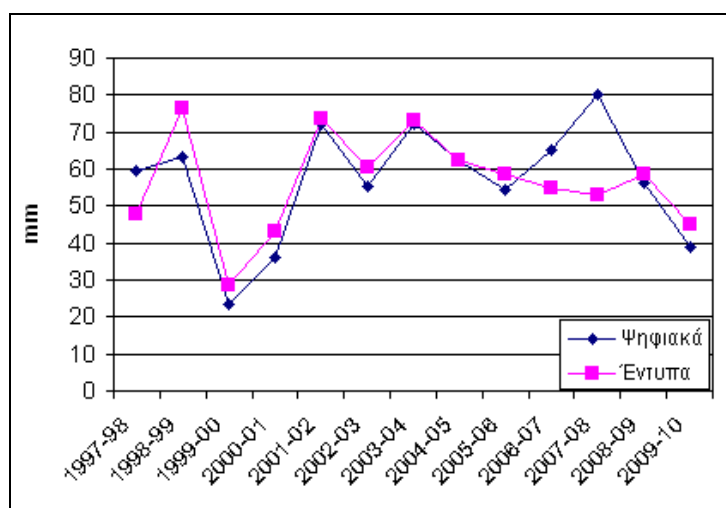
κυρίως τρίωρο. Για τους σταθμούς της Αττικής συγκεκριμένα (Ελληνικό, Φιλαδέλφεια και Τατόι) τα μέγιστα σε κάποιες διάρκειες έχουν υπολογιστεί από τους Κουτσογιάννη και άλλοι (Κουτσογιάννης κ.α., 2010) και ενδιαφέρον θα είχε να κάνουμε μια σύγκριση. Στον πίνακα 6.5 φαίνεται η σύγκριση μεγίστων όπως προέκυψαν από την μελέτη των Κουτσογιάννη και άλλων (2010) και από την παρούσα μελέτη από τα έντυπα των βροχογράφων για το σταθμό του Ελληνικού. Αντίστοιχα στον πίνακα 6.6 για το σταθμό της Φιλαδέλφειας και 6.7 για το Τατόι.

**Πίνακας 6.4. Αποτελέσματα συγκρίσεων επιγείων δεδομένων για τον σταθμό του Αγρινίου και των Ιωαννίνων.**

	<b>Αγρίνιο</b>		<b>Ιωάννινα</b>	
<b>eff</b>	0,591027659		0,723077276	
<b>Er (mm<sup>2</sup>)</b>	923,2391981		149,4466911	
	<b>Ψηφιακά</b>	<b>Έντυπα</b>	<b>Ψηφιακά</b>	<b>Έντυπα</b>
<b>av (mm)</b>	2,154644876	2,145023	2,990017	2,91167
<b>stdev (mm)</b>	6,371109243	7,320441	7,483578	7,838954
<b>bias (%)</b>	0,448551231		2,690781201	
<b>stdevbias</b>	-12,96822854		-4,533456851	
<b>MAE (mm)</b>	1,191853035		1,305377574	
<b>RMSE (mm)</b>	4,681491049		4,125127763	
<b>R</b>	0,774649162		0,856050713	
<b>R<sup>2</sup></b>	0,600081325		0,732822824	
<b>mm</b>	8767,25	8728,1	10453,1	10179,2
<b>Nr</b>	1195	960	1260	1036
<b>Nr&gt;10</b>	291	288	349	339
<b>Nr&gt;20</b>	119	122	135	148
<b>Nr&gt;30</b>	45	56	61	74
<b>Nr&gt;40</b>	21	31	26	36
<b>Nr&gt;50</b>	9	12	13	16
<b>Nr&gt;60</b>	4	10	6	6
<b>Nr&gt;70</b>	3	7	3	3
<b>Nr&gt;80</b>	2	4	0	0
<b>Nr&gt;90</b>	0	4	0	0
<b>maxValue (mm)</b>	85,15	114,2	80	76,3
<b>Difference (%)</b>	-25,44		4,85	



**Σχήμα 6.23. Χρονοσειρά ετήσιων ημερήσιων μεγίστων για το σταθμό του Αγρινίου από τα ψηφιακά και έντυπα δεδομένα.**



**Σχήμα 6.24. Χρονοσειρά ετήσιων ημερήσιων μεγίστων για το σταθμό των Ιωαννίνων από τα ψηφιακά και έντυπα δεδομένα.**

Από τις συγκρίσεις προκύπτει πως οι τιμές μεγίστων της παρούσας μελέτης και της μελέτης των Κουτσογιάννη και άλλων (2010) είναι πάρα πολύ κοντά και συνεπώς παρά τον «ανορθόδοξο» τρόπο που μπορεί να ακολουθήσαμε για να εξάγουμε μέγιστα στις μικρές κλίμακες, δεν χάσαμε κανένα μέγιστο καθώς όπου δεν υπάρχει πλήρης ταύτιση τιμών, οι τιμές από την παρούσα μελέτη είναι μεγαλύτερες. Εξαιρέση αποτελεί ο σταθμός του Τατοΐου όπου παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις, κάτι που κάνει τα δεδομένα του σταθμού εξαιρετικά αμφίβολα, όπως είχαμε υποψιαστεί εξ αρχής λόγω των πολλών ελλείψεων.

**Πίνακας 6.5. Σύγκριση ετησίων μεγίστων τιμών σε mm από τους Κουτσογιάννη και άλλοι (2010) και τα έντυπα βροχογράφων για το σταθμό του Ελληνικού.**

	<i>Κουτσογιάννης κ.α., 2010</i>				<i>Έντυπα Βροχογράφων</i>			
	6h	12h	24h	48h	6h	12h	24h	48h
1994-95	36,5	42,7	42,7	62,3				
1995-96				50,3				
1996-97				54,3				
1997-98				166,5			142	166,5
1998-99				102,6	76,9	96	96,3	96,3
1999-00	12,3	12,3	12,3	20,7	17,8	20,5	20,7	20,7
2000-01	41,0	41,0	41,0	49,7	42,5	49,4	41	49,7
2001-02	68,2	79,3	106,7	123,6	62,9	89	96,8	123,6
2002-03	57,6	59,6	59,6	73,5	56,3	58,3	59,6	73,5
2003-04	52,8	61,0	61,8	62,8	50,8	59,4	62	62,8
2004-05	33,9	33,9	33,9		33,9	33,9	33,9	34,6
2005-06	66,2	73,4	74,4	97,4	66,7	72,6	74,4	97,4
2006-07	32,0	39,4	39,4		31	39,4	39,4	41,4
2007-08	32,2	34,1	34,1		32,6	37,7	34,1	64,3
2008-09	19,0	19,0			15,7	18,4	19	19,6
2009-10							27,8	36,7

**Πίνακας 6.6. Σύγκριση ετησίων μεγίστων τιμών σε mm από τους Κουτσογιάννη και άλλοι (2010) και τα έντυπα βροχογράφων για το σταθμό της Νέας Φιλαδελφείας.**

	<i>Κουτσογιάννης κ.α., 2010</i>				<i>Έντυπα Βροχογράφων</i>			
	6h	12h	24h	48h	6h	12h	24h	48h
1991-92	50,3	64,5	65	69,4				
1992-93			30,8	43,8				
1993-94			40,7	57,2				
1994-95	88,3	109	118	122,8				
1995-96				49,2				
1996-97				120,9				
1997-98				124,3			113,5	124
1998-99				54,2	35	49,7	49,7	50,4
1999-00	9,6	12,8	12,8	44,9	19,5	30,7	25,6	44,9
2000-01	34,8	48,2	52,2	52,2	32,6	46,5	34,8	52,2
2001-02	34,5	47,4	71,3	87,6	63,7	63,7	63,5	87,6
2002-03	42,4	49,7	59,1	59,2	44,7	64,1	45,2	59,2
2003-04	39,2	55,9	67,4	75,5	38,4	54,4	47,5	75,5
2004-05	45,5	45,5	45,5		45,5	45,5	45,5	54,4
2005-06	31,2	31,2	34,6		31,2	46,2	34,8	56,2
2006-07	44,2	51,4	60,9		44,2	52,4	61,2	79,5
2007-08					34,4	43,7	34,4	43,7
2008-09					54,4	54,4	54,4	54,4
2009-10							32,4	40,3



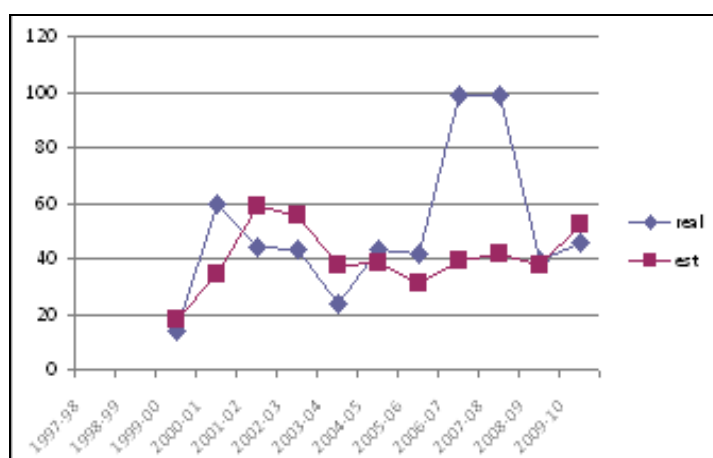
**Πίνακας 6.7. Σύγκριση ετησίων μεγίστων τιμών σε mm από τους Κουτσογιάννη και άλλοι (2010) και τα έντυπα βροχογράφων για το σταθμό του Τατοΐου.**

	<b>Κουτσογιάννης κ.α. 2010</b>		<b>Έντυπα Βροχογράφων</b>	
	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
1998-99	43,1	53,5		
1999-00	50,9	55,3		
2000-01	27,6	27,6		
2001-02	63,4	86,4		
2002-03	41,9	46,5		
2003-04	51,3	69,1		
2004-05	60,2	79,1	27,2	27,2
2005-06	51,8	76,1	51,8	70,3
2006-07	88	100,7	88	100,6
2007-08	54,7	73,9	54,7	54,7
2008-09				
2009-10			23,8	25,7

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε περιπτώσεις μεγίστων τιμών που ήταν μεμονωμένες σε περιοχές της χρονοσειράς δεδομένων όπου υπήρχαν πολλά κενά. Τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση είναι ο σταθμός Τρίκαλα Ημαθίας όπου παρατηρήθηκαν 2 ετήσια μέγιστα 12ωρών με ίδια τιμή (99 mm) σε περιοχή με πάρα πολλά κενά, τη στιγμή που ο δορυφόρος δίνει αντίστοιχα μέγιστα 12ωρα, τα ίδια έτη, πολύ χαμηλότερες τιμές (περίπου 40 mm). Ακόμα, αξίζει να αναφέρουμε πως και στις 2 συγκεκριμένες ημέρες που σύμφωνα με τα επίγεια έχουμε 12ωρο τιμής 99 mm, ο δορυφόρος δίνει τιμή 0 mm. Η περίπτωση αυτή, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.25, είναι κλασική σοβαρή υποεκτίμηση από τον δορυφόρο αλλά μπορεί να οφείλεται μόνο σε λανθασμένα επίγεια δεδομένα.

Στον πίνακα 6.8 φαίνονται τα μεγαλύτερα σφάλματα εκτίμησης (που και πότε συμβαίνουν και σε ποια κλίμακα σύγκρισης) που οδηγούν είτε στο συμπέρασμα ότι ο δορυφόρος δίνει μετρήσεις εκτός πραγματικότητας είτε ότι έχουμε λανθασμένα επίγεια δεδομένα. Τα Sat<sub>i</sub> δείχνουν τις δορυφορικές τιμές των 4 γειτονικών φατνίων και Est είναι η εκτιμημένη τιμή που βγήκε από την βέλτιστη παρεμβολή (βλ. εδάφιο 4.3). Από τον πίνακα αυτό τα κυριότερα προβλήματα (υποεκτίμησης) φαίνονται να συγκεντρώνονται στη Σούδα και (υπερεκτίμησης) στον Πύργο κάνοντας τα επίγεια μετρήσεις των σταθμών αυτών αμφίβολες. Φυσικά, αυτές οι περιπτώσεις δεν συγκρίνονται με την περίπτωση στα Τρίκαλα Ημαθίας καθώς ο δορυφόρος δίνει μη

μηδενικές τιμές, πράγμα που σημαίνει πως για το σφάλμα μάλλον ευθύνεται η δορυφορική εκτίμηση.



**Σχήμα 6.25. Σοβαρό σφάλμα στην εκτίμηση του μεγίστου 12ωρου 10ετίας (mm) πιθανώς λόγω λάθους στα επίγεια δεδομένα (real) στα Τρίκαλα Ημαθίας.**

Επίσης, αξίζει να αναφέρουμε και την περίπτωση του Λεωνιδίου που δίνει για μέγιστο 48ωρο 10ετίας 296 mm (26-27/1/2003) τιμή πολύ μεγάλη σύμφωνα και με τις αντίστοιχες δορυφορικές μετρήσεις. Ωστόσο, δεν φαίνεται να υπάρχει λάθος στα επίγεια στοιχεία καθώς ούτε κενές τιμές υπάρχουν εκεί κοντά (χρονικά) αλλά και στην περιοχή της ανατολικής Πελοποννήσου γενικά συνηθίζονται τέτοια ακραία γεγονότα, όπως για παράδειγμα στην Κόρινθο που σημειώθηκε ημερήσιο ύψος βροχής 290 mm, τιμή που κατέχει και το πανελλήνιο ρεκόρ μεγαλύτερου απόλυτου ημερήσιου ύψους βροχής (Παπαθεοδοσίου και Κατσίφα, 2009, Μαμάσης, 2011).

**Πίνακας 6.8. Κυριότερες περιπτώσεις σφαλμάτων κάνοντας αμφίβολη την αξιοπιστία των επίγειων δεδομένων.**

Station	Scale (h)	Date	UTC	Real	Sat <sub>1</sub>	Sat <sub>2</sub>	Sat <sub>3</sub>	Sat <sub>4</sub>	Est
Τρίκαλα Ημαθίας	12	26/3/2007	6:00	99	0	0	0	0	0
Σούδα	12	12/10/2006	6:00	139	65,2	57,2	38,89	25,42	62,46149
Σούδα	12	17/10/2006	18:00	104	8,17	10,14	10,87	29,85	18,31439
Σούδα	12	16/1/2001	18:00	124	41,03	35,93	20,94	5,01	38,82106
Πύργος	12	21/12/2001	18:00	56,3	140,24	163,51	176,09	152,07	148,5449
Πύργος	12	4/12/1998	18:00	1,9	103,9	102,8	114,2	110,2	104,7949
Κέρκυρα	12	1/11/2000	6:00	206	70,24	59,13	23,63	52,21	35,93856
Μυτιλήνη	3	22/1/2004	8:00	1,6	103,26	85,51	73,2	64,77	79,13142
Αγχάλιος	3	9/11/1999	2:00	86	9,09	10,81	9,6	10,99	10,81

Ύστερα από όλα όσα αναφέραμε στο παρόν κεφάλαιο, καταλήγουμε στο γενικό συμπέρασμα πως τα δορυφορικά δεδομένα δεν είναι και τόσο ικανοποιητικά στην λεπτή χρονική κλίμακα ενός επεισοδίου. Τα δεδομένα αυτά βρίσκουν καλύτερη εφαρμογή σε κλιματικά θέματα παρά σε υδρολογικό σχεδιασμό. Πρέπει να χρησιμοποιούνται πάντα σε συνδυασμό με αξιόπιστες επίγειες μετρήσεις ώστε να διαστρώνονται. Συστήνεται να χρησιμοποιούνται μόνα τους μόνον σε εξαιρετικές περιπτώσεις πλήρους ανυπαρξίας επίγειων δεδομένων και σε έργα όσο το δυνατόν χαμηλής σημαντικότητας.

Η ύπαρξη τέτοιου είδους δεδομένων μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να μας «λύσει τα χέρια» καθώς αποτελούν μια γρήγορη και άμεσα προσβάσιμη λύση σε προβλήματα αναζήτησης μετεωρολογικών δεδομένων, ειδικά σε περιοχές όπου τα επίγεια δεδομένα είτε δεν υπάρχουν είτε δεν είναι αξιόπιστα. Ωστόσο, η αξιοπιστία των δορυφορικών δείχνει πως η ανάγκη για σχολαστική και με προδιαγραφές καταγραφή και συντήρηση μετεωρολογικών μετρήσεων εδάφους, σε μικρή χρονική κλίμακα, δεν αναιρείται ούτε στο ελάχιστο. Σκεφτόμενοι μάλιστα πως τα δορυφορικά δεδομένα απαιτούν διόρθωση και βαθμονόμηση καταλαβαίνουμε πως τα επίγεια στοιχεία αποτελούν το Α και το Ω στην εκτίμηση ακραίων επεισοδίων βροχής.



## 7. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη έγινε μια προσπάθεια αξιολόγησης των δορυφορικών προϊόντων βροχής του αλγορίθμου 3B42 Version 6 στη λεπτή χρονική κλίμακα πάνω από το σύνολο του Ελλαδικού χώρου. Η αξιολόγηση έλαβε χώρα με βάση τη σύγκριση των υψών βροχής που προέκυψαν από δορυφορικά δεδομένα με επίγεια από 29 μετεωρολογικούς σταθμούς της EMY. Οι συγκρίσεις αυτές έγιναν ανάλογα το σταθμό και τη διαθεσιμότητα των επιγείων δεδομένων σε χρονικές κλίμακες 3, 24 ωρών (1<sup>η</sup> ομάδα σταθμών) και 12 ωρών (2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών). Επιπλέον, οι συγκρίσεις έγιναν σε επίπεδο χρονοσειράς, κατανομών μεγίστων τιμών και συχνότητας ακραίων επεισοδίων. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων αναφέρονται και σχολιάζονται στο κεφάλαιο 6. Βάση αυτών προκύπτουν κάποια συμπεράσματα ως προς την αξιοπιστία των δορυφορικών μετρήσεων στη λεπτή χρονική κλίμακα, δηλαδή την κλίμακα ενός επεισοδίου (μικρότερη ή ίση των 48 ωρών). Επισημαίνεται πως τα συμπεράσματα αυτά προκύπτουν αποκλειστικά από την παρούσα έρευνα και ότι η επιλογή των σταθμών βασίστηκε πλήρως στη διαθεσιμότητα των δεδομένων από την EMY χωρίς κάποιο απώτερο σκοπό.

Σε γενικές γραμμές τα δορυφορικά δεδομένα δεν προσομοιώνουν ικανοποιητικά τα επίγεια δεδομένα σε επίπεδο χρονοσειράς, κάτι που τα αποκλείει από εργασίες όπως συμπλήρωση χρονοσειρών ή αξιολόγηση επιγείων δεδομένων με βάση αυτά, τουλάχιστον στη δικιά μας γεωγραφική περιοχή. Πιο συγκεκριμένα σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, εκτός από κάποιες στη σύγκριση των 24 ωρών, ο συντελεστής αποδοτικότητας Eff (Nash-Sutcliffe) είναι αρνητικός πράγμα που σημαίνει πως ο απλός μέσος όρος είναι πολύ καλύτερη εκτιμήτρια. Επίσης, ο συντελεστής συσχέτισης R σε πολύ λίγες περιπτώσεις ξεπερνά το 0,5, που σημαίνει πως τα επίγεια και δορυφορικά δεδομένα συσχετίζονται πολύ λίγο μεταξύ τους. Μην ξεχνούμε πως επειδή εξετάζουμε χρονοσειρές ημερήσιων και 12ωρων τιμών αυτές έχουμε πάρα πολλά μηδενικά που είναι και ο κύριος λόγος που ο συντελεστής R φτάνει το 0,5. Αν πάρουμε τις συγκρίσεις των 3 ωρών, όπου συγκρίναμε μόνο μέρες με μεγάλο ύψος βροχής, τότε ο συντελεστής R δύσκολα ξεπερνά το 0,15.

Προχωρώντας στη σύγκριση των τιμών μεγίστων (maxima) εδώ είχαμε καλύτερα αποτελέσματα καθώς στις περισσότερες των περιπτώσεων οι πιθανοτικές κατανομές μεγίστων προσομοιώνονταν σχετικά καλά και μάλιστα σε πολλούς

σταθμούς παρατηρήθηκε μια τάση βελτίωσης στην εκτίμηση των μεγίστων τιμών μετά το έτος 2004-05. Η τεχνολογία των δορυφορικών οργάνων συνεχώς βελτιώνεται και σίγουρα τα μελλοντικά δορυφορικά προϊόντα θα είναι πιο αξιόπιστα. Η παρούσα εργασία επικέντρωσε περισσότερο απ' όλα στο θέμα των μεγίστων τιμών έτσι ώστε να καταλήξουμε στο αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δορυφορικά δεδομένα σε υδρολογικές μελέτες. Φυσικά, σε καμία περίπτωση δεν συνίσταται να χρησιμοποιούνται μόνο τους για μεγάλες περιόδους επαναφοράς (>10 έτη) καθώς η χρονοσειρά που εξετάσαμε έχει μόνο 11 πλήρη υδρολογικά έτη. Συνεπώς έχουμε πολύ δρόμο ακόμα για να δούμε αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ασφαλώς σε υδρολογικό σχεδιασμό. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις σταθμών, εξετάζοντας τα μέγιστα 10ετίας παρατηρήσαμε πως αν και η απόκλιση μεταξύ του δορυφορικού και επιγείου μεγίστου ήταν πολύ μικρή, αυτά μπορεί να μην ήταν σύγχρονα. Το γεγονός αυτό δείχνει μια ασυνέπεια και πιθανώς η πολύ καλή αυτή επίδοση να οφείλεται καθαρά στην τύχη.

Τόσο σε επίπεδο χρονοσειράς όσο και κατανομών ήταν εμφανής η βελτίωση των αποδόσεων συναρτήσει της αύξησης της χρονικής κλίμακας σύγκρισης. Τα αποτελέσματα μελετών σε μεγαλύτερες κλίμακες (Αλεξοπούλου, 2010), δείχνουν πως σε μηνιαία κλίμακα και πάνω τα δορυφορικά δεδομένα δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει λόγω διορθώσεων (“καλιμπράρισμα”) που γίνονται στα δορυφορικά δεδομένα με βάση επίγεια σε μεγάλες κλίμακες (κυρίως μηνιαία) και μετά με επιμερισμό έχουμε διορθωμένα δορυφορικά δεδομένα σε μικρές κλίμακες. Τα μη διορθωμένα δορυφορικά δεδομένα (3B42RT), τουλάχιστον για τα δικά μας γεωγραφικά πλάτη δεν είναι καθόλου ικανοποιητικά όπως έχουν δείξει και άλλες μελέτες (Φωτόπουλος, 2011). Το γεγονός πως η αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων είναι πλήρως συνυφασμένη με διορθώσεις από επίγεια στοιχεία δείχνει πως η αξία των επιγείων μετρήσεων είναι θεμελιώδης ειδικά στην εκτίμηση φαινομένων μεγάλης μεταβλητότητας όπως τα ακραία επεισόδια κατακρήμνισης. Αξίζει να τονίσουμε πως στους σταθμούς της Αττικής και ιδιαίτερα στο Ελληνικό, τα δορυφορικά δεδομένα έχουν σε όλα τα επίπεδα πολύ καλές επιδόσεις προφανώς γιατί κοντά υπάρχει σταθμός (πιθανότατα του Ελληνικού) που συμμετέχει στη βαθμονόμησή τους.

Γενικά, η συμπεριφορά των δορυφορικών δεδομένων φαίνεται να ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο: αγνοεί μόνιμα τα μικρά και λιγότερο τα μέτρια επεισόδια βροχής και στη συνέχεια προσθέτει μια μεγάλη τιμή βροχής για να εξισορροπήσει την

κατάσταση. Το χρονικό σημείο στο οποίο τοποθετείται η τιμή αυτή δεν συμπίπτει συνήθως με κάποιο έντονο επεισόδιο σύμφωνα με τα επίγεια στοιχεία ή μπορεί ακόμα η αντίστοιχη χρονικά τιμή στα επίγεια στοιχεία να είναι και μηδενική. Αγνοώντας σχεδόν πλήρως τα μικρά επεισόδια, τα δορυφορικά δεδομένα φαίνεται να υστερούν πάρα πολύ στο συνολικό ύψος βροχής και ο μέσο όρος είναι σχεδόν πάντα μικρότερος του αντίστοιχου των επιγείων τιμών (PBIAS σχεδόν πάντα αρνητικός). Ακόμα όμως και τα έντονα επεισόδια φάνηκε πως υποεκτιμούνται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων τουλάχιστον ως προς το πλήθος τους, δείχνοντας έτσι μια γενική αδυναμία προσομοίωσης της συχνότητας των επεισοδίων βροχής σε μια περιοχή.

Όσον αφορά τη χωρική κατανομή σφαλμάτων αυτή διαφοροποιείται αρκετά ανάλογα τη χρονική κλίμακα και τα εκάστοτε μεγέθη που εξετάζουμε (10ετίας, 5ετίας κ.α.). Ωστόσο, παρατηρούνται κάποιες γενικές τάσεις. Αρχικά, στις μεγάλες τιμές, δηλαδή στα μέγιστα 10ετίας και 5ετίας, παρατηρείται μόνιμη (σε όλες τις χρονικές κλίμακες) σημαντική υπερεκτίμηση από τα δορυφορικά δεδομένα στις περιοχές του ΒΑ Αιγαίου (Μυτιλήνη) και στην περιοχή της δυτικής Πελοποννήσου (Πύργος) και σοβαρή υποεκτίμηση στις περιοχές της κεντροανατολικής ηπειρωτικής Ελλάδας (Θεσσαλία) και στη δυτική Κρήτη (Σούδα). Ακόμα, η Κέρκυρα εμφανίζει μεγάλα σφάλματα, αλλά στα μεγέθη 10ετίας είναι αρνητικά (υποεκτίμηση), ενώ στη 5ετία και στις μεγάλες κλίμακες (24 και 48 ώρες) γίνονται θετικά (υπερεκτίμηση).

Σχετικά με τα μέσα σφάλματα παρατηρείται μόνιμη υπερεκτίμηση στο ΒΑ Αιγαίο, τη Θράκη και τη δυτική Πελοπόννησο. Οι περιοχές της Θεσσαλίας, της δυτικής Κρήτης και της κεντρικής Μακεδονίας χαρακτηρίζονται από σοβαρή υποεκτίμηση. Οι περιοχές του ΒΑ Αιγαίου και της Θράκης, της Δ-ΝΔ Πελοποννήσου, της δυτικής Κρήτης και των Επτανήσων είναι οι περιοχές και με τα μεγαλύτερα μέσα απόλυτα σφάλματα, κάτι που δείχνει πως εκεί έχουμε και τις χειρότερες προσομοιώσεις κατανομών μεγίστων.

Ως προς τη γενική χωρική συμπεριφορά των ακραίων επεισοδίων, τα δορυφορικά δεδομένα δείχνουν να την προσομοιώνουν ικανοποιητικά. Δηλαδή φαίνεται πως τα εντονότερα επεισόδια συγκεντρώνονται στη δυτική (κυρίως παραθαλάσσια και νησιωτική) χώρα, στην Κέρκυρα και ειδικά κάτω από το ύψος της Άρτας, στη νότια χώρα και την περιοχή της Κρήτης, στην ανατολική παραθαλάσσια (Αττική, Εύβοια μέχρι και το Βόλο) και στην περιοχή του ανατολικού Αιγαίου και ιδιαίτερα στα Δωδεκάνησα. Επίσης, φαίνεται πως τα δορυφορικά δεδομένα προσομοιώνουν πολύ ικανοποιητικά την τάση των ακραίων επεισοδίων να αυξάνουν

το ποσοστό τους σε σχέση με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής, καθώς το δεύτερο αυξάνει. Έτσι, οι περιοχές με μικρό μέσο ετήσιο ύψος βροχής, όπως η Αττική, αναμένεται να δίνουν πολύ έντονα ακραία επεισόδια ως ποσοστά του μέσου ετήσιου ύψους, κάτι που δείχνει πως παρατηρεί και ο δορυφόρος.

Τα δορυφορικά δεδομένα κατακρήμνισης είναι μια νέα προοπτική στο χώρο της μετεωρολογίας και υδρολογίας. Από τα μέχρι τώρα στοιχεία και μελέτες (συμπεριλαμβανομένης της παρούσης) δείχνουν σχετικά αδύναμα να προσομοιώσουν το καθεστώς των κατακρημνίσεων σε όλα τα επίπεδα σε μια περιοχή. Έτσι, καταλήγουμε στο ότι σε υδρολογικά θέματα, όπως υδρολογικό και αντιπλημμυρικό σχεδιασμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο επικουρικά και αποτελούν λύση μόνο σε περιπτώσεις παντελούς έλλειψης αξιόπιστων επίγειων μετρήσεων. Η αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων είναι κατά πολύ μεγαλύτερη σε μεγάλες χρονικές κλίμακες, όπως μηνιαίες, εποχιακές, ετήσιες και υπερετήσιες, κάνοντας τα χρήσιμα κυρίως σε κλιματικά θέματα και έρευνες.

Η εκτίμηση ακραίων επεισοδίων βροχής είναι μια πολύ δύσκολη υπόθεση και γίνεται τόσο πιο δύσκολη όσο μικρότερη γίνεται η χρονική κλίμακα. Ωστόσο, η ακριβής εκτίμηση ακραίων τιμών σε μια περιοχή είναι μείζονος κοινωνικής και οικονομικής σημασίας αλλά είναι και κάτι αδύνατο. Η φύση των ακραίων φαινομένων χαρακτηρίζεται από έντονη χωρική και χρονική μεταβλητότητα έτσι ώστε αυτά να εμπερικλείουν μεγάλη αβεβαιότητα. Συνεπώς, αυτό που επιβάλλεται να κάνουμε είναι να καταγράφουμε σχολαστικά τα συμβαίνοντα επεισόδια καθώς η ύπαρξη **αξιόπιστων επίγειων στοιχείων** και παρατηρήσεων αποτελεί έναν θεμελιώδη παράγοντα στην εκτίμησή τους (μείωση αβεβαιότητας) και κατ' επέκταση σε συνδυασμό με δορυφορικά δεδομένα, ραντάρ κ.ο.κ. να προβούμε σε μια αποτελεσματική και αειφόρο διαχείριση υδατικών πόρων.



## 8. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

### 8.1. ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1 Αλεξοπούλου Α., *Αξιολόγηση Δορυφορικών Βροχομετρικών Δεδομένων*, Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2010.
- 2 Βαχαβιάλος Θ., *Μεθοδολογία Προσδιορισμού Ευάλωτων Περιοχών σε Πλημμύρες Σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60*, Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2011.
- 3 Βλάχου Ο., *Γεωγραφική Κατανομή, Μεταβλητότητα και Επιπτώσεις των Ακραίων Καιρικών Φαινομένων στην Ελλάδα Βάσει Αναφορών Ημερησίου Τύπου και Καταγεγραμμένων Μετρήσεων*, Διπλωματική Εργασία, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου", Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2010.
- 4 ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2011 (<http://www.hnms.gr/>).
- 5 ΕΜΥ, Κλιματολογία, 2011 ([http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology\\_html](http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html))
- 6 Κοτρώνη Β., *Υδρομετεωρολογία, Σημειώσεις Μαθήματος* ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2010.
- 7 Κουτσογιάννης Δ., Ανδρεαδάκης Α., Μαυροδήμου Ρ., Χριστοφίδης Α., Μαμάσης Ν., Ευστρατιάδης Α., Κουκουβίνος Α., Καραβοκυρός Γ., Κοζάνης Σ., Μαμάης Δ., Νουτσόπουλος Κ., *Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*, 748 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΕΜΠ, 2008.
- 8 Κουτσογιάννης Δ., Ευστρατιάδης Α., *Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Σημειώσεις Μαθήματος ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2011.
- 9 Κουτσογιάννης Δ., Μαμάσης Ν., *Υδρομετεωρολογία, Σημειώσεις Μαθήματος* ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2010.
- 10 Κουτσογιάννης Δ., Μαρκόνης Ι., Κουκουβίνος Α., Παπαλεξίου Σ., Μαμάσης Ν., Δημητριάδης Π., *Υδρολογική Μελέτη Ισχυρών Βροχοπτώσεων στη Λεκάνη του Κηφισού*, 2010.
- 11 Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., *Τεχνική Υδρολογία*, ΕΜΠ, Τομέας Υδάτινων Πόρων, Έκδοση 3, 1999.
- 12 Κουτσογιάννης Δ., *Στατιστική Υδρολογία*, ΕΜΠ, Τομέας Υδάτινων Πόρων, Έκδοση 3, 1996.
- 13 Μακρόπουλος Χ., Ευστρατιάδης Α., *Βελτιστοποίηση Συστημάτων Υδατικών Πόρων-Υδροπληροφορική*, Σημειώσεις Μαθήματος ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2011.
- 14 Μαμάσης Ν., *Ανάλυση Βροχοπτώσεων κατά Τύπο Καιρού*, Διδακτορική Διατριβή, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, 1997

- 15 Μαμάσης Ν., *Έντονα Καιρικά Φαινόμενα*, Επιμορφωτικό Πρόγραμμα "Βασικές Γνώσεις Πολιτικής Προστασίας", Υπουργείο Εσωτερικών, 2011  
[http://itia.ntua.gr/~nikos/ypes/fysik\\_kairos.pdf](http://itia.ntua.gr/~nikos/ypes/fysik_kairos.pdf)
- 16 Μαμάσης Ν., Μιμίκου Μ., *Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα*, Σημειώσεις Μαθήματος ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2010 (α).
- 17 Μαμάσης Ν., Μιμίκου Μ., *Προχωρημένη Υδρολογία*, Σημειώσεις Μαθήματος ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2010 (β).
- 18 Μιμίκου Μ. Α., *Οι Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα*, Σημειώσεις ΕΜΠ, 2011.
- 19 Μιμίκου Μ. Α., Φωτόπουλος Φ. Σ., *Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη*, Σημειώσεις Μαθήματος ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", ΕΜΠ, 2004.
- 20 Μιμίκου Μ., Μπαλτάς Ε., *Τεχνική Υδρολογία*, ΕΜΠ, Έκδοση 3, 2003.
- 21 Μιμίκου Μ., *Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων*, Παπασωτηρίου, Έκδοση 2, 1994.
- 22 Μιμίκου Μ., *Το Πλημμυρικό Καθεστώς στην Ελλάδα*, Σημειώσεις Μαθήματος "Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα" ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2010 ([http://edu.chi.civil.ntua.gr/site-LESSONS/HTML\\_PLIMIRES/PERIEXOMENO/Prosthetes\\_simioseis\\_GREEC E.htm](http://edu.chi.civil.ntua.gr/site-LESSONS/HTML_PLIMIRES/PERIEXOMENO/Prosthetes_simioseis_GREEC E.htm)).
- 23 Παπαθεοδοσίου Μ., Κατσίφα Μ., *Καταγραφή Ακραίων Καιρικών Φαινομένων στον Κόσμο και την Ελλάδα*, Εργασία στο Μάθημα "Υδρομετεωρολογία", ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2009
- 24 Πλάκα Κ. Ι., *Ανάλυση Ισχυρών Βροχοπτώσεων κατά Τύπο Καιρού*, Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ, 2006.
- 25 Τσακνιάς Δ., *Στατιστική Σύγκριση Ακραίων Παρατηρημένων Θερμοκρασιών και Βροχοπτώσεων με Αποτελέσματα Κλιματικών Μοντέλων*, Διπλωματική Εργασία, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΕΜΠ 2011
- 26 Φωτόπουλος Φ., *Πρόγνωση Πλημμυρών σε Επίπεδο Λεκάνης Απορροής με Χρήση Δορυφορικών Μετρήσεων Κατακρήμνισης, Η Περίπτωση του Έβρου*, Διδακτορική Διατριβή, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, 2011.

## 8.2. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1 Adler R. F., Huffman G. J., Bolvin D. T., Curtis S., Nelkin E. J., *Tropical Rainfall Distributions Determined Using TRMM Combined with Other Satellite and Rain Gauge Information*, Journal of Applied Meteorology, Volume 39, pp 2007-2023, 2000.
- 2 Anagnostopoulos G. G., Koutsoyiannis D., Christofides A., Efstratiadis A., Mamassis N., *A Comparison of Local and Aggregated Climate Model Outputs with Observed Data*, Hydrological Sciences Journal, 55 (7), 1094–1110, 2010.
- 3 Asadullah A., McIntyre n., Kigobe M., *Evaluation of five satellite products for estimation of rainfall over Uganda*, Hydrological Sciences Journal, 53: 6, 1137-1150, 2008.
- 4 Bitew M. M., Gebremichael M., *Are Satellite-Gauge Rainfall Products Better than Satellite-Only Products for Nile Hydrology*, from the Book by Melesse A. M., Nile River Basin, Hydrology, Climate and Water Use, Springer, 2010.
- 5 Chen M., Xie P., *A Global Daily Gauge-Based Precipitation Analysis, Part I: Assesing Objective Techniques*, Proc. 32nd Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop, Tallahassee, FL, USA, 22-26 October, 2007.
- 6 Chen M., Xie P., and Co-Authors, *CPC Unified Gauge-based Analysis of Global Daily Precipitation*, Western Pacific Geophysics Meeting, Cairns, Australia, 29 July - 1 August, 2008.
- 7 Chokngamwong R., Chiu L., *Thailand Daily Rainfall and Comparison with TRMM Products*, Journal of Hydrometeorology 9(2):256–266, 2008
- 8 Chokngamwong R., Chiu L., *TRMM and Thailand Daily Gauge Rainfall Comparison*, 20th Conference of Hydrology, American Meteorological Society, 2006.
- 9 Chow V. T., Maidment D. R., Mays L. W., *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 1988.
- 10 DeMoss J., Bowman K., *Changes in TRMM Rainfall due to the Orbit Boost Estimated from Buoy Rain Gauge Data*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 24, 1598-1607, 2007
- 11 Dinku T., Ceccato P., Grover-Kopec E., Lemma M., Connor S. J., Ropelewski C. F., *Validation of satellite rainfall products over East Africa's complex topography*, International Journal of Remote Sensing, Vol 28, No 7, 1503–1526, 2007.
- 12 Dinku T., Chidzambwa S., Ceccato P., Connor S. J., Ropelewski C. F., *Validation of high-resolution satellite rainfall products over complex terrain*, International Journal of Remote Sensing, Vol 29, No 14, 4097–4110, 2008.
- 13 Dinku T., Connor S. J., Ceccato P., *Comparison of CMORPH and TRMM-3B42 over Mountainous Regions of Africa and South America*, from the Book by Gebremichael M., Hossain F., *Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology*, Springer, 2010 (a).

- 14 Dinku T., Connor S. J., Ceccato P., *Evaluation of Satellite Rainfall Estimates and Gridded Rain gauge Products over the Upper Nile Region*, from the Book by Melesse A. M., Nile River Basin, Hydrology, Climate and Water Use, Springer, 2010 (b).
- 15 Endreny T. A., Imbeah N., *Generating Robust Rainfall Intensity–Duration–Frequency Estimates with Short-Record Satellite Data*, Journal of Hydrology, 371, 182–191, 2009.
- 16 Enright L., *Low-Cost Re-Architecting of NASA's TRMM Mission Control Center*, Proc. Ground System Architectures Workshops, Manhattan Beach CA, 2004.
- 17 Everett D., *GPM Satellites, Orbits and Coverages*, Goddard Space Flight Center, MD, USA, 2001
- 18 Feidas H., *Validation of Satellite Products over Greece*, Springer-Verlag, Theor Appl Climatol 99:193–216, 2010
- 19 Fotopoulos F., Makropoulos C. Mimikou M. A., *Validation of Satellite Rainfall Products for Operational Flood Forecasting: The Case of the Evros Catchment*, Theor. Appl. Climatol., Springer-Verlag, 2010.
- 20 Funk C., Ederer G., Pedreros D., *The Tropical Rainfall Monitoring Mission*, UCSB Climate Hazard Group, NASA, 2008.
- 21 GEWEX, Global Energy and Water Cycle Experiment, *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Data are Improving Our Understanding of the Global Energy and Water Cycle*, WCRP, Water Climate Research Programme, Vol 18, No 2, May 2008.
- 22 Gu H., Yu Z., Yang C., Ju Q., Lu B., Liang C., *Hydrological assessment of TRMM rainfall data over Yangtze River Basin*, Water Science and Engineering, 3(4): 418-430, 2010.
- 23 Habib E. H., Haile A., Elsaadani M., Elshamy M. E., Amin D., Kuligowski R. J., *Evaluation of High-Resolution Satellite Rainfall Products over the Nile Basin for Climatologic and Hydrologic Applications*, American Geophysical Union, 2010.
- 24 Haddad Z. S., Smith E. A., Kummerow C. D., Iguchi T., Farrar M. R., Burden S. L., Alves M., Olson W. S., *The TRMM "Day-1" Radar/Radiometer Combined Rain-Profiling Algorithm*, J. Meteor. Soc. Japan, 75, 799-809, 1997
- 25 Han W. S., Burian S. J., Shepherd M. J., *Assessment of Satellite-Based Rainfall Estimates in Urban Areas in Different Geographic and Climatic Regions*, Nat Hazards 56:733–747, Springer, 2011.
- 26 Hazarika M. K., Kafle T. P., Sharma R., Karki S., Shrestha R. M., Samarkoon L., *Statistical Approach to Discharge Prediction for Flood Forecasts Using TRMM Data*, Proceedings of the 5th Annual Mekong Flood Forum, Ho Chi Minh City, Vietnam, May 17-18, 2007.
- 27 Hillier A., *ArcGIS 9.3 Manual*, University of Pennsylvania, 2007  
[http://works.bepress.com/amy\\_hillier/17/](http://works.bepress.com/amy_hillier/17/)
- 28 Huffman G. J., *Assessing Experimental Real-Time TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA-RT) Data Sets*, GoddardSpace Flight Center, NASA, 2011.

- 29 Huffman G. J., Adler R. F., Bolvin D. T., Gu G., Nelkin E. J., Bowman K. P., Hong Y., Stocker E. F., Wolff D. B., *The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis: Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale*, Journal of Hydrometeorology 8:38–55, 2007.
- 30 Huffman G. J., Adler R. F., Bolvin D. T., Gu G., Nelkin E. J., *The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA)*, Satellite Applications for Surface Hydrology, Springer-Verlag, Edition XIII, 2010
- 31 Huffman G. J., Bolvin D. T., *TRMM and Other Data Precipitation Data Set Documentation*, GoddardSpace Flight Center, NASA, 2011.
- 32 Huffman G. J., *IPWG Algorithm Documentation for 3B42RT*, NASA, 2009
- 33 Javanmard S., Yatagai A., Nodzu M. I., BodaghJamali J., Kawamoto H., *Comparing Highresolution Gridded Precipitation Data with Satellite Rainfall Estimates of TRMM 3B42 over Iran*, Advances in Geosciences, 25, 119–125, 2010
- 34 JAXA, Japan Aerospace Exploration Agency, 2011 ([http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index\\_e.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index_e.htm))
- 35 Jiang S., Ren L., Yong B., Yang X., Shi L., *Evaluation of High-Resolution Satellite Precipitation Products with Surface Rain Gauge Observations from Laohahe Basin in Northern China*, Water Science and Engineering, 3(4): 405-417, 2010.
- 36 JMA, Japan Meteorological Agency, Meteorological Satellite Center (MSC), 2011 (<http://mscweb.kishou.go.jp/>)
- 37 Katsanos D., Lagouvardos K., Kotroni V., Huffmann G.J., *Statistical Evaluation of MPA-RT High-Resolution Precipitation Estimates from Satellite Platforms over the Central and Eastern Mediterranean*, Geophysical Research Letters, 31, L06116, 2004
- 38 Koo M. S., Hong Y. S., Kim J. □ An Evaluation of the TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis Data over south Korea, Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 45, p. 265-282, 2009.
- 39 Koutsoyiannis D, Langousis A., *Precipitation*, Treatise on Water Science by Peter Wilderer vol. 2, pp. 27–78 Oxford: Academic Press, 2011.
- 40 Koutsoyiannis D., *A Random Walk on Water*, Hydrology and Earth System Sciences, 14, 585–601, 2010.
- 41 Koutsoyiannis D., Efstratiadis A., Mamassis N., Christofides A., *On the Credibility of Climate Predictions*, IAHS Press, Hydrological Sciences 53(4), 2008
- 42 Koutsoyiannis D., *Hydrologic Persistence and the Hurst Phenomenon*, Water Encyclopedia, Vol. 4, Surface and Agricultural Water, edited by Lehr J. H. and Keeley J., 210–221, Wiley, New York, 2005.
- 43 Koutsoyiannis D., *Rainfall Disaggregation Methods: Theory and Applications*, Workshop on Statistical and Mathematical Methods for Hydrological Analysis, Rome, 2003.

- 44 Koutsoyiannis D., *Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records*, Hydrological Sciences Journal, 49 (4), 591–610, 2004.
- 45 Kummerow C., Barnes W., Kozu T., Shiue J., Simpson J., *The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 15, 809–817, 1998.
- 46 Kummerow C., Simpson J., Thiele O., Barnes W., Chang A.T.C., Stocker E., Adler R. F., Hou A., Kakar R., Wentz F., Ashcroft P., Kozu T., Hong Y., Okamoto K., Iguchi T., Kuroiwa H., Im E., Haddad Z., Huffman G., Ferrier B., Olson W. S., Zipser E., Smith E. A., Wilheit T. T., North G., Krishnamurti T., Nakamuran K., *The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after Two Years in Orbit*, Journal of Applied Meteorology, 39, 1965-1982, 2000.
- 47 Lee R. B., Priestley K. J., Green R. N., *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES), Validation Plan*, CERES VAL Subsystem 1.0 - Geolocate and Calibrate, Release 4, 2000
- 48 Li L., Hong Y., Wang J., Adler R. F., Policelli F. S., Habib S., Irwn D., Korme T., Okello L., *Evaluation of the real-time TRMM-based multi-satellite precipitation analysis for an operational flood prediction system in Nzoia Basin, Lake Victoria, Africa*, Nat Hazards, Springer, 2008.
- 49 Linsley R. K., Kohler M. A., Paulhus J. L. H., *Hydrology for Enginneers*, McGraw-Hill, 1975.
- 50 Liu J. F., Chen R. S., Han C. T., Tan C. P., *Evaluating TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis Using Gauge Precipitation and MODIS Snow-Cover Products*, Advances in Water Science, Vol 21, no. 3, pp. 343-348, 2010.
- 51 Mamassis N., Koutsoyiannis D., *Influence of Atmospheric Circulation Types on Space-Time Distribution of Intense Rainfall*, Journal of Geophysical Research, Vol 101, No D21, pp 26,267-26,276, 1996.
- 52 Minnis P., Trepte Q., *Cloud Detection in Nonpolar Regions for CERES Using TRMM VIRS and Terra and Aqua MODIS Data*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46(11), 3857-3884, 2008
- 53 Moriasi D. N., Arnold J. G., Van Liew M. W., Bingner R. L., Harmel R. D., Veith T. L., *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol. 50(3): 885–900, 2007.
- 54 Nair S., Srinivasan G., Nemani R., *Evaluation of Multi-Satellite TRMM Derived Rainfall Estimates over a Western State of India*, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol 87, No 6, pp. 927-939, 2009.
- 55 NASA, Mission Profile, *Earth Science Mission Profile 1997-2023*, NASA, 2011.
- 56 NASA, National Aeronautics and Space Administration, 3B42 Algorithm, 2011 (<http://trmm.gsfc.nasa.gov/3b42.html>)
- 57 NASA, National Aeronautics and Space Administration, CERES, 2011 (<http://ceres.larc.nasa.gov/>)

- 58 NASA, National Aeronautics and Space Administration, TRMM Instruments, 2011  
([http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/precipitation/additional/instruments/instrument\\_trmm.html](http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/precipitation/additional/instruments/instrument_trmm.html))
- 59 NASA, National Aeronautics and Space Administration, TRMM, 2011  
(<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>)
- 60 NASA, TSDIS, TRMM Science Data and Information System, *File Specifications for TRMM Products - Level 2 and Level 3*, Vol 4, Release 5.22, NASA, 2005
- 61 NASA, TSDIS, TRMM Science Data and Information System, *File Specifications for TRMM Products - Level 2 and Level 3*, Vol 4, Release 6.1, NASA, 2011.
- 62 Nicholson S. E., Some B., McCollum J., Nelkin E., Klotter D., Berte Y., Diallo B. M., Gaye I., Kpabeba G., Ndiaye O., Noukpozoukou J. N., Tanu M. M., Thiam A., Toure A. A., Traore A. K., *Validation of TRMM and Other Rainfall Estimates with a High-Density Gauge Dataset for West Africa. Part II: Validation of TRMM Rainfall Products*, Journal of Applied Meteorology, Vol 42, pp 1355-1368, American Meteorological Society, 2003
- 63 NSDAOJ, National Space Development agency Of Japan, *TRMM Data Users Handbook*, Earth Observation Center, Saitama, Japan, 2001
- 64 Oke A.M.C., Frost A. J., Beesley C. A., *The Use of TRMM Satellite Data as a Predictor in the Spatial Interpolation of Daily Precipitation over Australia*, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13-17 July, 2009.
- 65 Parkinson C., Ward A., King M., *Tropical Rainfall Measuring Mission*, Earth Science Reference Handbook, 243-255, 2006.
- 66 Pessi A., Businger S., *Relationships between Lightning, Precipitation and Hydrometeor Characteristics over the North Pacific Ocean*, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 48, 833-848, 2009
- 67 Petersen W. A., Christian H. J., Rutledge S. A., *TRMM Observations of the Global Relationship between Ice Water Content and Lightning*, Geophysical Research Letters, 32, No 14, 2005
- 68 Romilly T. G., Gebremichael M., *Evaluation of satellite rainfall estimates over Ethiopian river basins*, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 7, 7669–7694, 2010.
- 69 Sandoval G. M. R., *Spatial and Temporal Rainfall Gauge Data Analysis and Validation with TRMM Microwave Radiometer Surface Rainfall Retrievals*, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 2007
- 70 Santos C. M., Ribeiro S., Gielow R., Santana S., *Evaluation of High-Resolution Precipitation Estimate over the Amazon Basin*, Atmospheric Science Letters, 10: 273–278, 2009.
- 71 Schneider U., Fuchs T., Meyer-Christoffer A., Rudolf B., *Global precipitation products of the Global Precipitation Centre (GPCC)*, Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Germany, 2008.

- 72 Su F., Hong Y., Lettenmaier D. P., *Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its Utility in Hydrologic Prediction in the La Plata Basin*, Journal of Hydrometeorology, Vol 9, 2008.
- 73 Tian Y., Peters-Lidard C. D., Choudhuri B. J., Garcia M., *Multitemporal Analysis of TRMM-Based Satellite Precipitation Products for Land Data Assimilation Applications*, Journal of Hydrometeorology, Vol 8, 2007.
- 74 Tian Y., Peters-Lidard C. D., Garcia M., Kumar S. V., *Evaluation of TRMM-Based Precipitation Products in the Southeast U. S. and Their Impact on Hydrological Modeling*, American Geophysical Union, 2006.
- 75 Tsaknias D., Bouziotas D., Christofides A., Efstratiadis A., Koutsoyiannis D., *Statistical Comparison of Observed Temperature and Rainfall Extremes with Climate Model Outputs*, European Geosciences Union General Assembly 2011, Geophysical Research Abstracts, Vol. 13, Vienna, EGU2011-3454, European Geosciences Union, 2011.
- 76 Wolff D. B., Marks D. A., Amital E., Silberstein D. S., Fisher B. L., Tokay A., Wang J., Pippit J. L., *Ground Validation for the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Vol 22, pp 365-380, American Meteorological Society, 2005.
- 77 Yong B., Ren L., Hong Y., Wang J., Gourley J. J., Jiang S., Chen X., Wang W., *Hydrologic Evaluation of Multisatellite Precipitation Analysis Standard Precipitation products in Basins beyond its Inclined Latitude Band: A case study in Laohahe basin, China*, Water Resources Research, Vol 48, 2010.



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**



***A. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ***



**ΠΡΩΤΗ ΟΜΑΔΑ ΣΤΑΘΜΩΝ**

- **ΑΓΡΙΝΙΟ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
38,60	21,35	24

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Αγρίνιο	<b>-0,302</b>	79957	4735	-1,011	<b>1424,5</b>	880	<b>-0,466</b>	<b>13302</b>	<b>175</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Αγρίνιο	<b>0,169</b>	14975	816	-0,079	<b>91,8</b>	502,3	<b>0,084</b>	<b>2691,7</b>	<b>175</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,093525888
λ2	0,676679412
λ3	0,2297847
λ4	0
a	2,1
c	0,0001

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	4,3159091	1,904212505	-55,87923
Stdev	7,8262229	5,106688361	-34,749
PBIAS	-55,87923		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	4,9816786		63,653676
RMSE	9,474701		121,06352
R	0,0402222		
R <sup>2</sup>	0,0016178		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	2,156472019	1,431647	-33,61159565
Stdev	7,323612084	5,868545	-19,868161
PBIAS	-33,611596		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	2,2148697		30,24285993
RMSE	7,0085901		95,69854293
R	0,4591588		
R <sup>2</sup>	0,2108268		

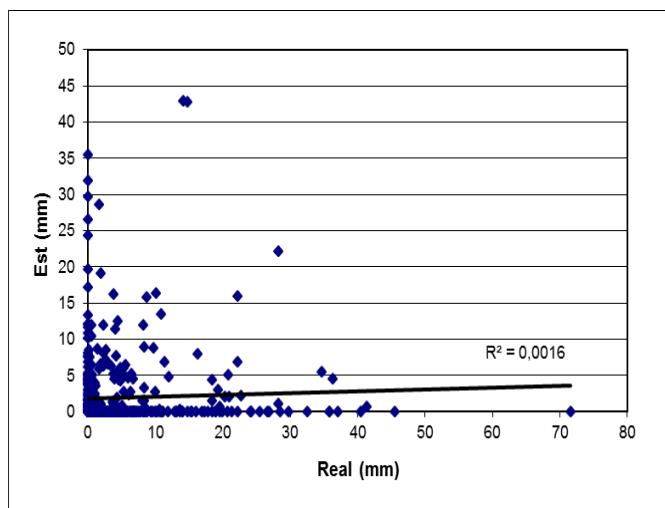
Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...). Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	2278,8	1005,424203	<b>(mm)</b>	8863,1	5884,071
Nr	345	163	Nr	974	988
Nr>5	135	65	Nr>15	192	104
Nr>10	66	29	Nr>25	82	50
Nr>15	44	16	Nr>35	42	30
Nr>20	28	9	Nr>45	27	18
Nr>25	17	7	Nr>55	10	9
Nr>30	10	4	Nr>65	9	4
Nr>35	8	3	Nr>80	4	2

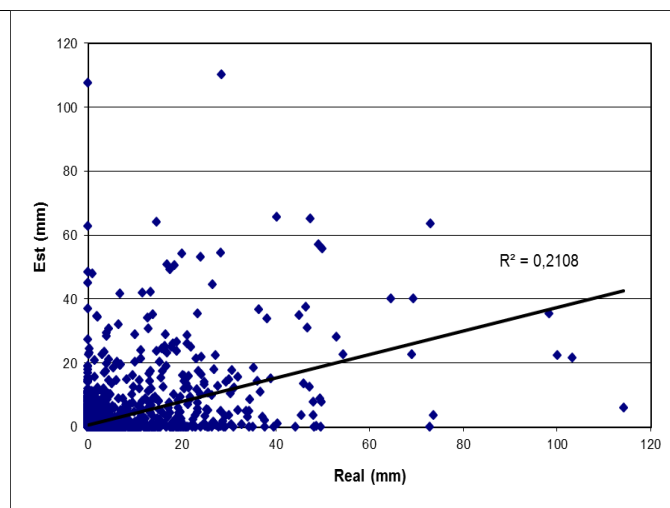
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	Real	Est
<b>meanyear (mm)</b>	<b>887,05</b>	<b>779,254</b>
3h	71,6	98,826639
%	8,0716983	12,682211
6h	82	109,57559
%	9,2441238	14,061601
12h	89	109,575586
%	10,0332563	14,06160071
24h	114,2	110,2180245
%	12,87413336	14,14404347
48h	135	134,8819
%	15,21898	17,30911



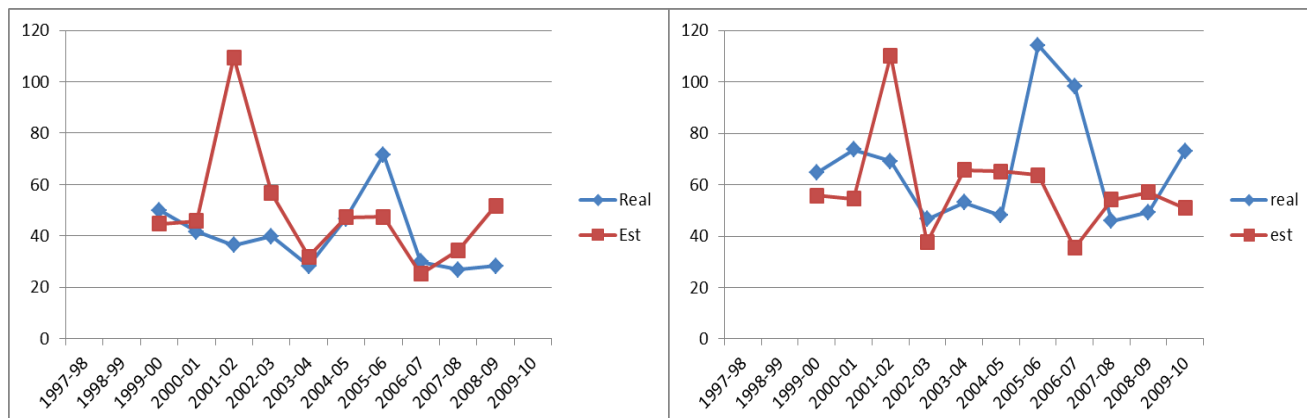
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

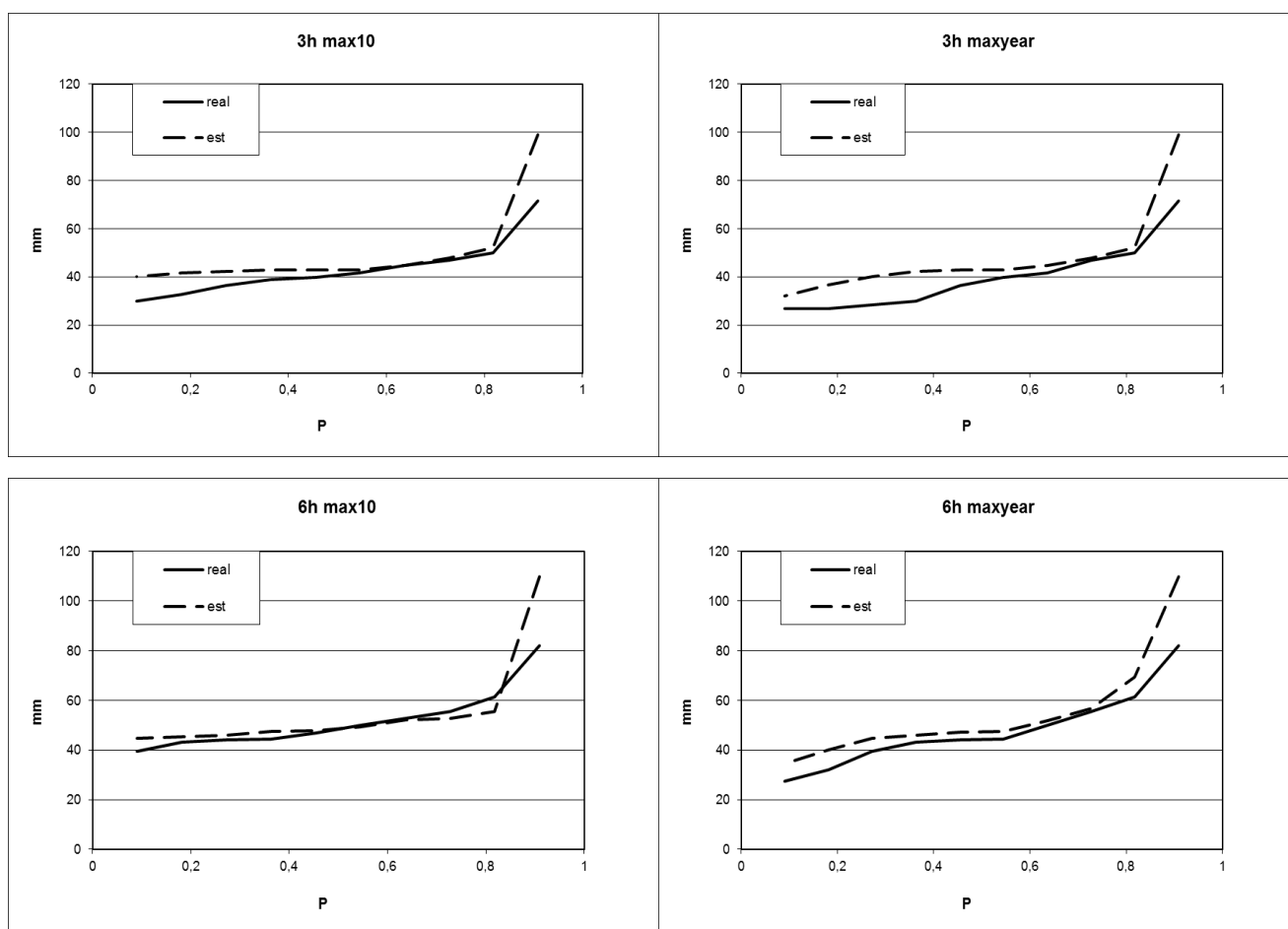
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



(α)

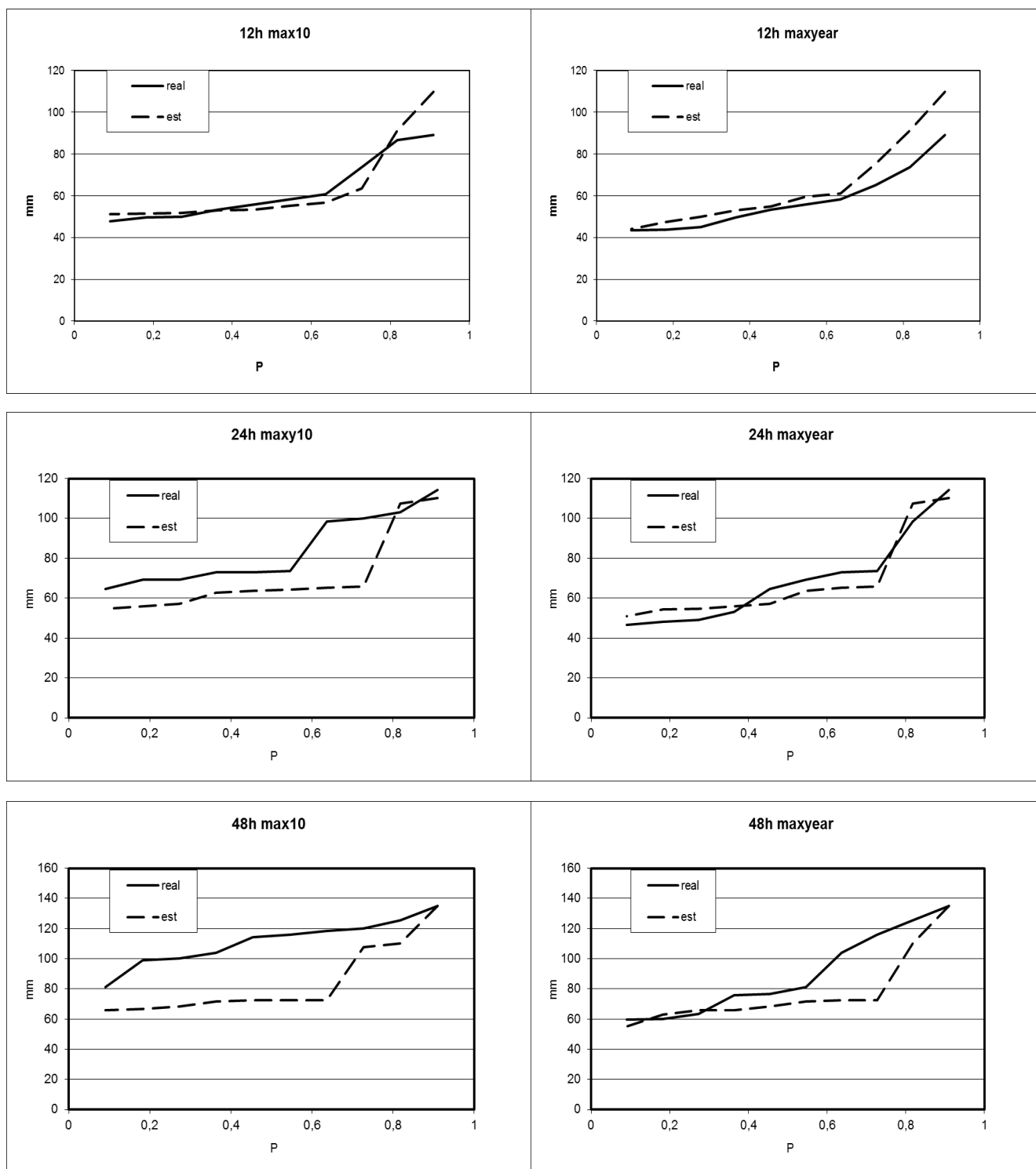
(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)





## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχοπτώσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΑΓΧΙΑΛΟΣ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
39,22	22,80	14,62

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Αγχίαλος	<b>-0,168</b>	33902	2617,8	-0,476	<b>5163,7</b>	653,22	<b>-0,32</b>	<b>6493,6</b>	<b>603,91</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Αγχίαλος	<b>0,098</b>	1034,8	741,69	-0,16	<b>70,909</b>	634	<b>-0,038</b>	<b>190,17</b>	<b>603,91</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0
λ2	1
λ3	0
λ4	0
a	0
c	1

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,058806818	1,317428977	-56,92997121
Stdev	6,434560114	4,589447517	-28,67503861
PBIAS	-56,92997121		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	3,527116477		54,81519194
RMSE	7,536828225		117,1304346
R	0,145926295		
R <sup>2</sup>	0,021294484		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,340597015	1,17158209	-12,6074371
Stdev	5,413236012	5,051026074	-6,691190586
PBIAS	-12,6074371		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,656482204		30,6005909
RMSE	5,514534197		101,871306
R	0,446823927		
R <sup>2</sup>	0,199651622		

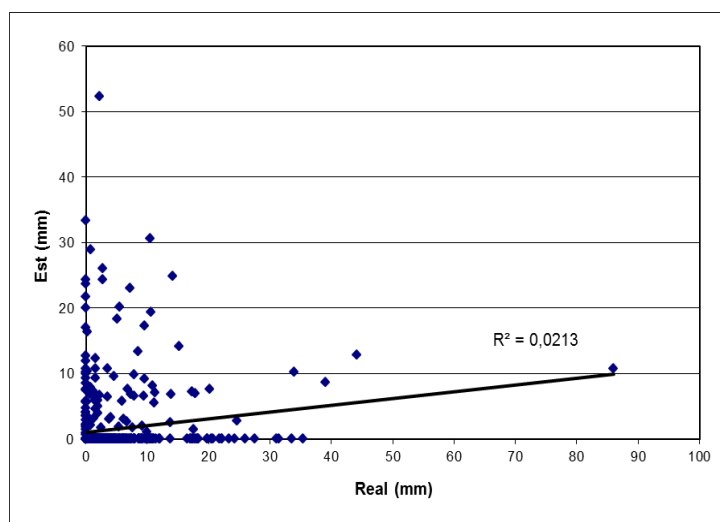
Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...). Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	2153,4	927,47	<b>(mm)</b>	5838,3	5102,24
Nr	394	95	Nr	956	575
Nr>5	128	66	Nr>15	93	103
Nr>10	57	31	Nr>25	37	49
Nr>15	35	18	Nr>35	17	28
Nr>20	19	13	Nr>45	7	12
Nr>25	10	5	Nr>55	6	5
Nr>30	8	3	Nr>65	2	2
Nr>35	4	1	Nr>80	2	0

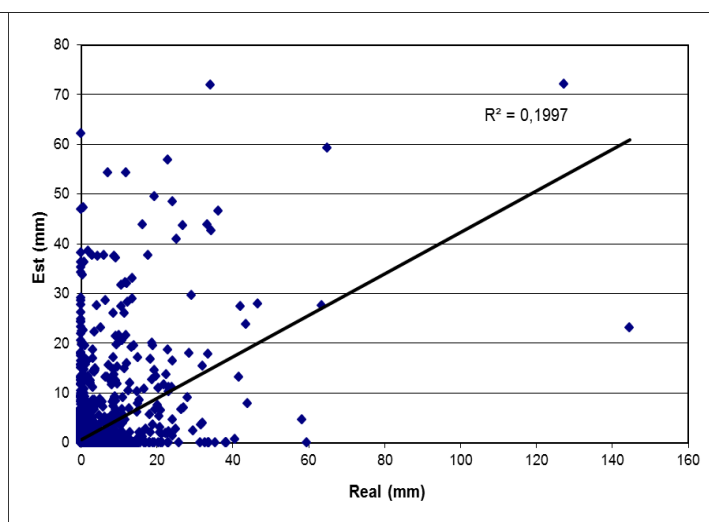
### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>472,718</b>	<b>443,837</b>
3h	111,8	54,36
%	23,65046391	12,2477396
6h	134,6	68,85
%	28,47363544	15,51245164
12h	145,3	74,96
%	30,73714138	16,88908315
24h	145,3	74,96
%	30,73714138	16,88908315
48h	156,1	96,62
%	33,0218	21,76925



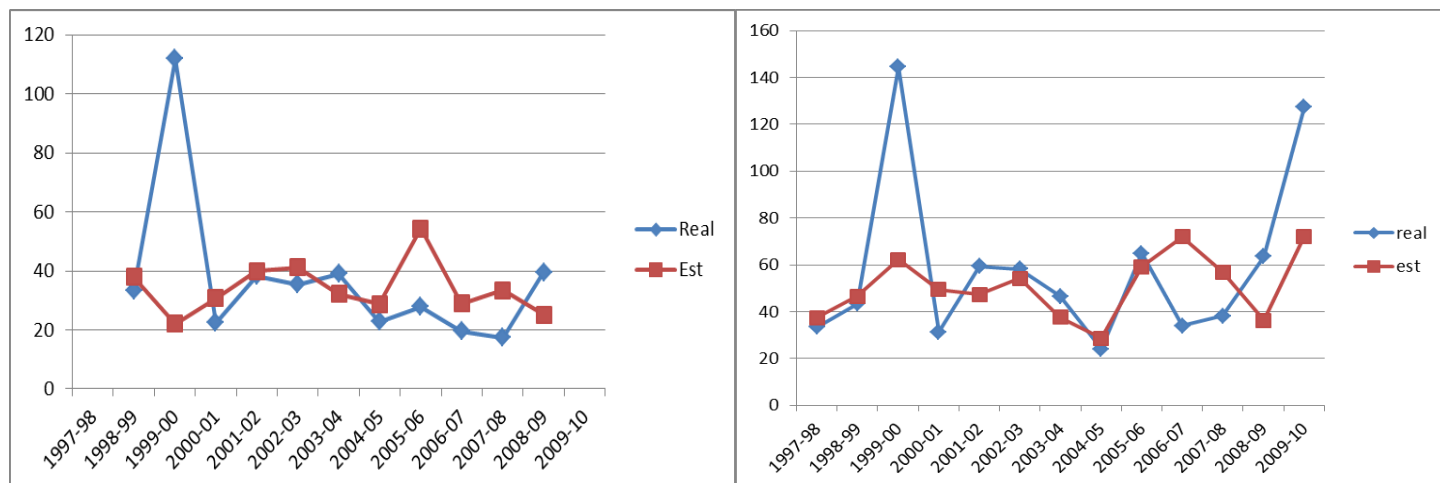
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

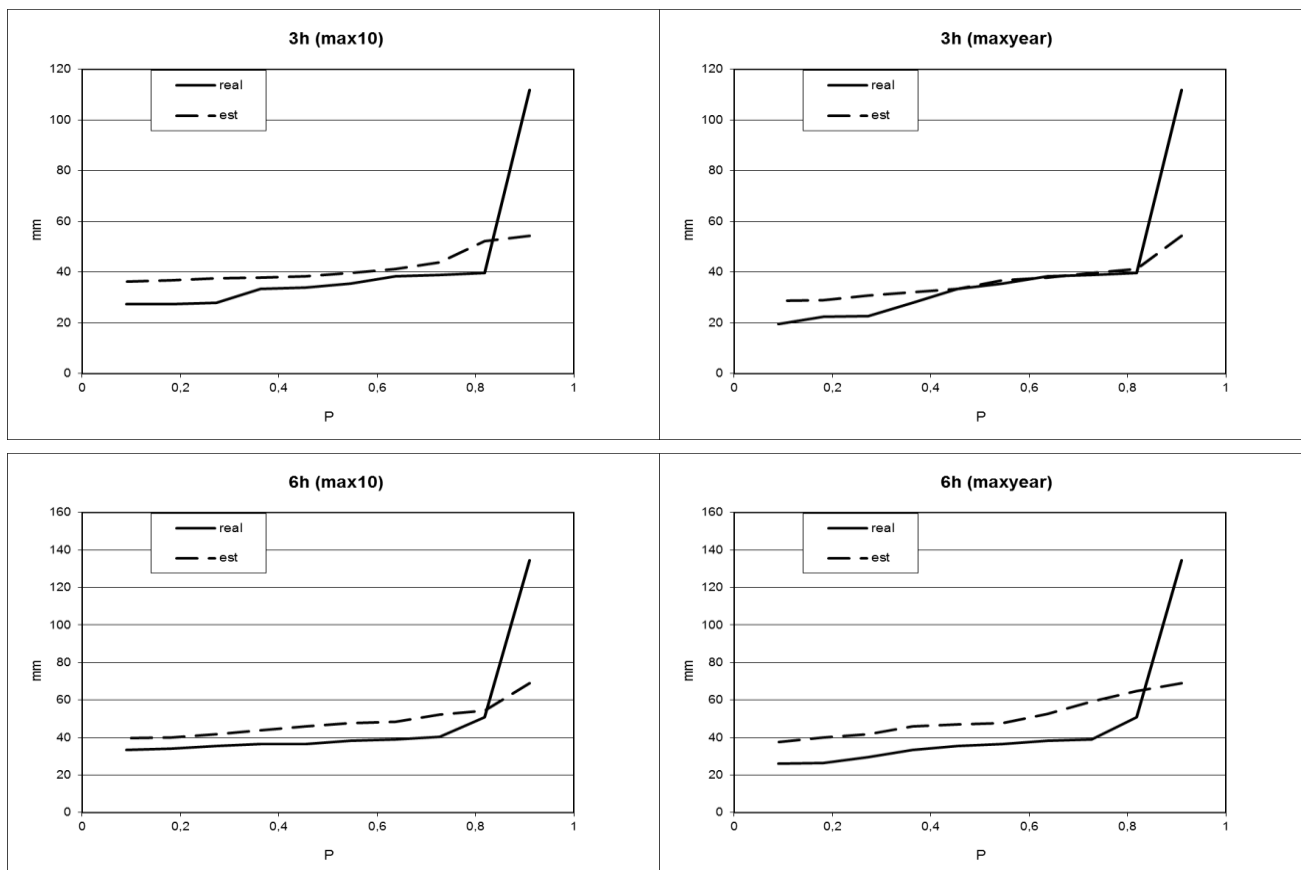
## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



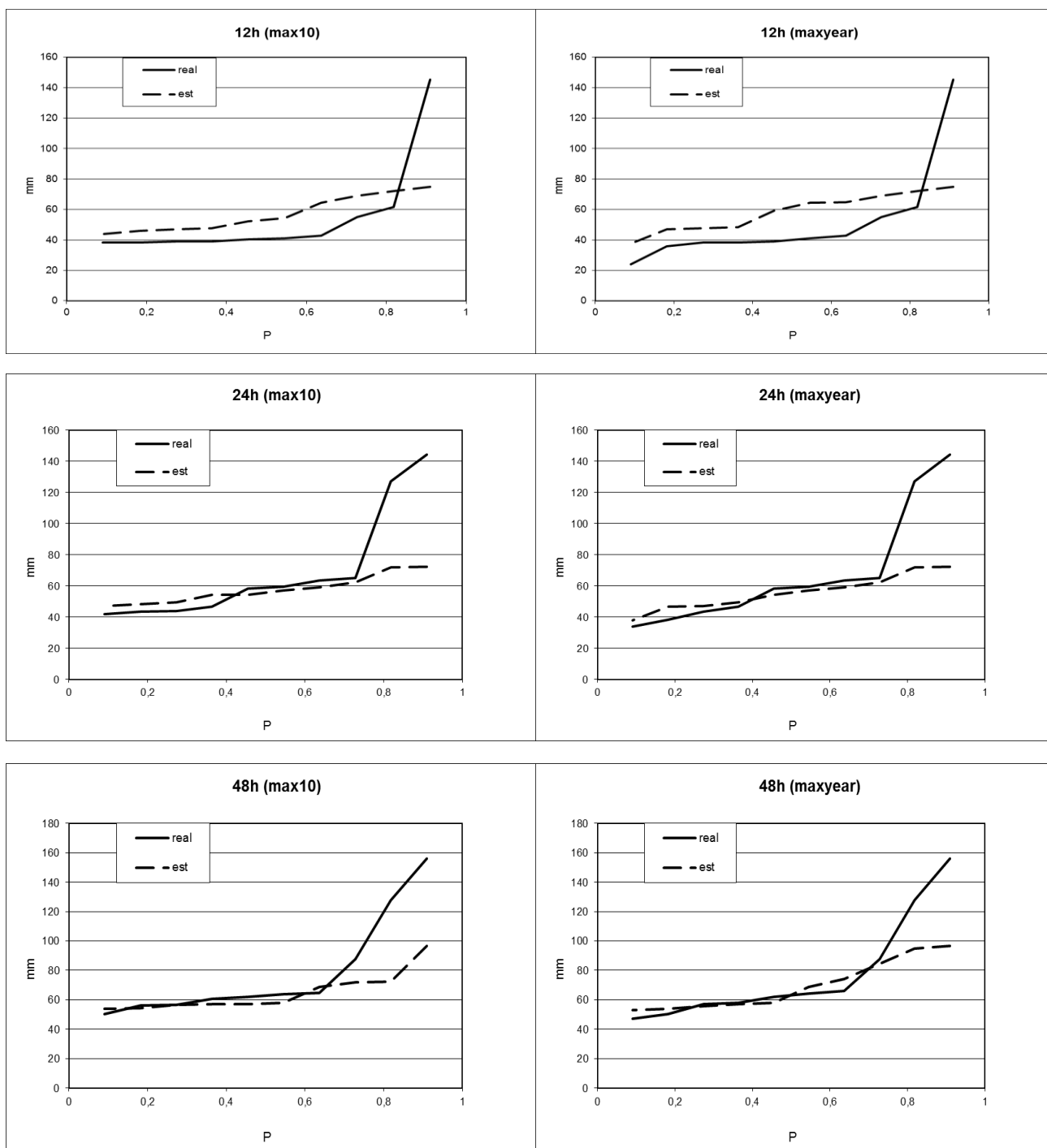
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

• **ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
40,85	25,88	2,5

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Αλεξ/πολη	<b>-0,233</b>	53019	2833,1	-0,948	<b>1073,9</b>	1015,7	<b>-0,723</b>	<b>6699,3</b>	<b>621,76</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Αλεξ/πολη	<b>0,104</b>	6532,9	941,57	-0,133	<b>38,341</b>	724,8	<b>-0,287</b>	<b>131,97</b>	<b>621,76</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0
λ2	0
λ3	0
λ4	1
a	0
c	1

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,455357143	1,391023	-59,74301151
Stdev	7,110489483	5,57728	-21,56264871
PBIAS	-59,743012		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	4,31342532		60,66284656
RMSE	9,33328208		131,2607536
R	-0,016621		
R <sup>2</sup>	0,00027626		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,403047972	1,121081	-20,09671874
Stdev	5,813722817	5,719069	-1,628112754
PBIAS	-20,0967		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,662184		28,59069809
RMSE	6,596005		113,4557955
R	0,346894		
R <sup>2</sup>	0,120336		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή ( $Nr > \dots$ ).

Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

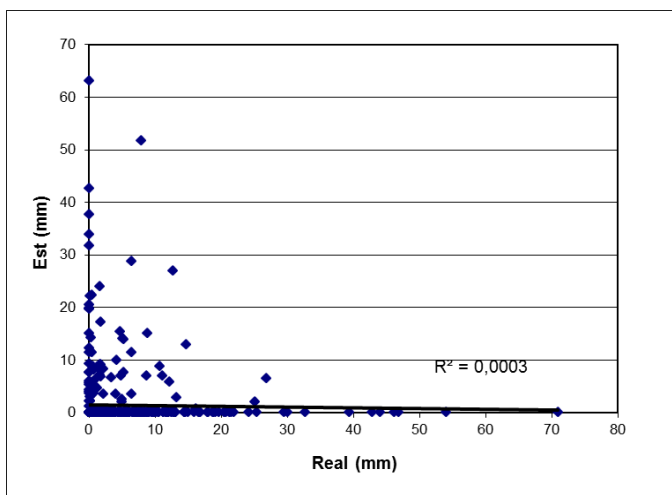
<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	2128,5	856,87	<b>(mm)</b>	5293,7	4229,84
Nr	331	71	Nr	734	315
Nr>5	135	51	Nr>15	98	91
Nr>10	56	26	Nr>25	38	48
Nr>15	30	18	Nr>35	16	27
Nr>20	19	12	Nr>45	10	14
Nr>25	13	8	Nr>55	9	11
Nr>30	9	6	Nr>65	6	6
Nr>35	7	4	Nr>80	3	2



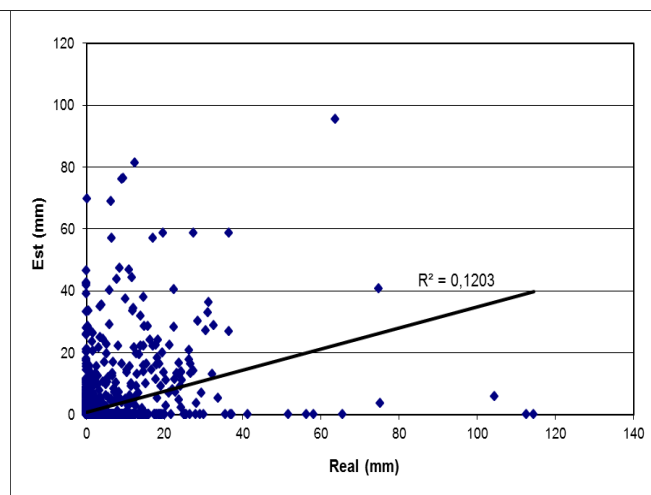
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>530,656</b>	<b>477,14</b>
3h	81,4	76,2
%	15,3395043	15,97015551
6h	100,8	85,81
%	18,9953567	17,98423943
12h	103,8	96,1
%	19,5606947	20,14083917
24h	114,4	95,46
%	21,55822	20,00671
48h	135,4	113,22
%	25,51559	23,72888



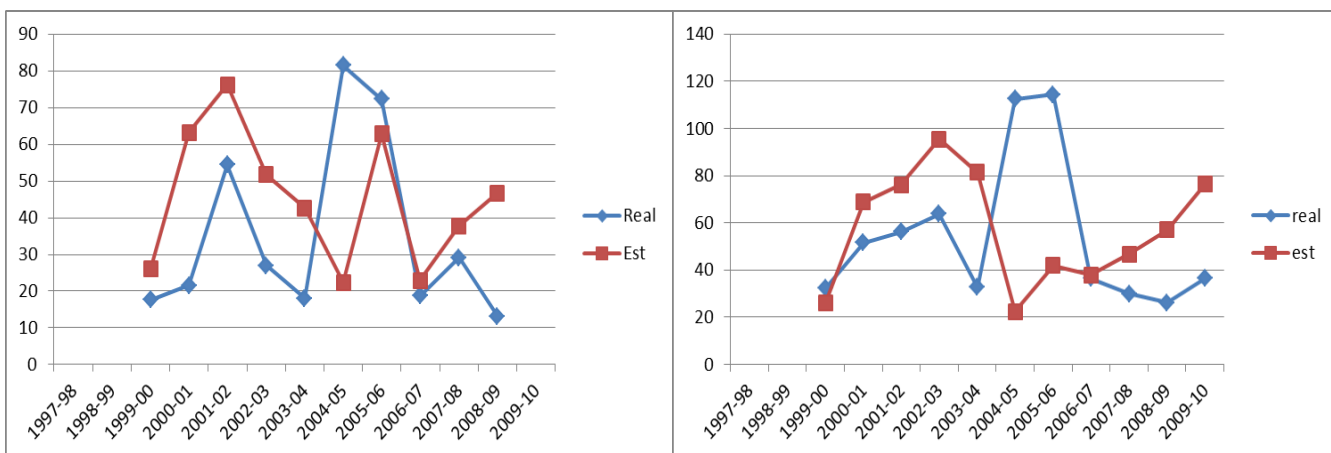
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

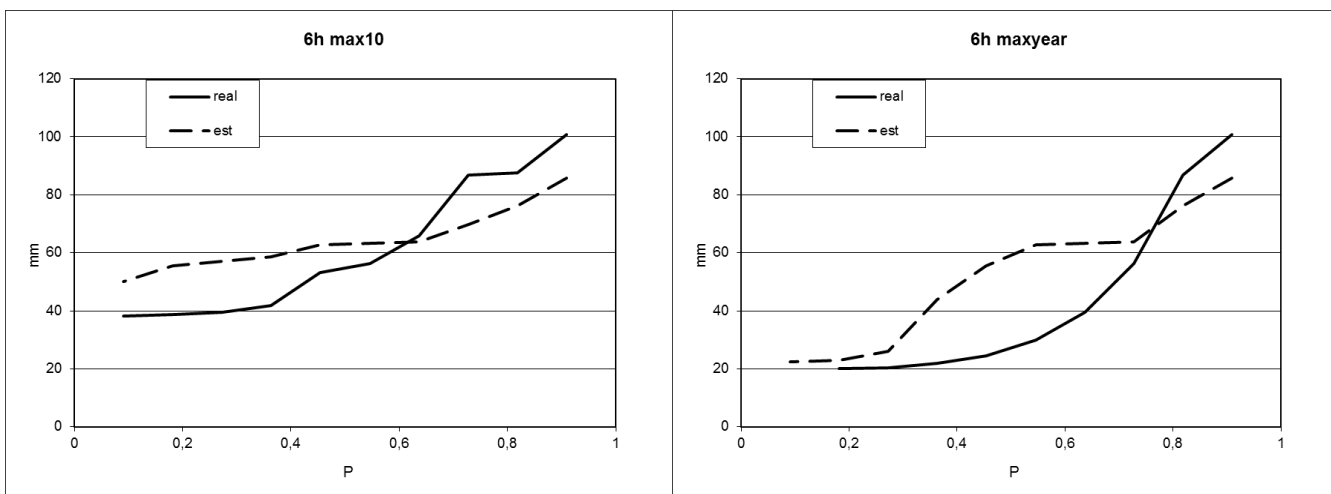
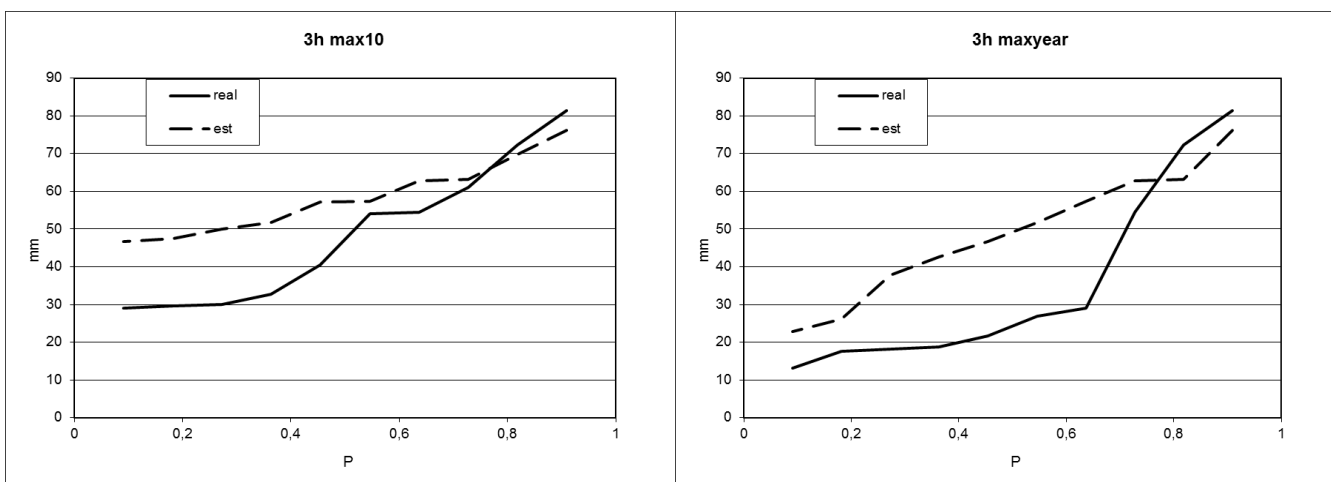
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



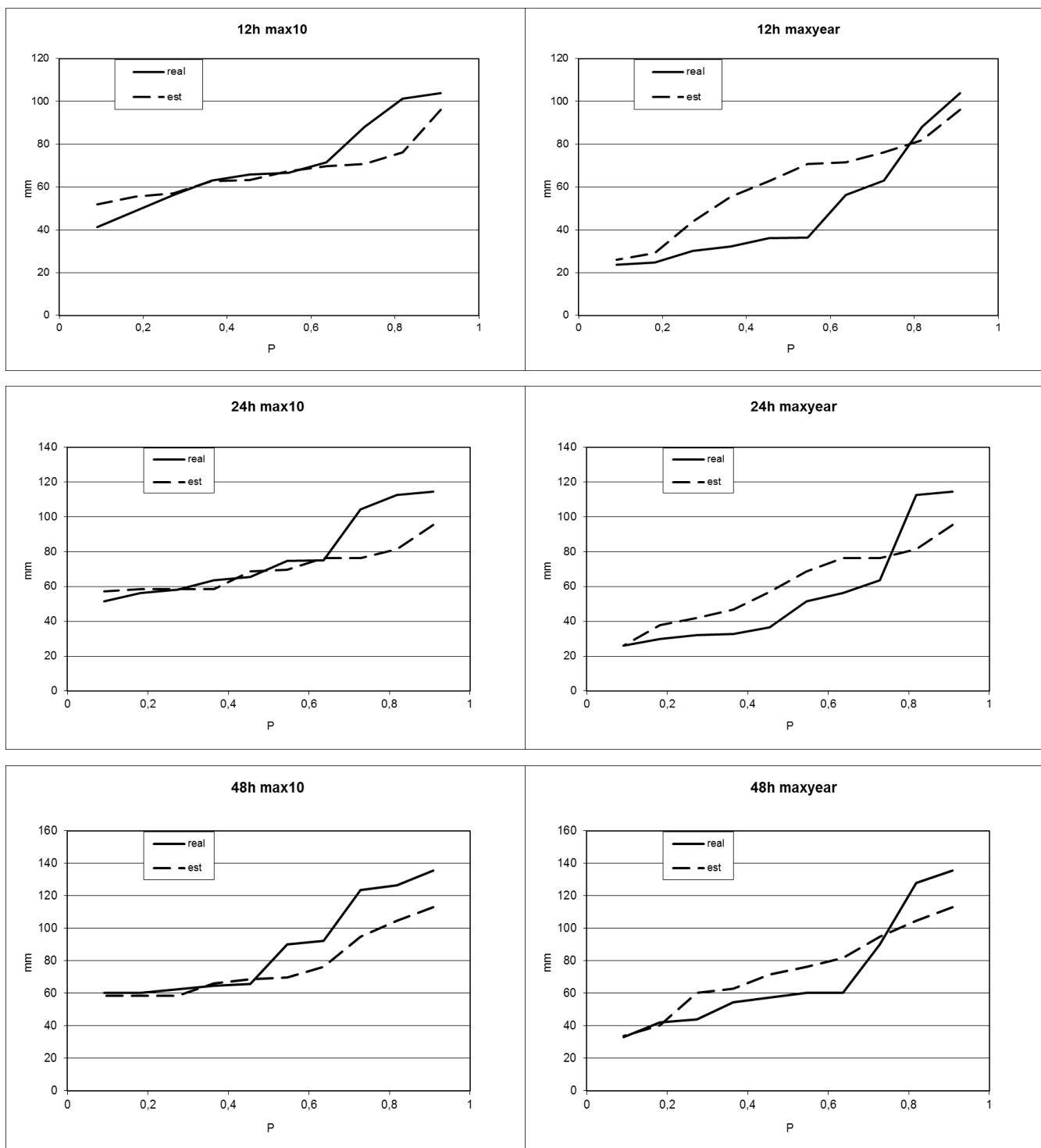
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΕΛΛΗΝΙΚΟ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
37,88	23,73	10,25

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Ελληνικό	<b>-0,082</b>	30978	1422,7	-0,604	<b>1229,3</b>	237,73	<b>-0,275</b>	<b>5066,6</b>	<b>110,73</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Ελληνικό	<b>0,294</b>	4302,7	839,13	0,083	<b>24,634</b>	113,38	<b>0,083</b>	<b>24,73</b>	<b>110,73</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,167732787
λ2	0,171788023
λ3	0,447749056
λ4	0,212730134
a	43,4453227
c	0,62630003

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,32458194	1,896527	-42,95440667
Stdev	7,528317134	5,809309	-22,83390252
PBIAS	-42,95		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	3,8105		50,61609266
RMSE	8,5003		112,9106359
R	0,2297		
R <sup>2</sup>	0,0528		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,00580481	0,966651	-3,892823667
Stdev	5,02135307	5,029932	0,170848466
PBIAS	-3,89282		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,190821		23,71514431
RMSE	4,808699		95,76501122
R	0,542161		
R <sup>2</sup>	0,293939		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).

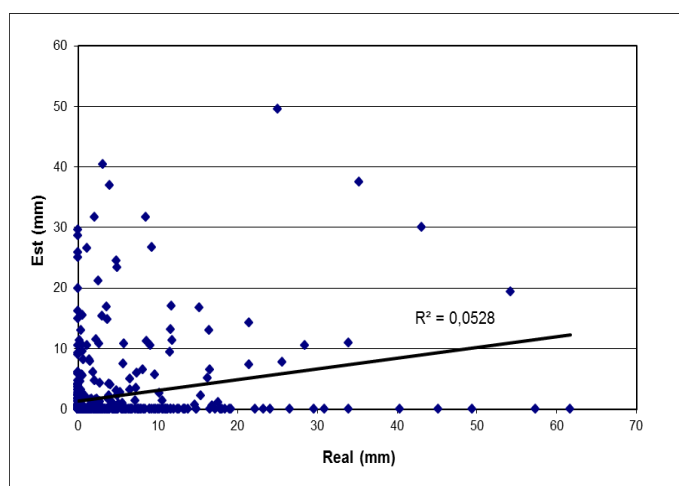
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	1988,1	1134,123	<b>(mm)</b>	4349,1	4179,797
Nr	307	135	Nr	758	583
Nr>5	106	64	Nr>15	71	79
Nr>10	63	42	Nr>25	27	36
Nr>15	36	25	Nr>35	14	21
Nr>20	21	16	Nr>45	8	13
Nr>25	15	13	Nr>55	7	6
Nr>30	11	7	Nr>65	4	3
Nr>35	8	4	Nr>80	3	2

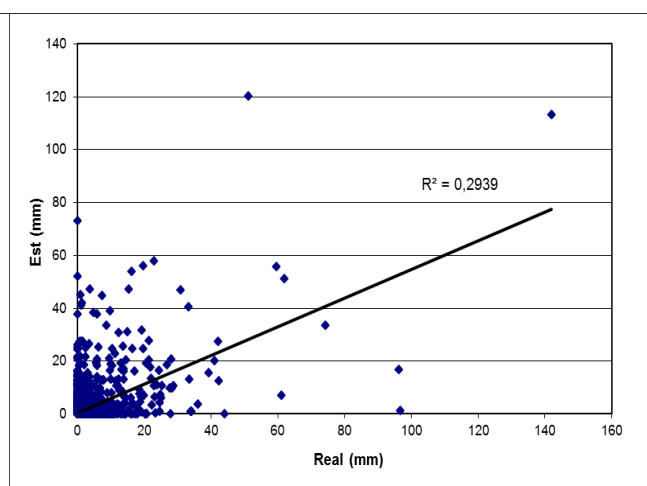
## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>376,15</b>	<b>382,039</b>
3h	61,7	52,144
%	16,403	13,649
6h	76,9	87,05308905
%	20,44397182	22,7864404
12h	128,3	120,2178
%	34,10873	31,46741
24h	142	120,2178
%	37,75089725	31,46741
48h	166,5	133,6901
%	44,26426	34,99384



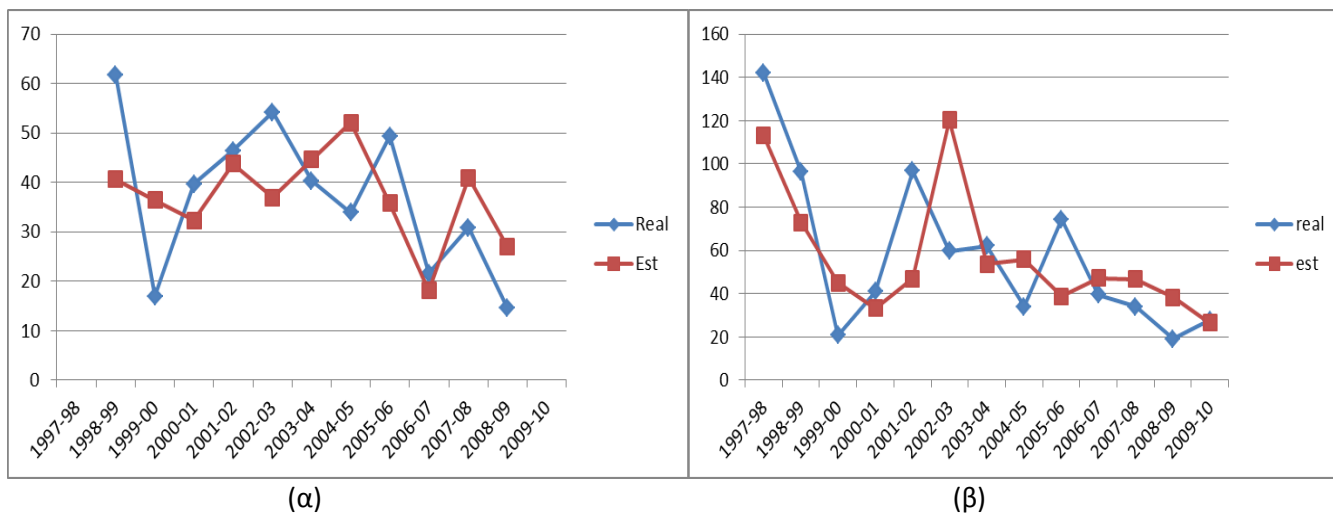
(α)



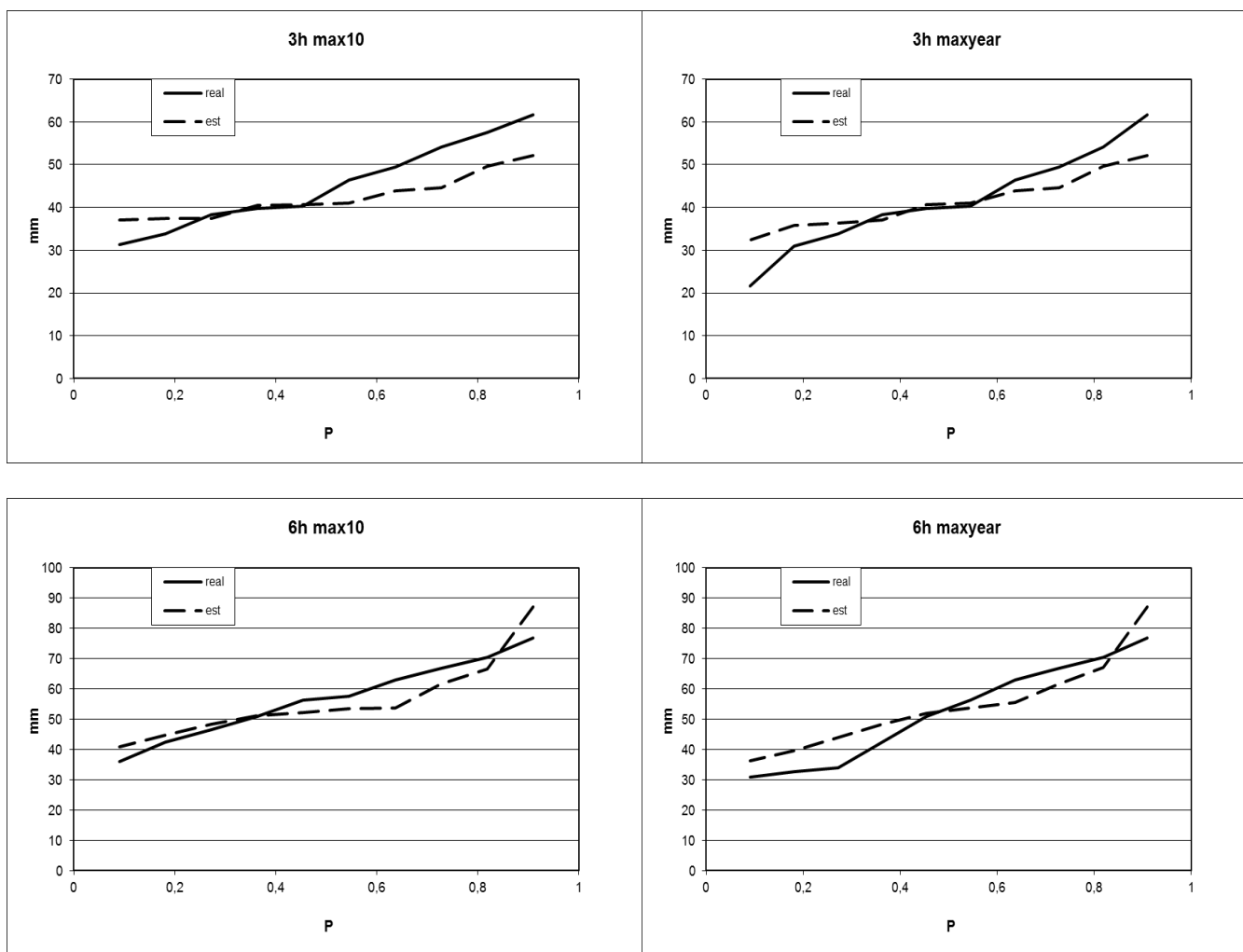
(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

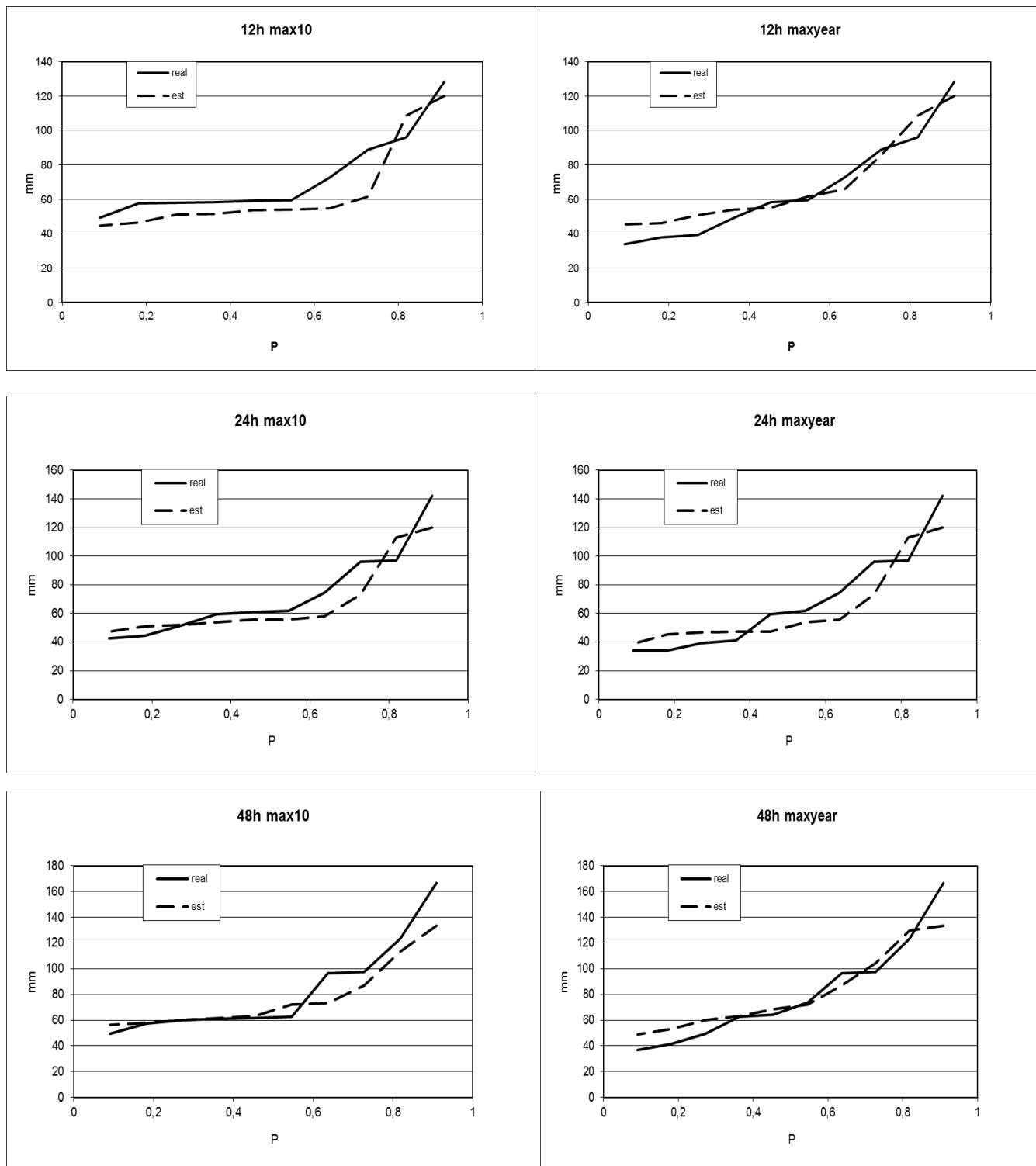
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.



Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΗΡΑΚΛΕΙΟ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
35,32	25,17	39

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Ηράκλειο	<b>-0,293</b>	24953	770,2	-0,494	<b>649,68</b>	1070	<b>-0,438</b>	<b>10983</b>	<b>114,7</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Ηράκλειο	<b>0,165</b>	7012	399	-0,096	<b>34,33</b>	386,6	<b>0,003</b>	<b>1846,8</b>	<b>114,7</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	1,76E-05
λ2	0,606277
λ3	1,76E-05
λ4	0,393687
a	38
c	0,000008

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,174203338	0,626047	-80,28
Stdev	5,338015503	3,228805	-39,5129996
PBIAS	-80,28		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	3,3269		62,32454802
RMSE	6,4001		119,8974546
R	0,1276		
R <sup>2</sup>	0,0163		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,283434	0,551516	-57,0281
Stdev	4,95511	3,820808	-22,8916
PBIAS	-57,02809		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,3221235		26,68202
RMSE	4,9477184		99,85083
R	0,4014767		
R <sup>2</sup>	0,1611835		

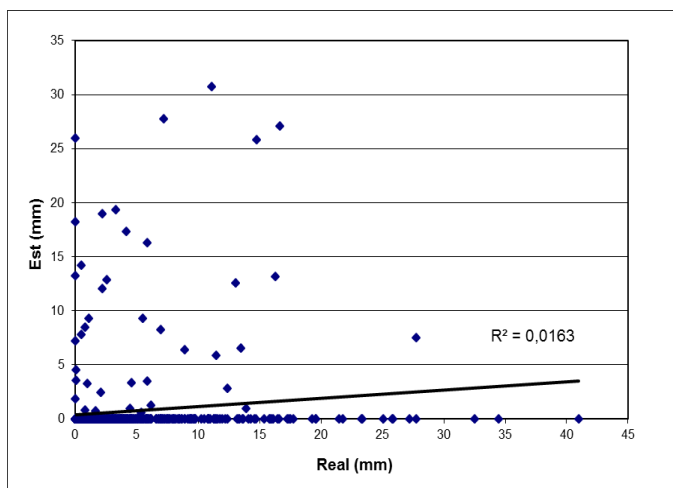
Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή ( $Nr > \dots$ ). Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	2091,8	412,5652	<b>(mm)</b>	5547	2383,652
Nr	433	41	Nr	858	229
Nr>5	140	26	Nr>15	109	48
Nr>10	61	16	Nr>25	46	25
Nr>15	29	10	Nr>35	24	13
Nr>20	13	5	Nr>45	12	8
Nr>25	9	5	Nr>55	3	4
Nr>30	3	1	Nr>65	0	4
Nr>35	1	0	Nr>80	0	0

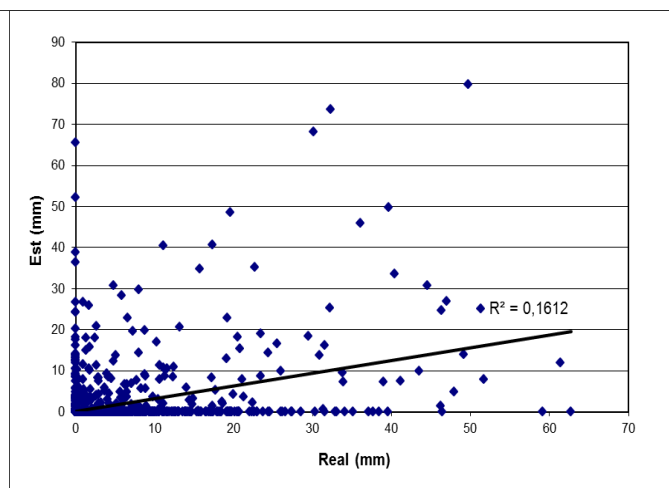
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>481,092</b>	<b>411,372</b>
3h	43,2	53,865
%	8,9796	13,094
6h	45,1	66,06984167
%	9,374506331	16,06085044
12h	67	70,0361
%	13,92665	17,025
24h	67	79,68456
%	13,92665	19,37044
48h	87,5	128,1645
%	18,18779	31,15537



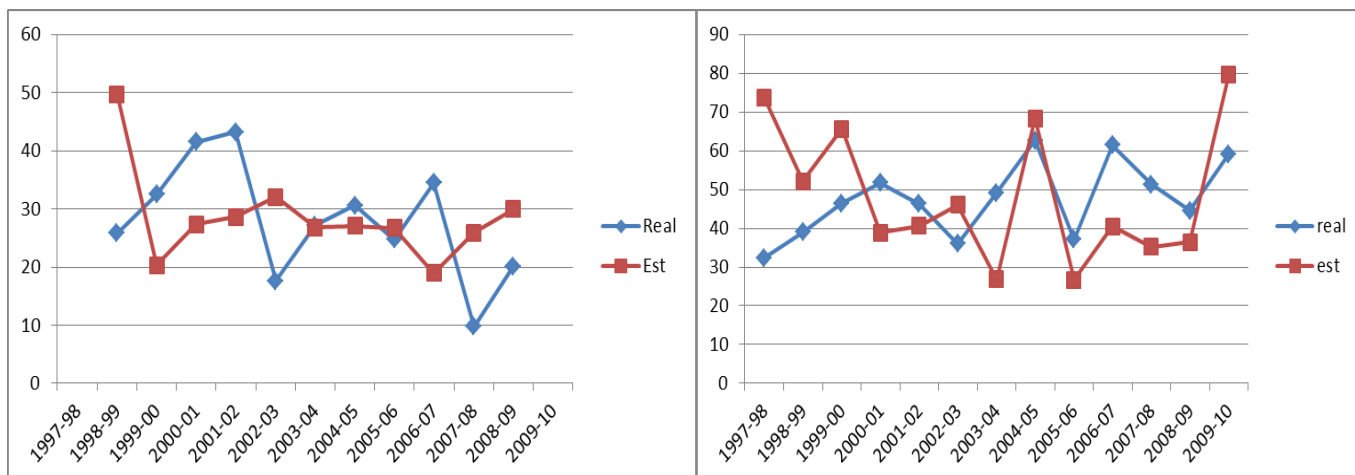
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

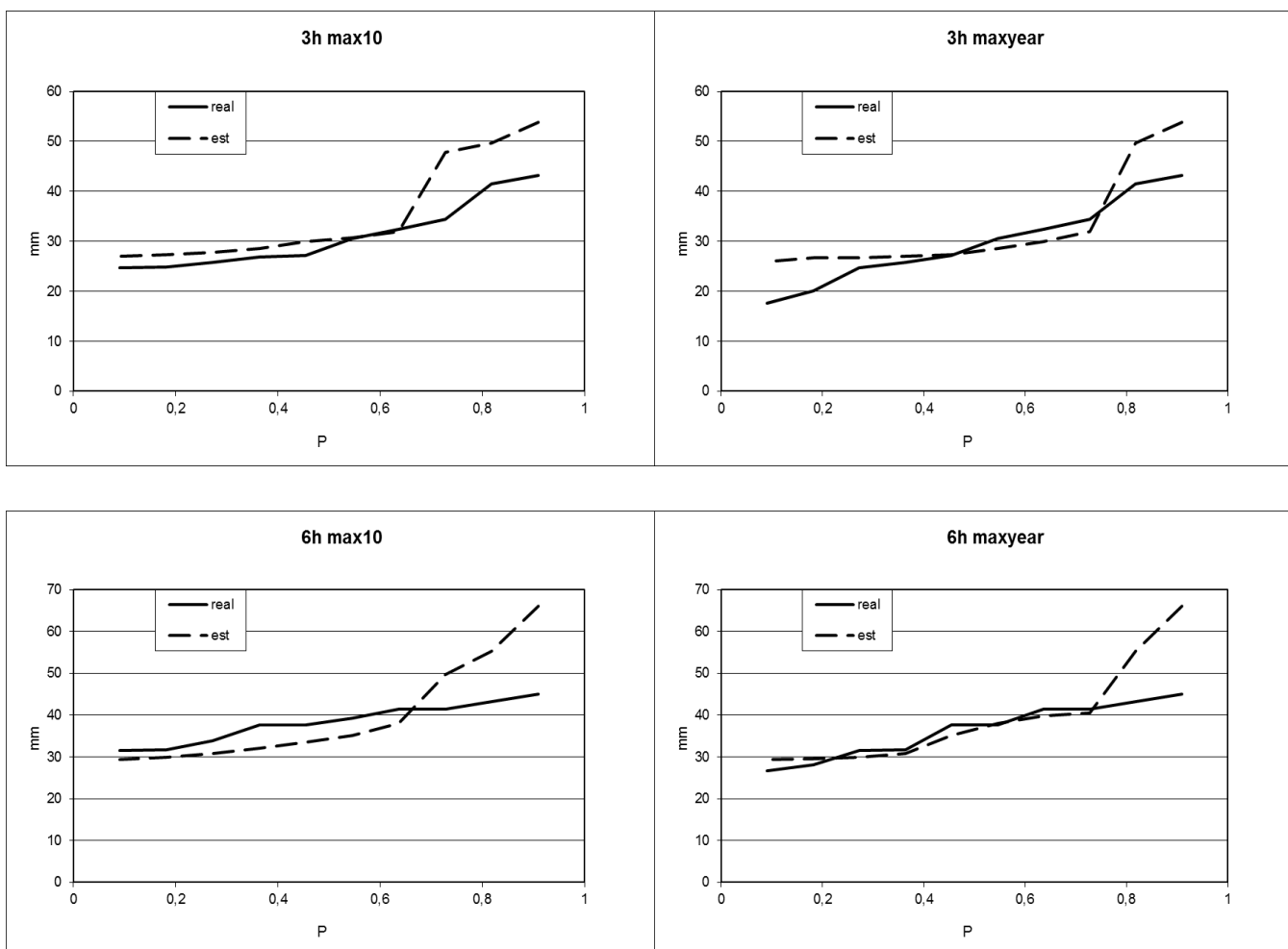
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



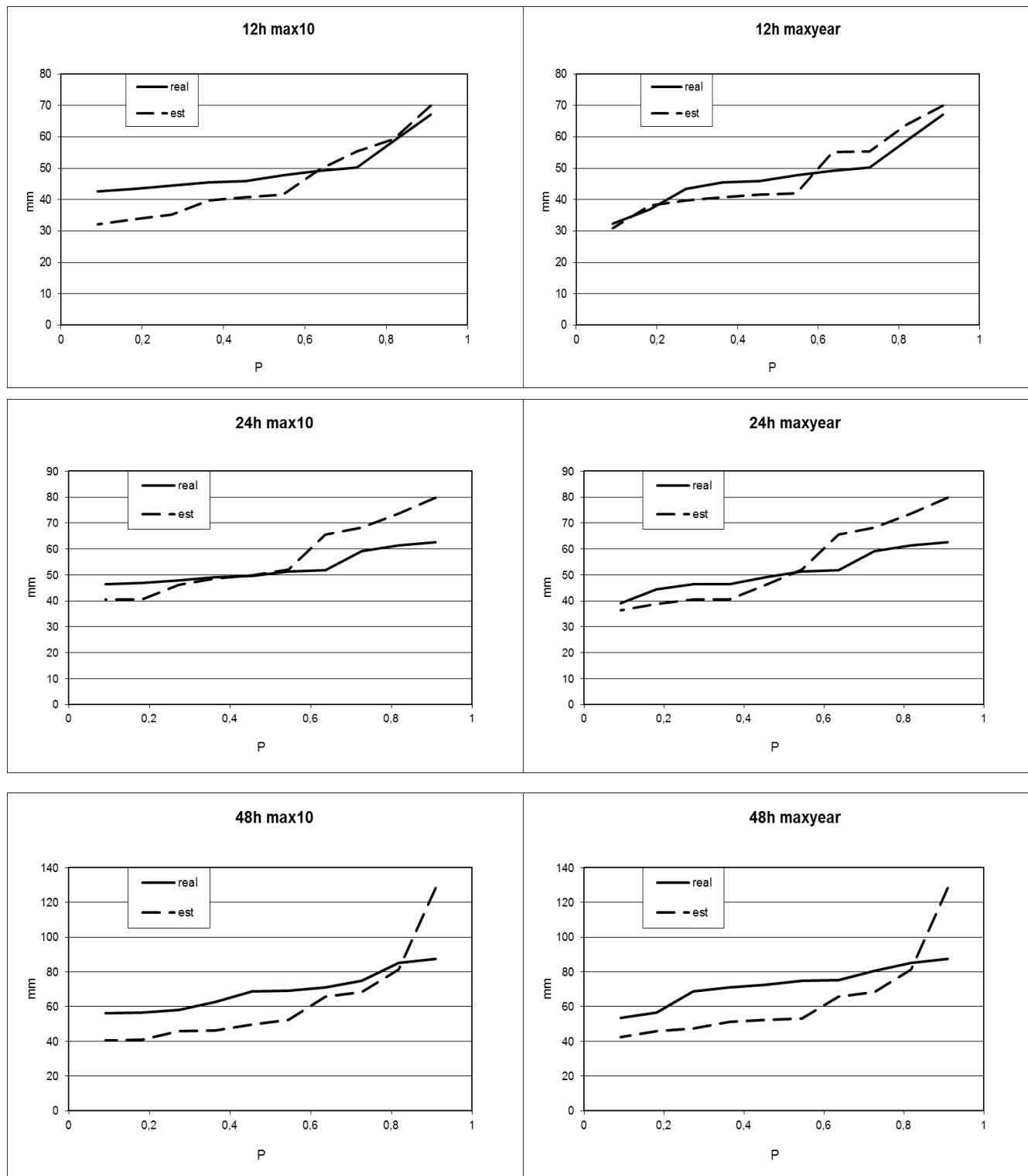
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΙΩΑΝΝΙΝΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
39,68	20,82	483

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Ιωάννινα	<b>-0,212</b>	26118	819,6	-0,73	<b>255,26</b>	1090	<b>-0,36</b>	<b>8785,3</b>	<b>69,8</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Ιωάννινα	<b>0,34</b>	11093	180,1	0,234	<b>193,13</b>	437,6	<b>0,331</b>	<b>4841,9</b>	<b>69,8</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,65060805
λ2	1,78963E-05
λ3	1,78963E-05
λ4	0,349355158
a	0,01
c	0,0000022

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,752295918	1,6155	-56,94636885
Stdev	6,279213805	4,238182	-32,50457919
PBIAS	-56,95		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	3,9608		63,07852949
RMSE	7,3227		116,6182998
R	0,1554		
R <sup>2</sup>	0,0242		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	2,9065555	1,745602	-39,942599
Stdev	7,8079283	5,949609	-23,800413
PBIAS	-39,9426		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	2,450147		31,38024
RMSE	6,385556		81,782971
R	0,612679		
R <sup>2</sup>	0,375376		

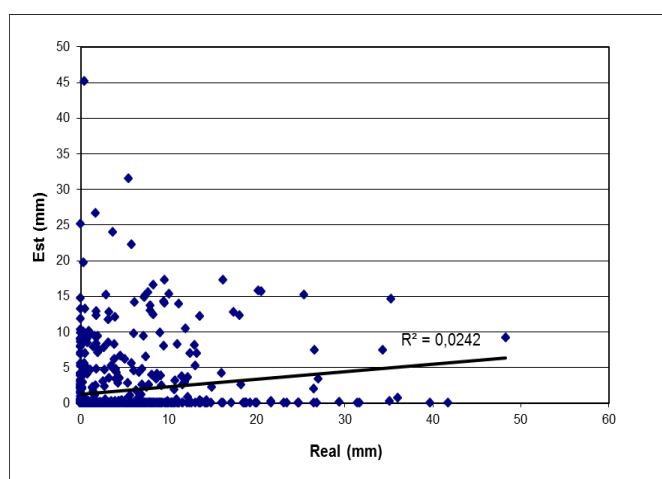
Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...). Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	2941,8	1266,552	<b>(mm)</b>	10286,3	6177,684
Nr	484	259	Nr	1052	1437
Nr>5	209	88	Nr>15	224	103
Nr>10	85	41	Nr>25	105	45
Nr>15	40	17	Nr>35	52	19
Nr>20	24	6	Nr>45	22	14
Nr>25	16	4	Nr>55	9	8
Nr>30	9	2	Nr>65	4	5
Nr>35	6	1	Nr>80	0	2

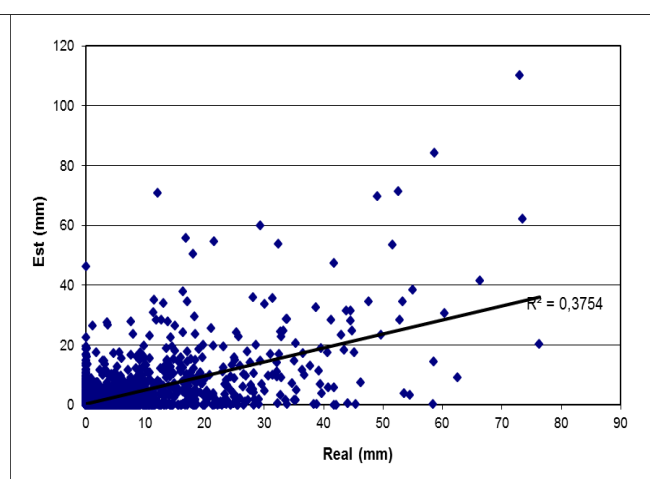
### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>472,718</b>	<b>443,837</b>
3h	52,1	45,455
%	4,6345	3,6523
6h	62,2	54,98962336
%	5,532985757	4,41839164
12h	71,3	73,49365
%	6,342474	5,905182
24h	76,3	110,06689
%	6,7872478	8,8438254
48h	97,9	110,0669
%	8,708671	8,843825



(α)

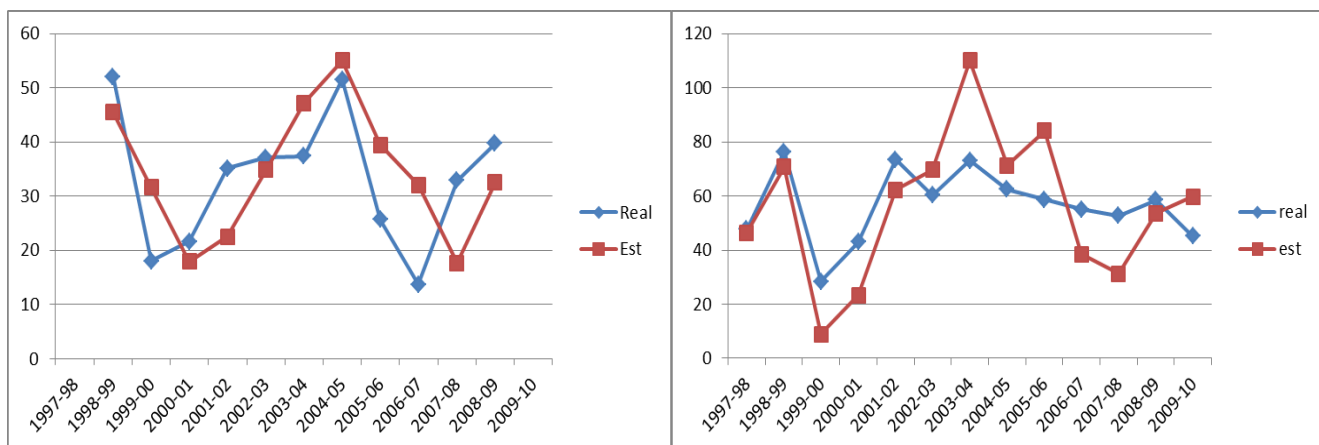


(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)



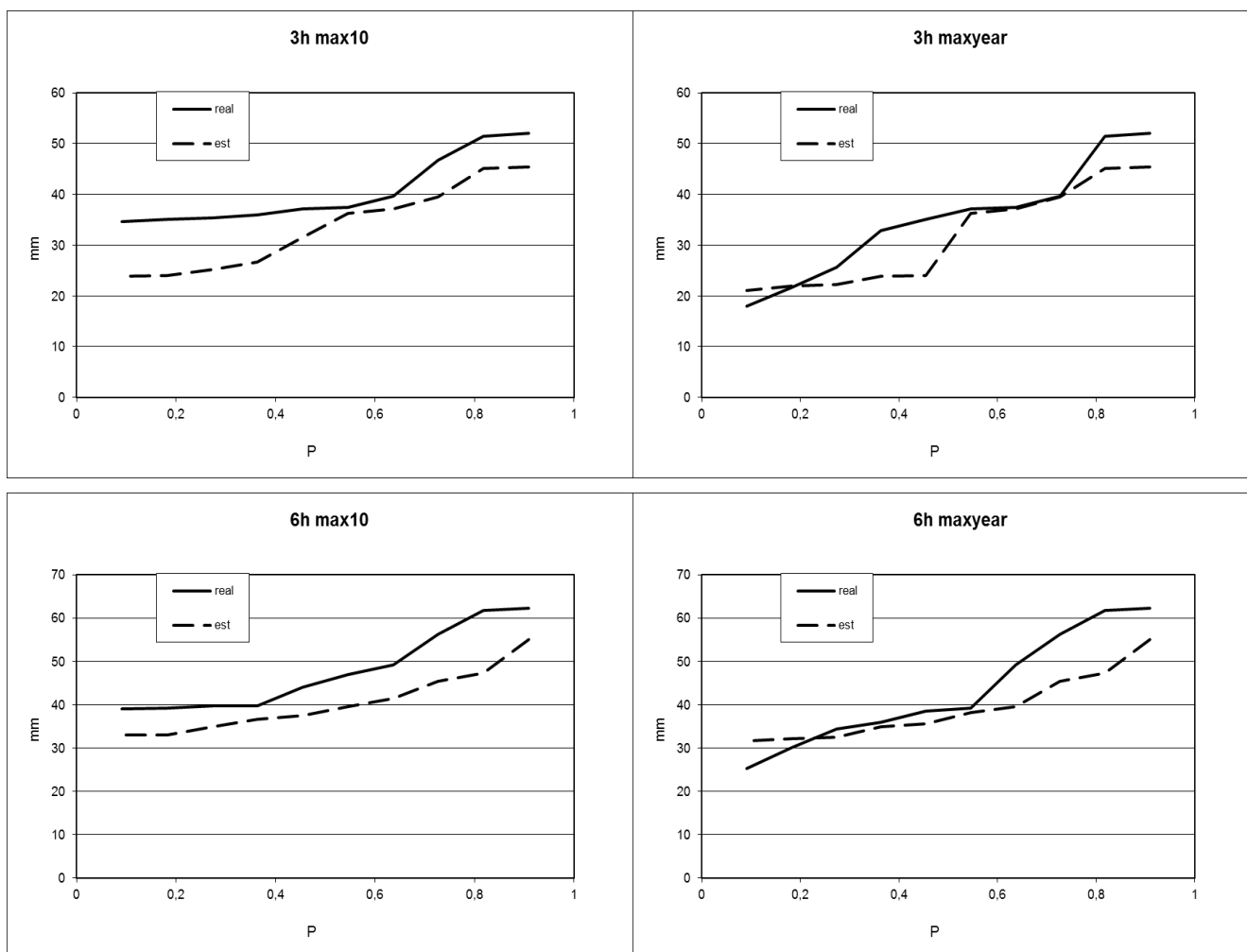
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



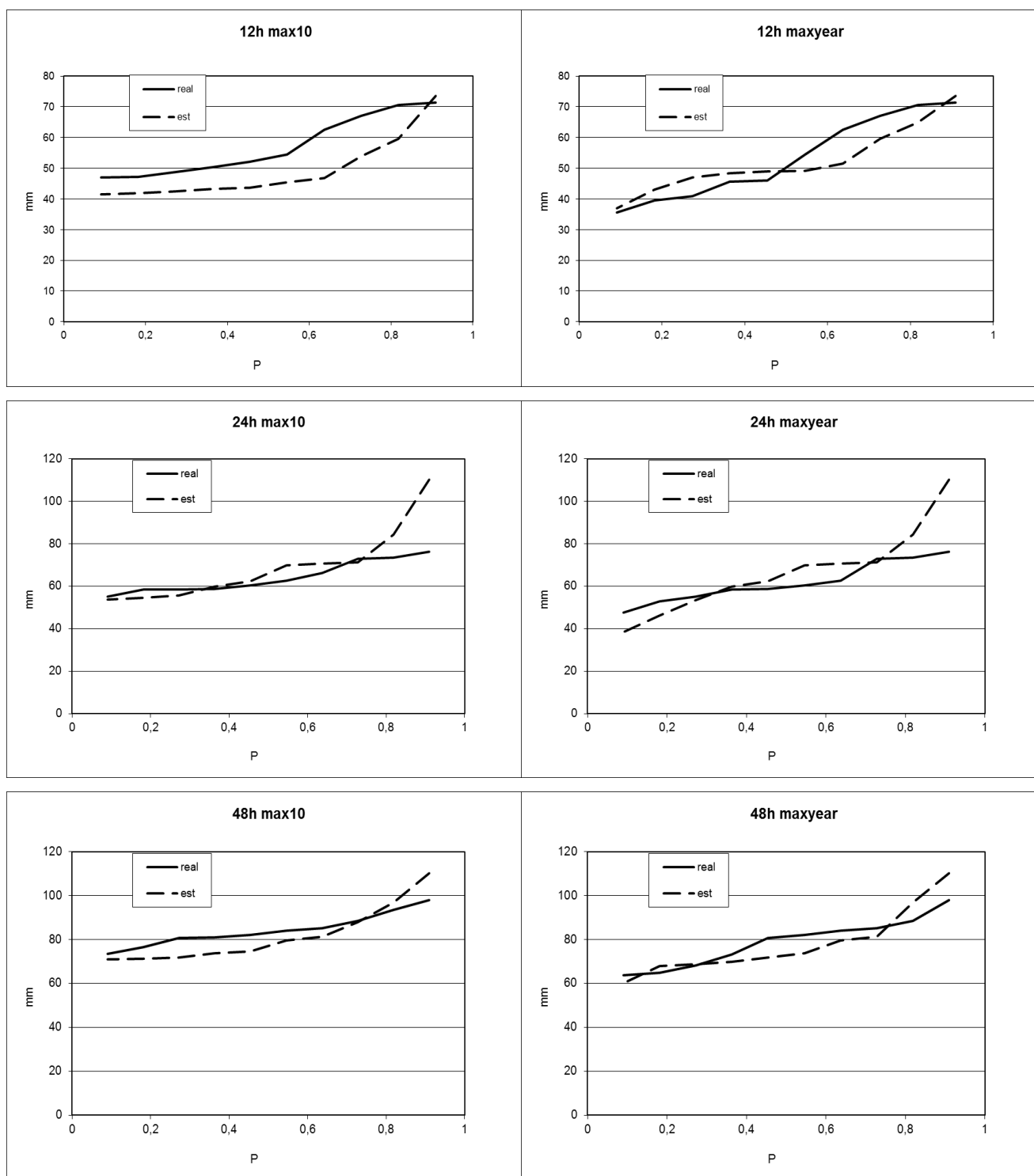
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΚΑΣΤΟΡΙΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
40,45	21,28	660

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Καστοριά	<b>-0,256</b>	15118	816,45	-0,883	<b>404,52</b>	139,62	<b>-0,725</b>	<b>1102,6</b>	<b>56,156</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Καστοριά	<b>0,251</b>	9909,3	652,88	0,169	<b>32,483</b>	56,156	<b>0,169</b>	<b>32,483</b>	<b>56,156</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,339242015
λ2	0,224135407
λ3	0,004120351
λ4	0,432501226
a	1,96460415
c	1,26639E-05

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	2,508356164	1,501035	-40,15860727
Stdev	4,536596959	4,3076	-5,047763801
PBIAS	-40,16		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	3,0187		66,54011053
RMSE	5,9582		131,3364987
R	0,118		
R <sup>2</sup>	0,015		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,635514	1,532392	-6,30518
Stdev	4,92399	4,965109	0,835084
PBIAS	-6,30518		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,666011		33,83459
RMSE	4,489844		91,18304
R	0,587867		
R <sup>2</sup>	0,345587		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).

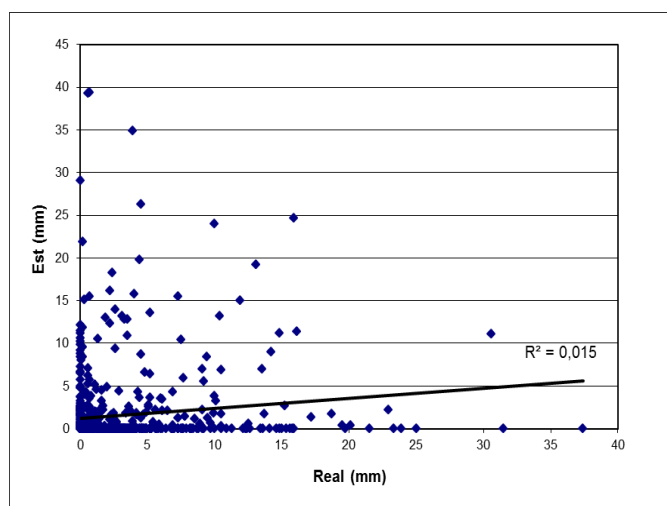
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	1831,1	1095,756	<b>(mm)</b>	6074,3	5691,304
Nr	442	213	Nr	1059	1326
Nr>5	112	65	Nr>15	103	92
Nr>10	46	37	Nr>25	32	36
Nr>15	21	16	Nr>35	10	16
Nr>20	10	8	Nr>45	6	8
Nr>25	4	5	Nr>55	4	4
Nr>30	3	3	Nr>65	1	2
Nr>35	1	2	Nr>80	0	0

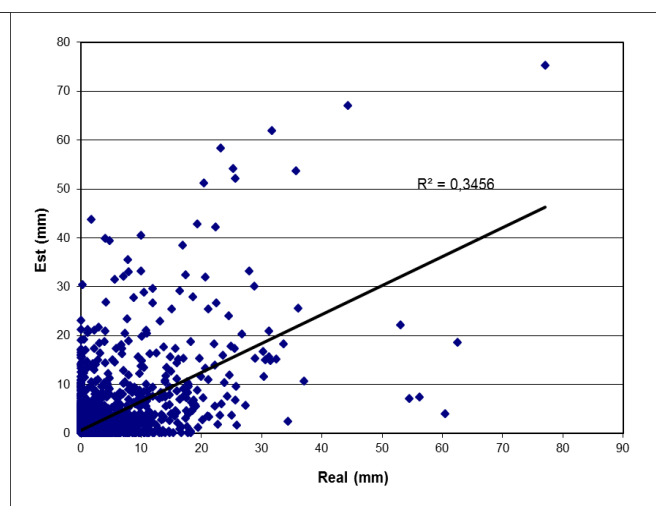
## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της ΕΜΥ

	Real	Est
<b>meanyear (mm)</b>	<b>555,5</b>	<b>(555,5)</b>
3h	46,9	39,443
%	8,4428	7,1005
6h	59,2	44,87362027
%	10,65706571	8,078059455
12h	62,5	82,49773
%	11,25113	14,85108
24h	77,1	82,49773
%	13,87939	14,85108
48h	79,2	89,00939
%	14,25743	16,02329



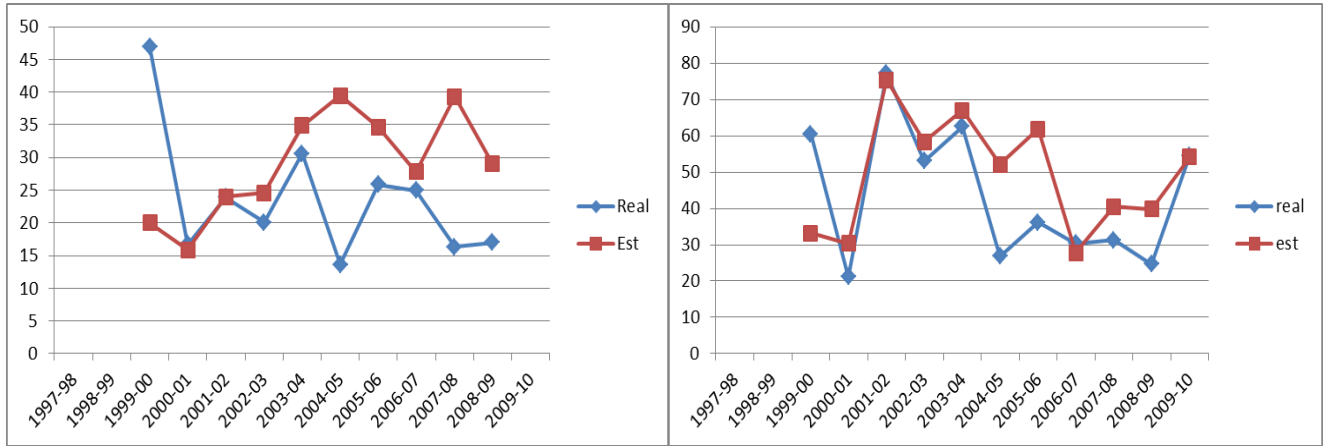
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

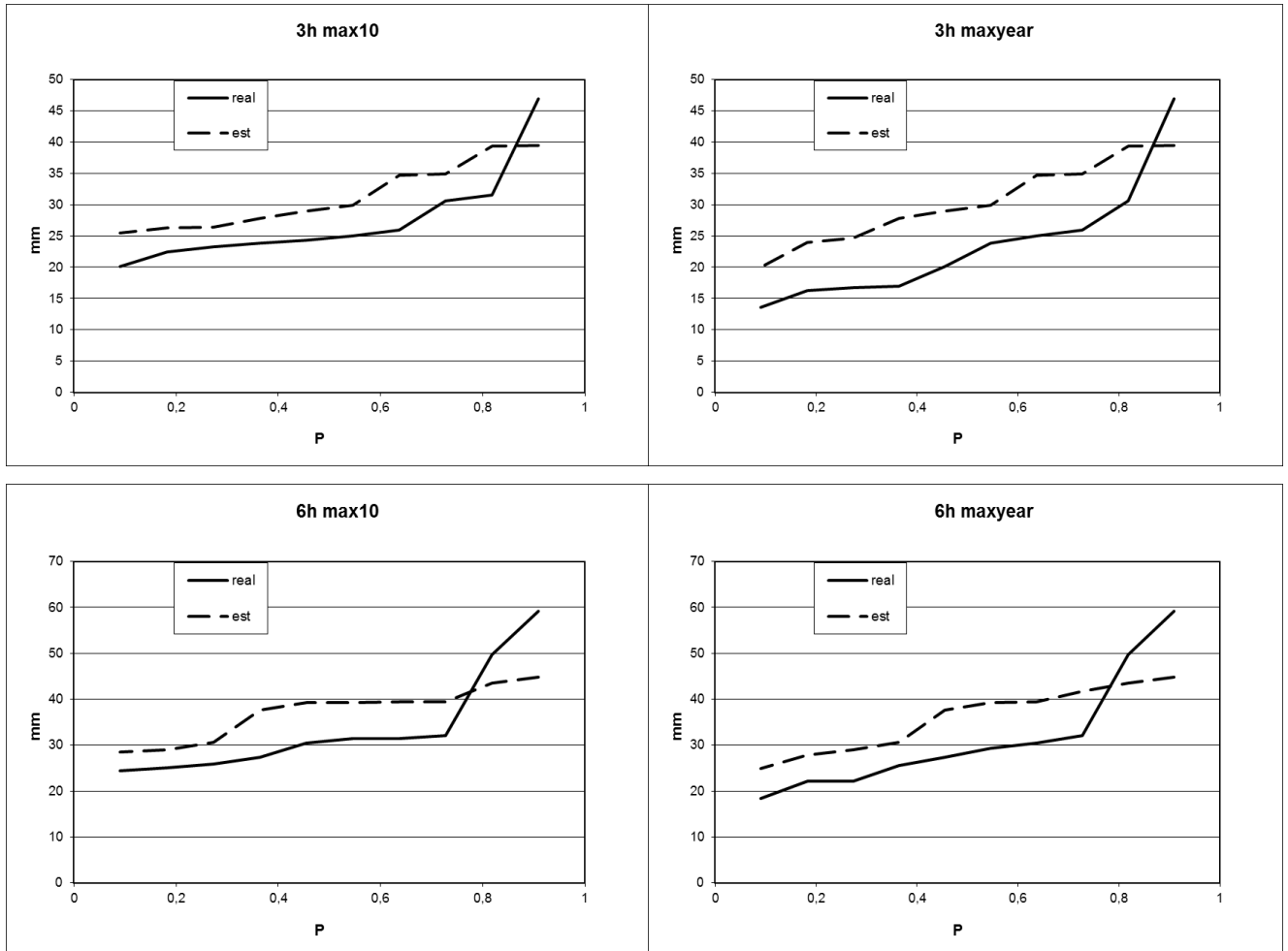
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



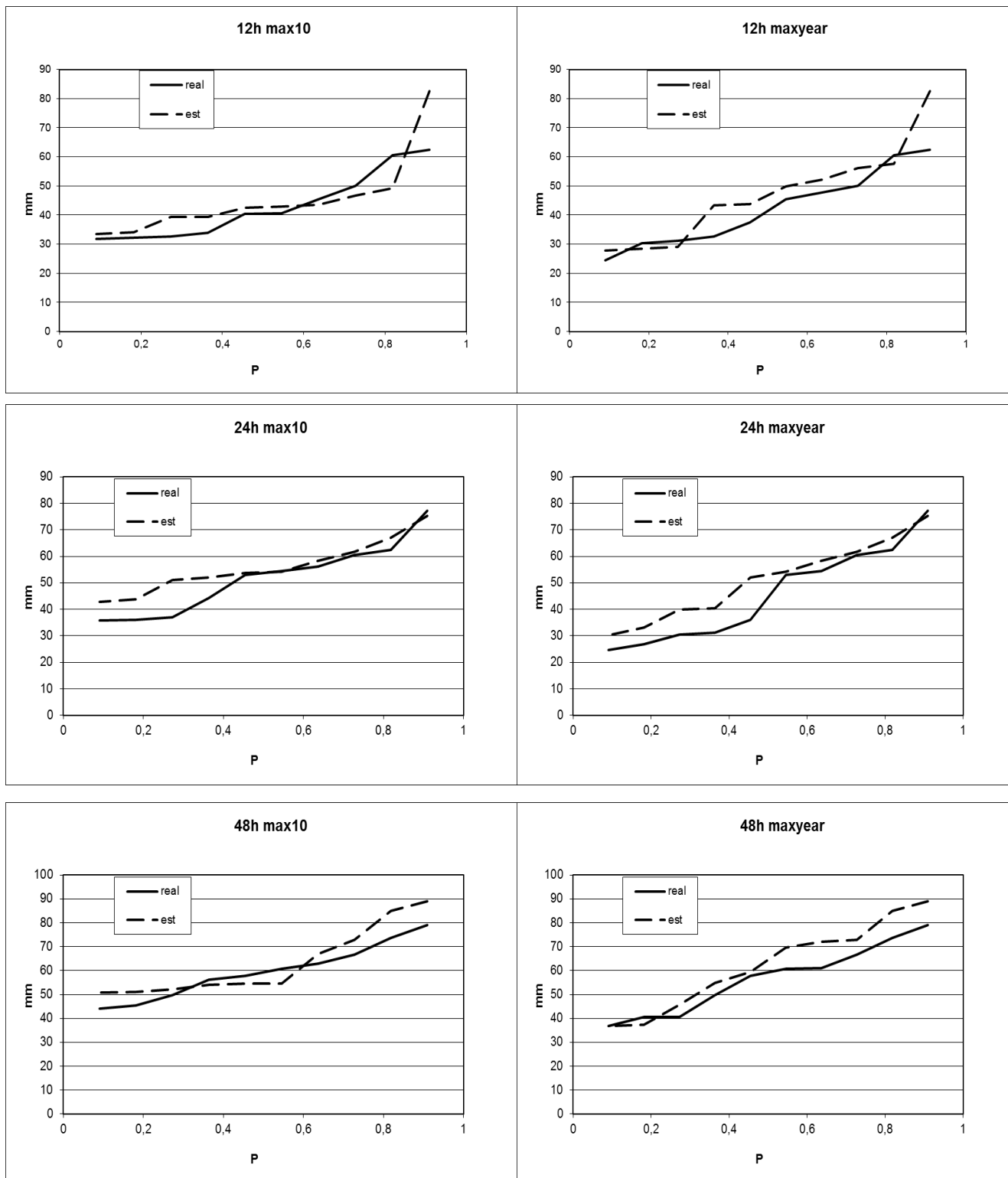
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΜΙΚΡΑ (ΘΕΣ/ΝΙΚΗ)

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
40,52	22,97	4

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	<b>-0,217</b>	26672	3096	-0,966	<b>549,18</b>	1319,9	<b>-0,465</b>	<b>4009,1</b>	<b>470,79</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	<b>-0,074</b>	66,579	470,8	-0,11	<b>17,688</b>	485,24	<b>-0,094</b>	<b>28,815</b>	<b>470,74</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,21997
λ2	0,464933
λ3	0,315096
λ4	0
a	7,262245
c	1E-06



Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	2,315555556	1,16919	-49,50715774
Stdev	4,935694292	3,304985	-33,03911654
PBIAS	-49,51		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	2,7816		56,35690174
RMSE	5,9737		121,0295878
R	0,0264		
R <sup>2</sup>	0,0007		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,113054	1,187126	6,654793
Stdev	3,992055	3,915312	-1,92239
PBIAS	6,654793		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,428294		35,77842
RMSE	4,176057		104,6092
R	0,442332		
R <sup>2</sup>	0,195658		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).

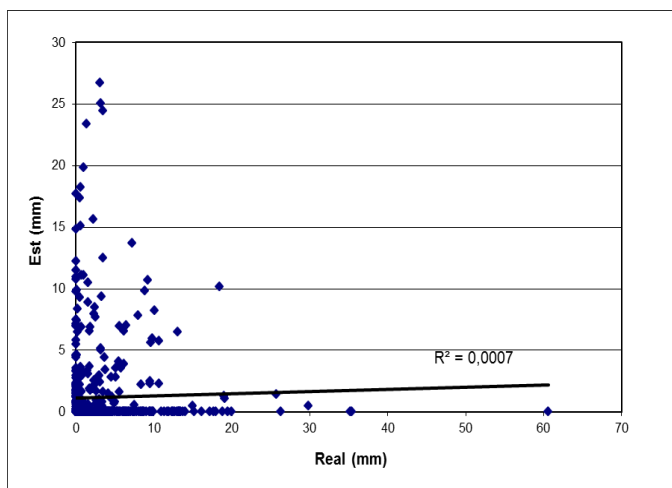
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	1563	789,2031	<b>(mm)</b>	4067,1	4337,757
Nr	362	165	Nr	848	1048
Nr>5	98	54	Nr>15	64	66
Nr>10	39	22	Nr>25	22	18
Nr>15	17	10	Nr>35	7	8
Nr>20	12	4	Nr>45	3	4
Nr>25	6	2	Nr>55	1	0
Nr>30	3	0	Nr>65	1	0
Nr>35	3	0	Nr>80	1	0

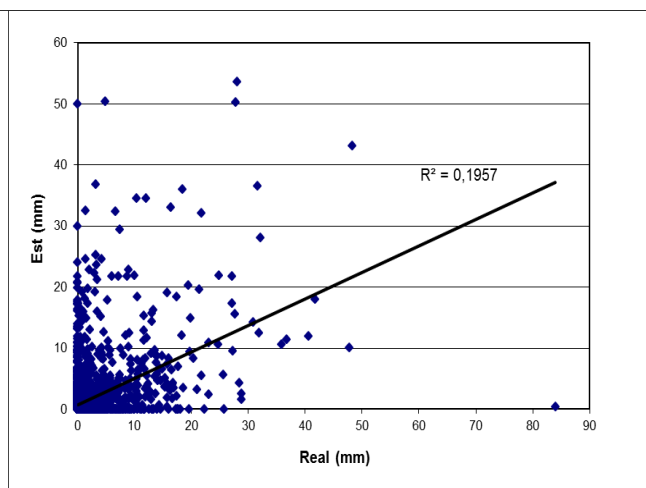
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>438,078</b>	<b>463,982</b>
3h	65	47,056
%	14,838	10,142
6h	74,5	51,16745508
%	17,00610394	11,02789657
12h	75,7	53,84158
%	17,28003	11,60424
24h	84	53,84158
%	19,17467	11,60424
48h	84	70,46529
%	19,17467	15,18707



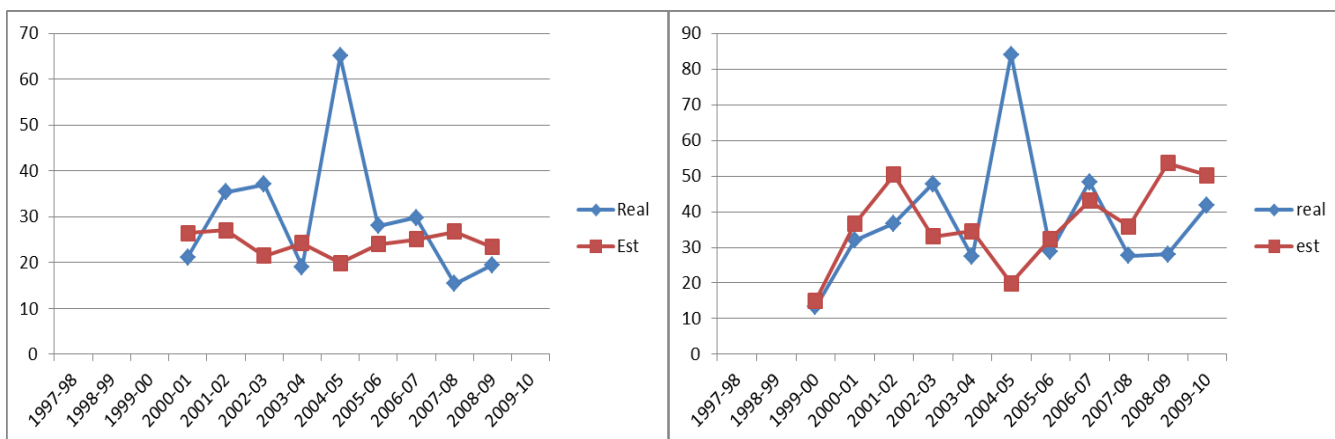
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

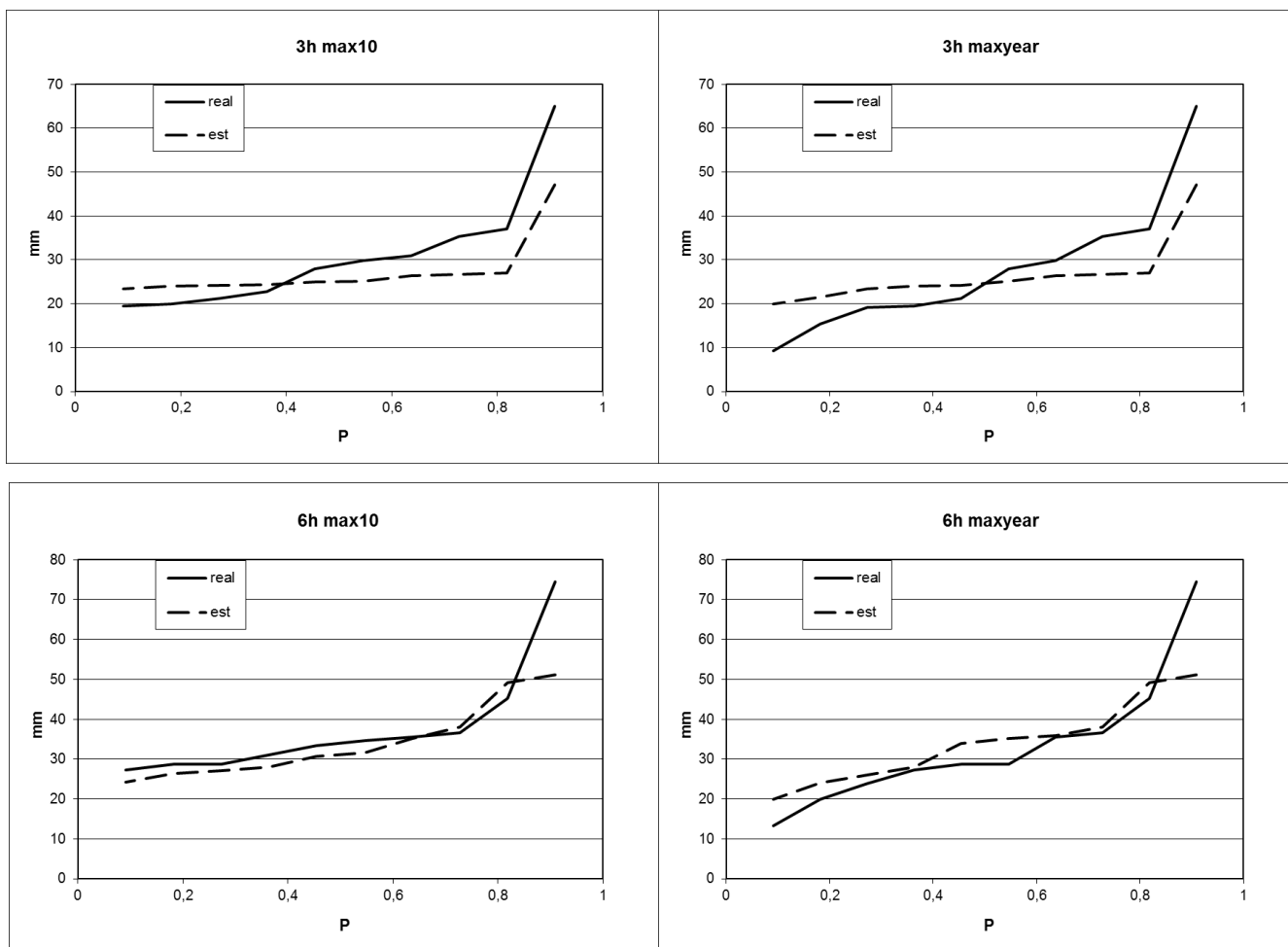
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



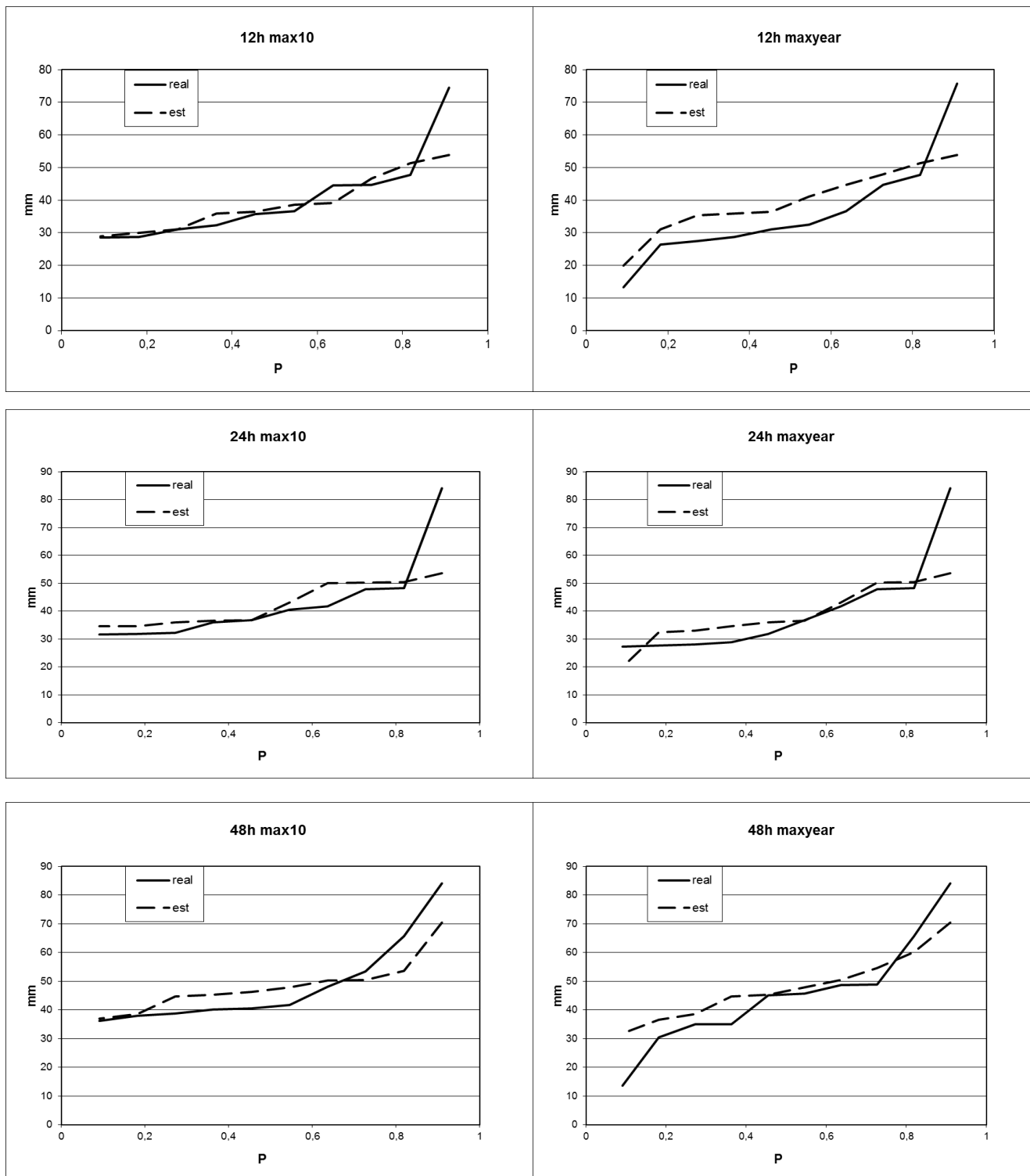
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΜΥΤΙΛΗΝΗ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
39,05	26,58	4,2

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Μυτιλήνη	<b>-0,59</b>	7530,4	173,9	-0,828	<b>503,46</b>	1912,2	<b>-0,59</b>	<b>7530,4</b>	<b>173,9</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Μυτιλήνη	<b>0,17</b>	16206	1014,9	-0,024	<b>43,834</b>	394,59	<b>0,073</b>	<b>787,94</b>	<b>173,9</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,4245853
λ2	0,4255665
λ3	0,0466004
λ4	0,1032469
a	20
c	0,00001

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,646656977	1,340177	-63,24916647
Stdev	6,989011162	5,528571	-20,8962299
PBIAS	-63,249		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	4,1369		59,19087611
RMSE	8,8143		126,1168645
R	0,0897		
R <sup>2</sup>	0,0081		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,490856	1,016247	-31,834659
Stdev	5,9346845	5,206655	-12,26736
PBIAS	-31,8347		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,583111		26,675567
RMSE	5,715065		96,299394
R	0,48358		
R <sup>2</sup>	0,23385		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).

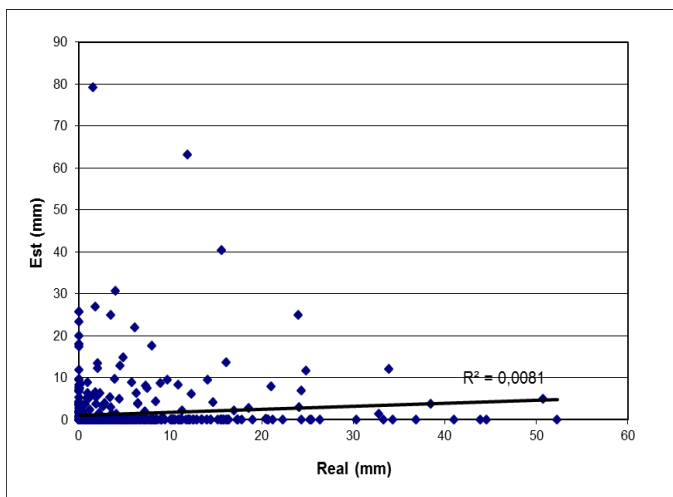
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	2508,9	922,0417	<b>(mm)</b>	6130,4	4178,808
Nr	398	105	Nr	720	490
Nr>5	155	56	Nr>15	131	80
Nr>10	83	24	Nr>25	58	48
Nr>15	46	16	Nr>35	34	22
Nr>20	27	12	Nr>45	18	10
Nr>25	15	7	Nr>55	8	8
Nr>30	12	4	Nr>65	3	4
Nr>35	7	3	Nr>80	1	3

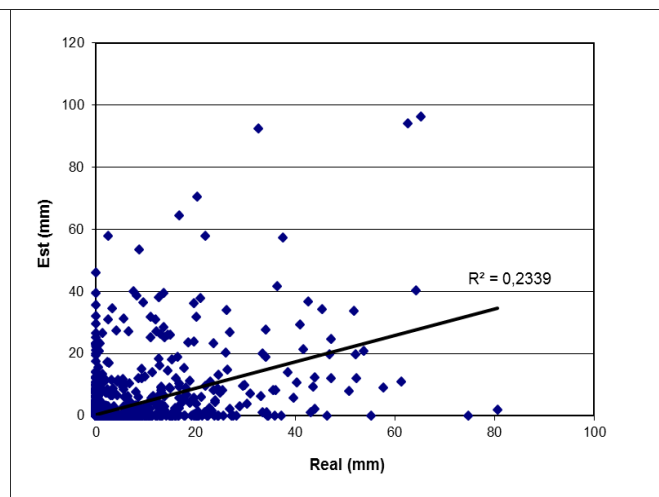
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>617,233</b>	<b>592,081</b>
3h	52,3	83,956
%	8,4733	14,18
6h	62,4	85,99027277
%	10,10963445	14,52339676
12h	102,2	111,2254
%	16,55777	18,7855
24h	102,2	111,2254
%	16,55777	18,7855
48h	103,9	115,443
%	16,83319	19,49784



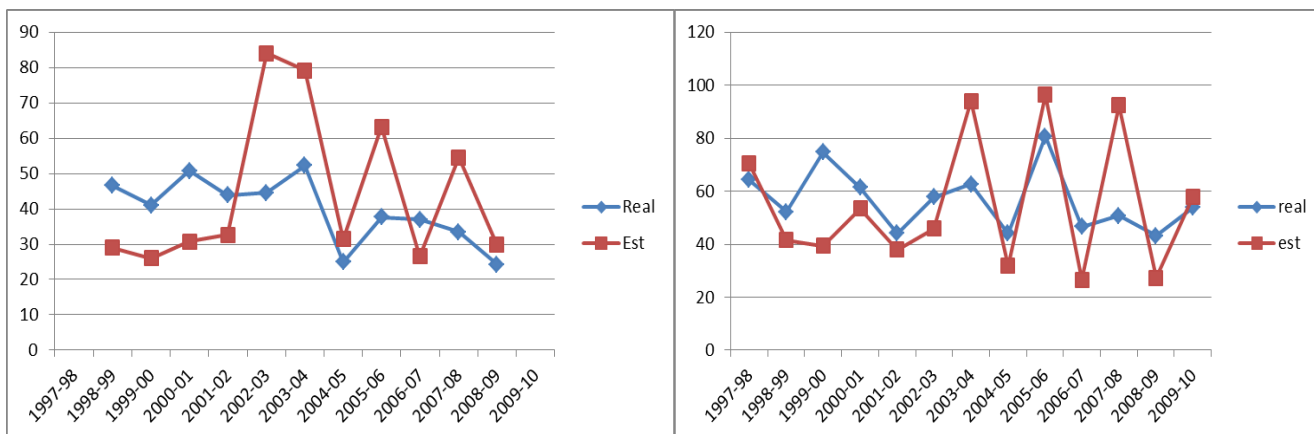
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

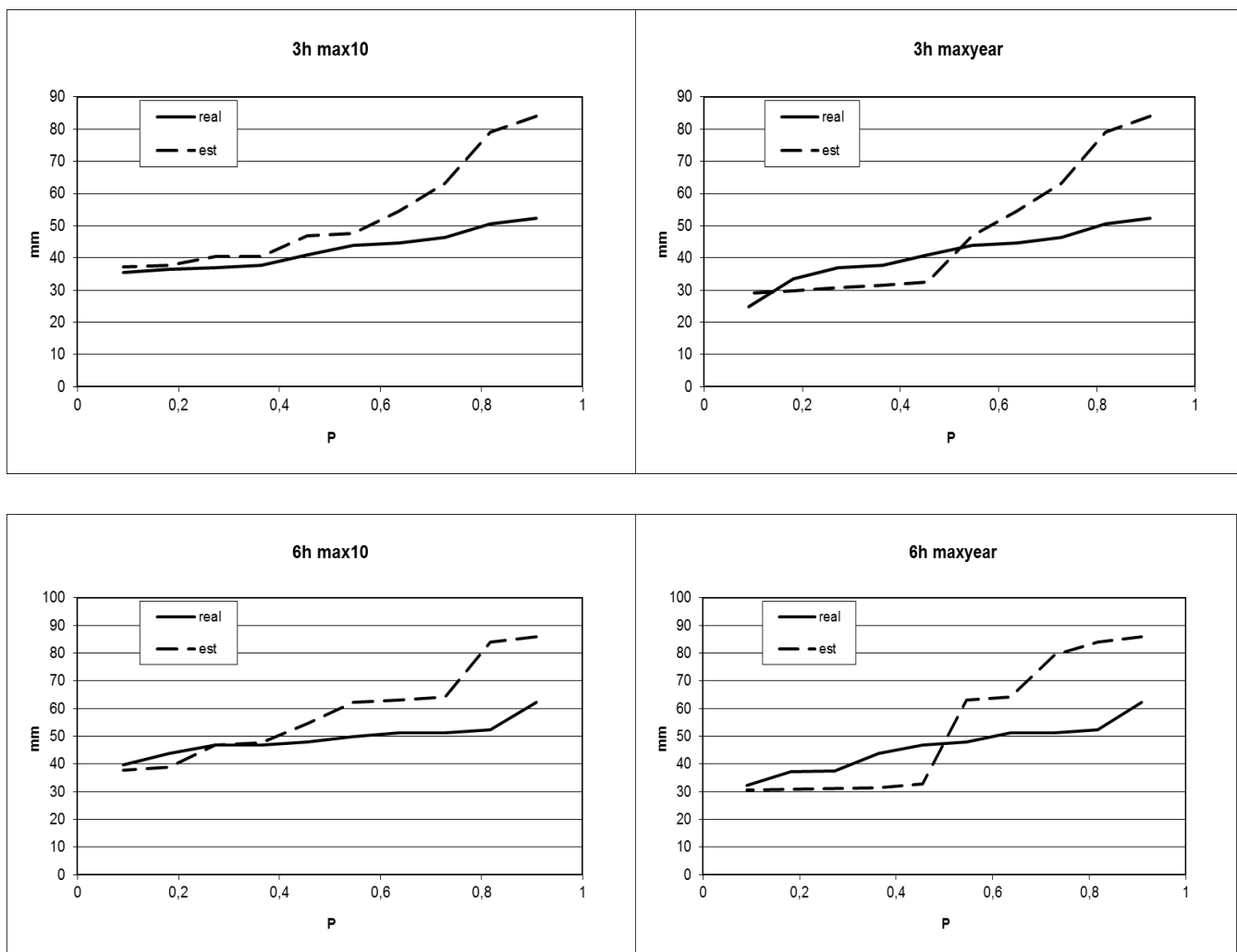
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



(α)

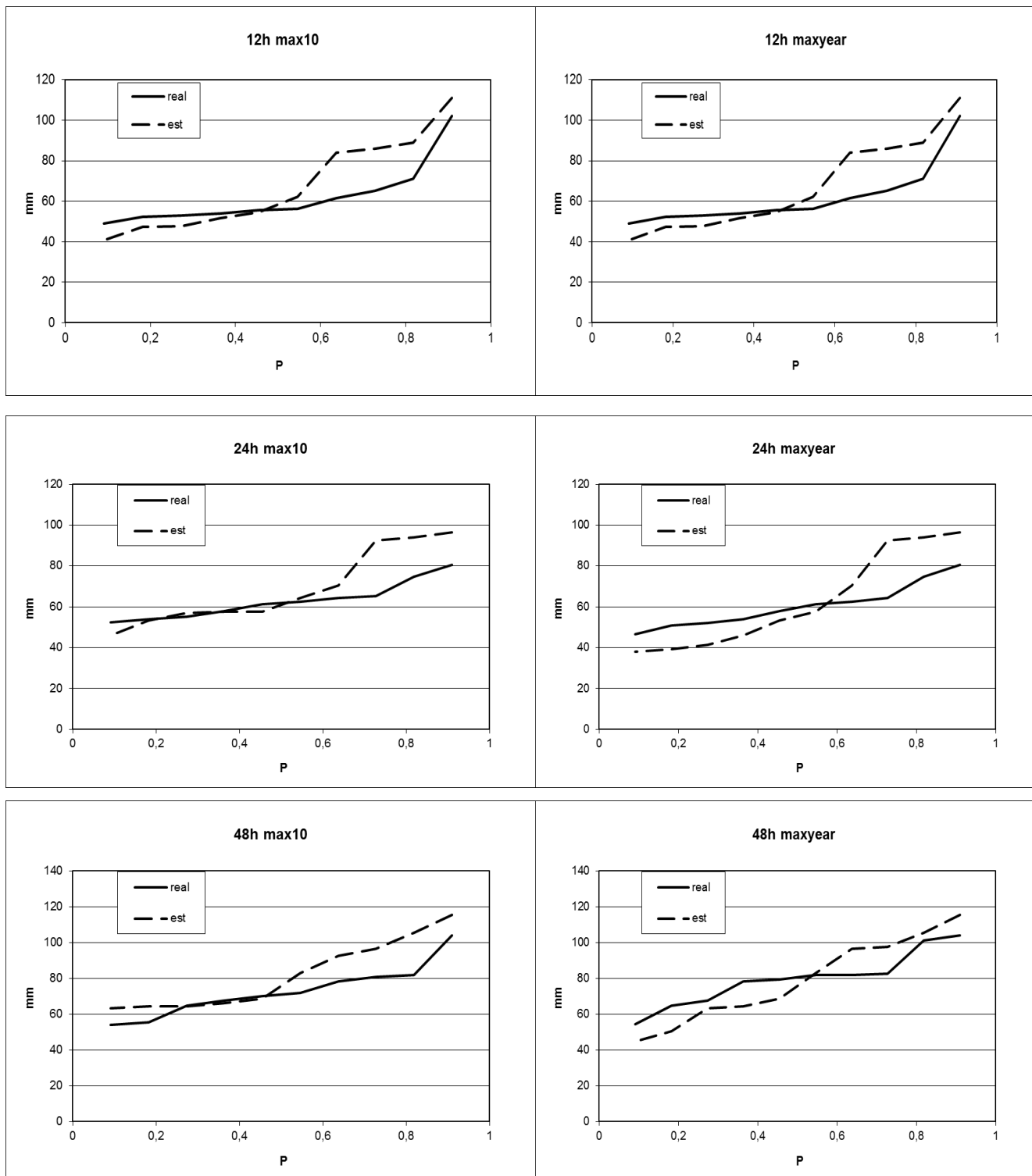
(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)





## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΣΚΥΡΟΣ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
38,97	24,48	21,68

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Σκύρος	<b>-0,23</b>	15184	823,44	-0,969	<b>329,6</b>	429,66	<b>-0,538</b>	<b>4276,9</b>	<b>84,339</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Σκύρος	<b>0,225</b>	7548	834,92	-0,042	<b>48,734</b>	84,339	<b>-0,042</b>	<b>48,734</b>	<b>84,339</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,28936399
λ2	0,185549439
λ3	0,317187368
λ4	0,207898203
a	17
c	8,89568E-06

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	2,468	0,963725	-60,95119496
Stdev	4,600685686	3,193032	-30,59660262
PBIAS	-60,95		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	2,8433		61,80157564
RMSE	5,7059		124,0222334
R	0,0347		
R <sup>2</sup>	0,0012		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,117864	0,992922	-11,1769
Stdev	4,639639	4,743092	2,229772
PBIAS	-11,1769		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,302515		28,07362
RMSE	4,735004		102,0554
R	0,491018		
R <sup>2</sup>	0,241099		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).

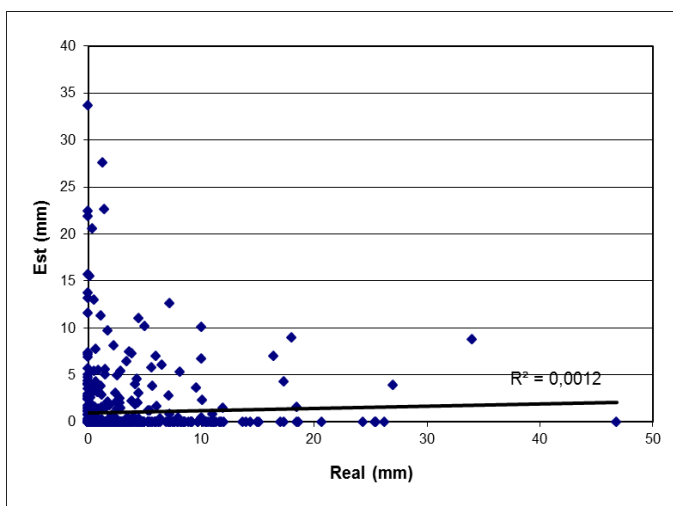
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	1604,2	626,4209	<b>(mm)</b>	3297,7	2929,119
Nr	385	127	Nr	517	337
Nr>5	100	40	Nr>15	59	64
Nr>10	39	17	Nr>25	23	26
Nr>15	17	8	Nr>35	9	13
Nr>20	8	6	Nr>45	7	7
Nr>25	6	2	Nr>55	2	2
Nr>30	2	1	Nr>65	1	2
Nr>35	1	0	Nr>80	1	1

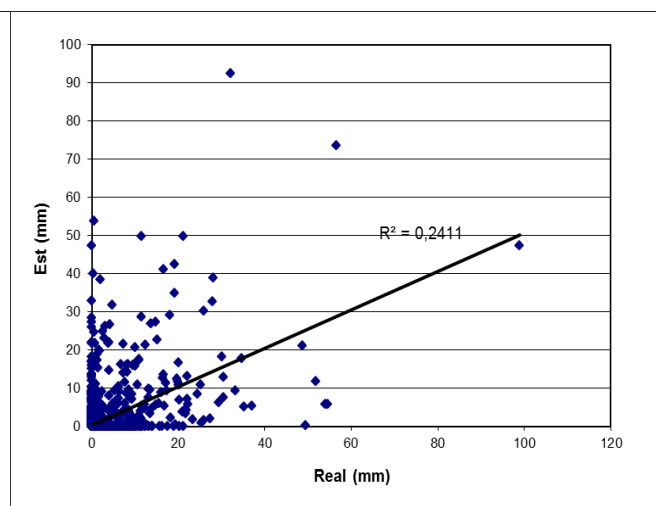
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>449,118</b>	<b>567,044</b>
3h	46,8	47,484
%	10,42	8,374
6h	52,3	47,48401518
%	11,64504651	8,373956021
12h	86,5	67,24945
%	19,25997	11,85965
24h	98,9	92,60765
%	22,02094	16,33165
48h	123,3	132,7178
%	27,45381	23,4052



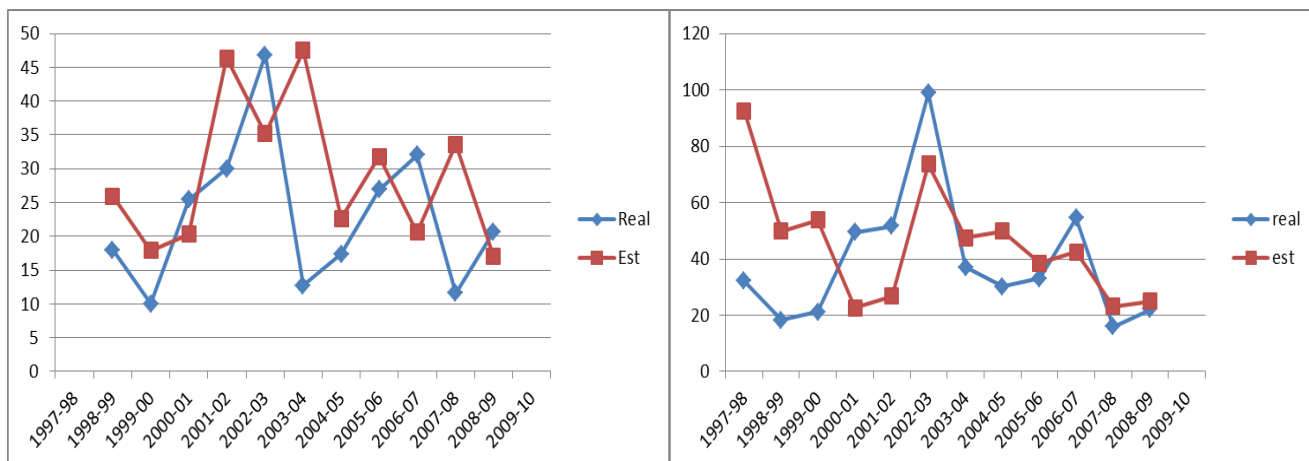
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

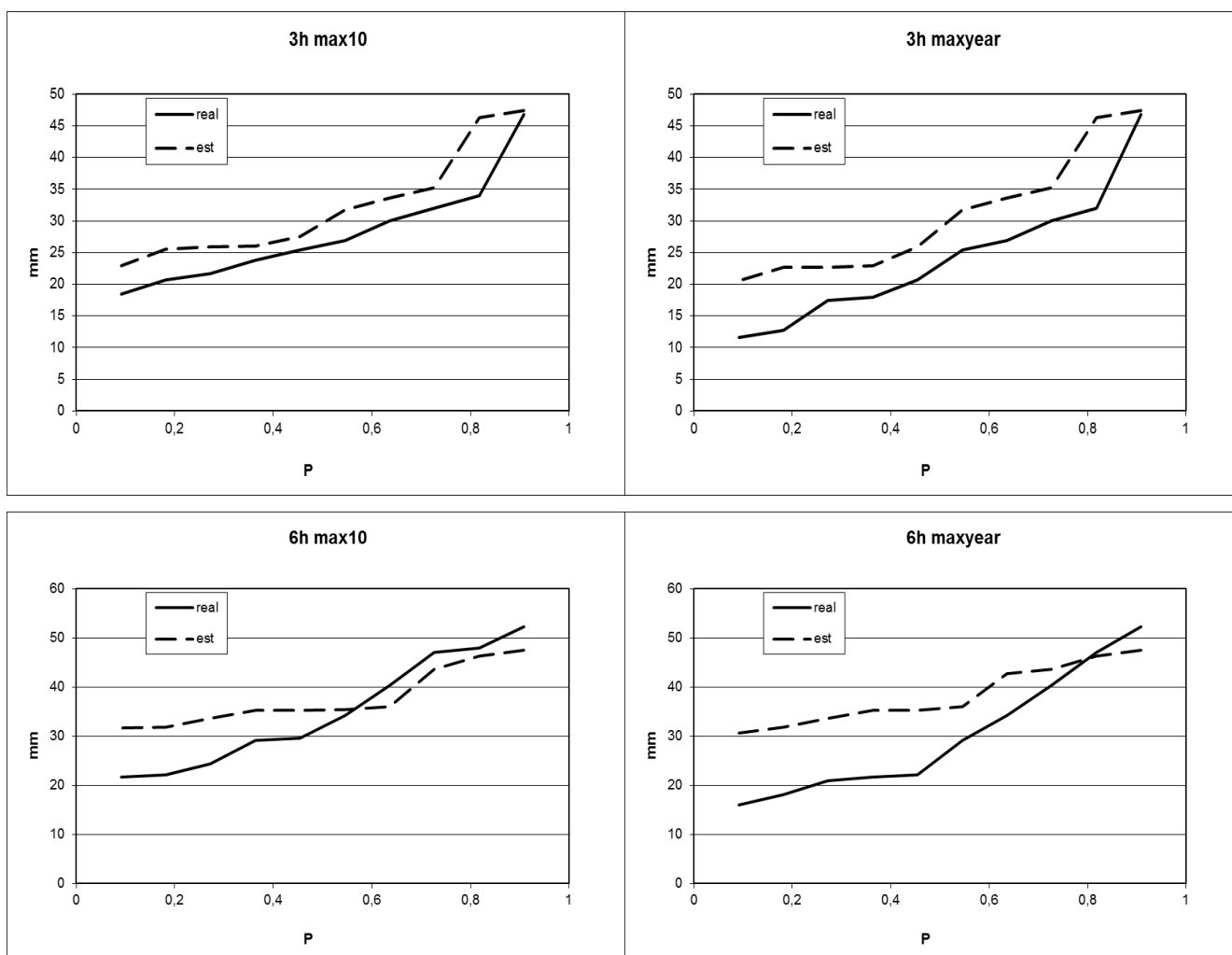
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



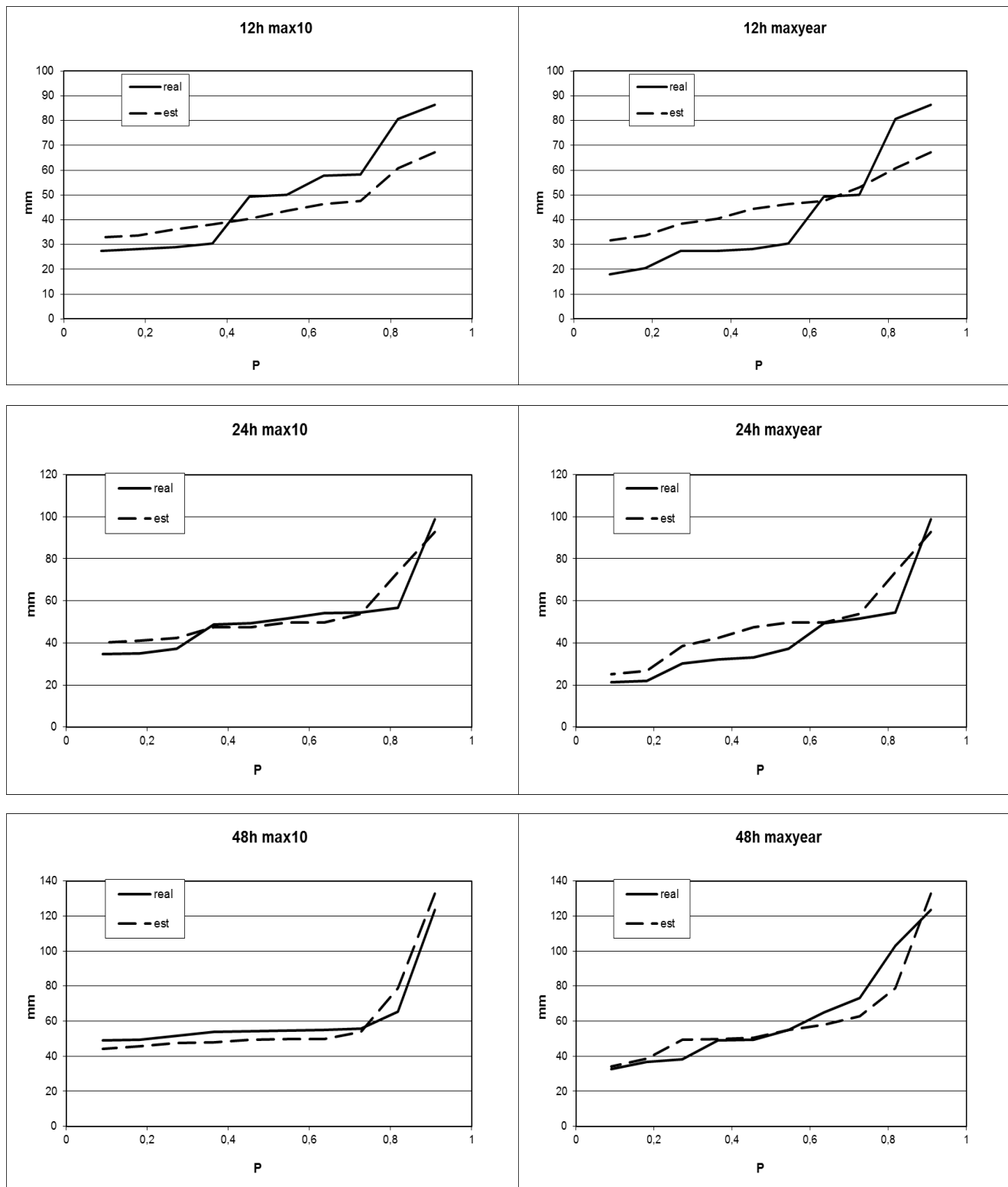
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
38,05	23,67	136

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Φιλαδέλφεια	<b>-0,143</b>	26342	1064,9	-0,813	<b>868,06</b>	652,21	<b>-0,508</b>	<b>2785,2</b>	<b>174,37</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Φιλαδέλφεια	<b>0,242</b>	4672,9	478,46	0,015	<b>97,808</b>	174,37	<b>0,015</b>	<b>97,808</b>	<b>174,37</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	9,41896E-09
λ2	0,34309785
λ3	0,514035445
λ4	0,142865695
a	4
c	1,51759E-05

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,066017964	1,699188	-44,57998621
Stdev	6,561563903	5,638476	-14,06810227
PBIAS	-44,58		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	3,6688		55,91287304
RMSE	8,057		122,7909989
R	0,1582		
R <sup>2</sup>	0,025		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,067163484	0,798368	-25,18786271
Stdev	4,678604329	4,741844	1,351673528
PBIAS	-25,1879		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,167778		24,95996833
RMSE	4,643031		99,23966802
R	0,515747		
R <sup>2</sup>	0,265995		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).

Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

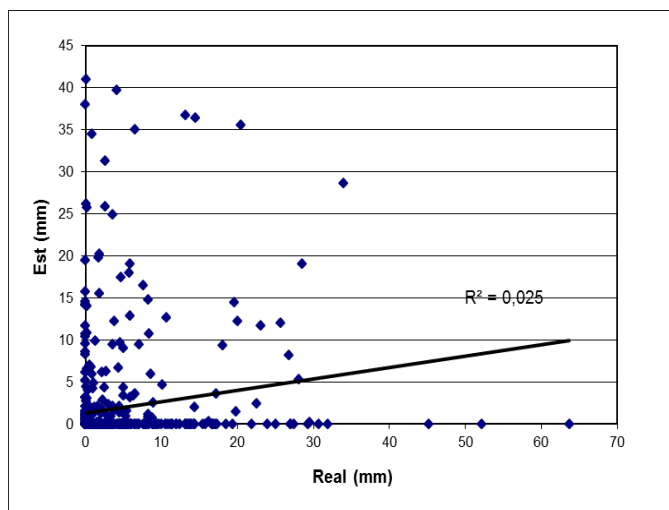
<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	2048,1	1135,057	<b>(mm)</b>	4582,4	3428,191
Nr	349	128	Nr	793	568
Nr>5	122	62	Nr>15	84	63
Nr>10	61	41	Nr>25	36	35
Nr>15	36	24	Nr>35	14	18
Nr>20	21	15	Nr>45	10	4
Nr>25	15	13	Nr>55	4	4
Nr>30	6	9	Nr>65	1	4
Nr>35	3	6	Nr>80	1	2



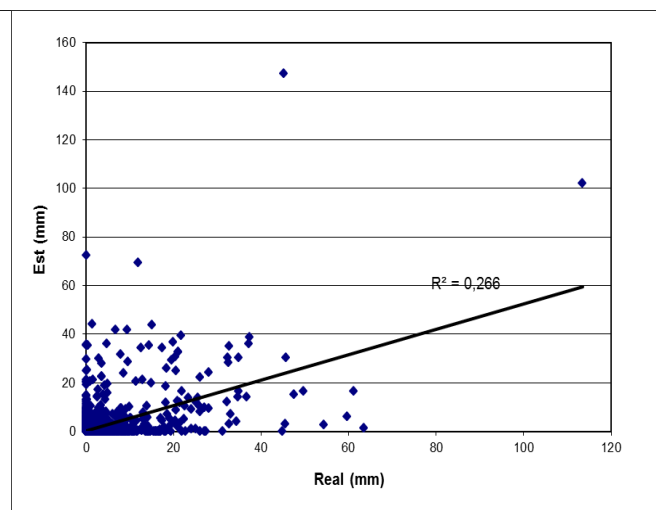
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>405</b>	<b>420,761</b>
3h	63,7	41,02
%	15,699	9,749
6h	63,7	77,70747
%	15,6986645	18,46832
12h	101,4	131,282
%	24,98971	31,2011
24h	113,5	147,3706075
%	27,97171776	35,02477832
48h	124,3	154,4807
%	30,63334	36,71459



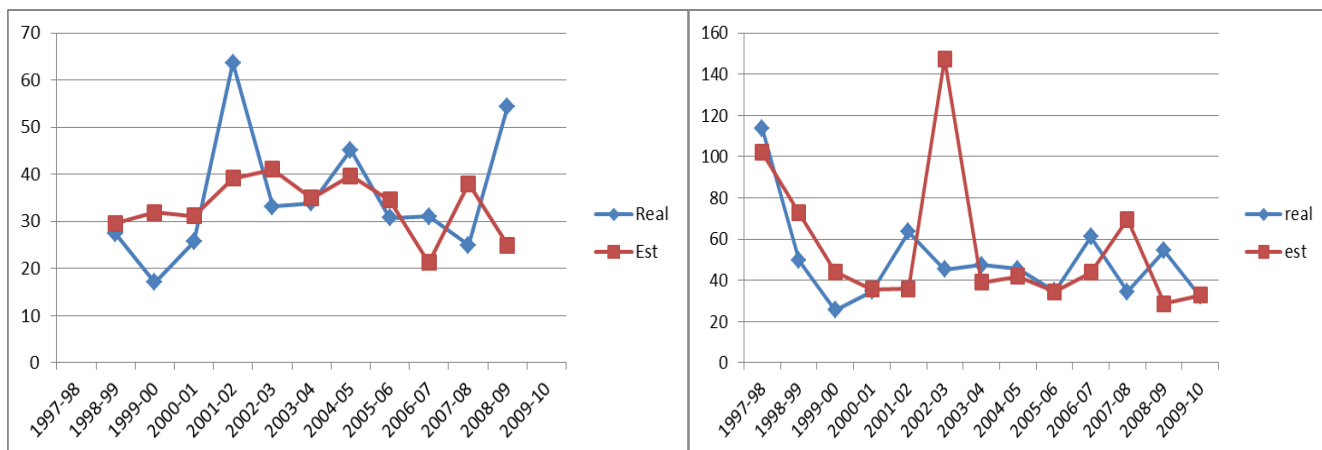
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

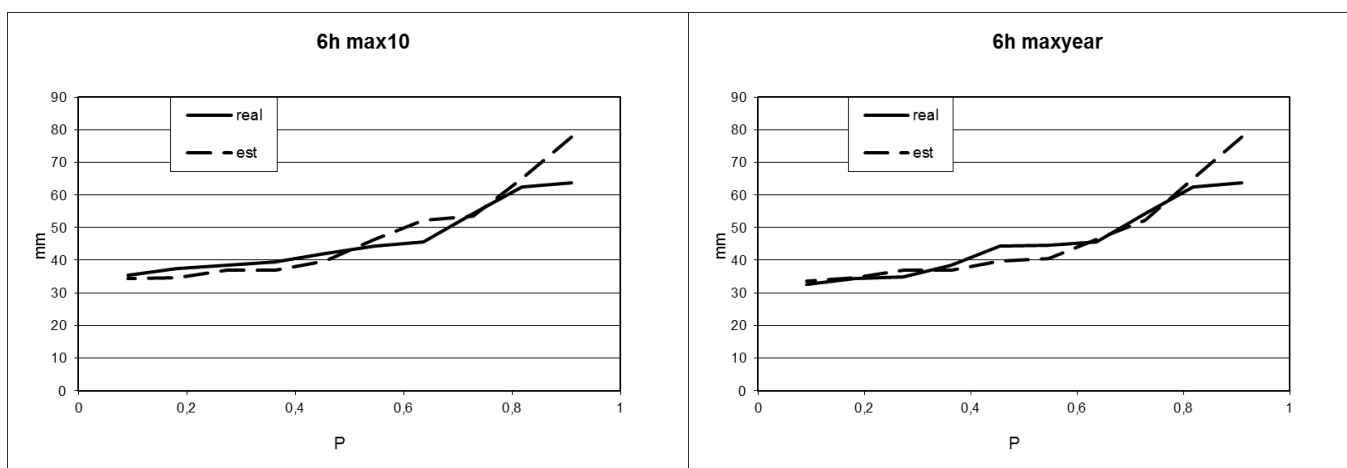
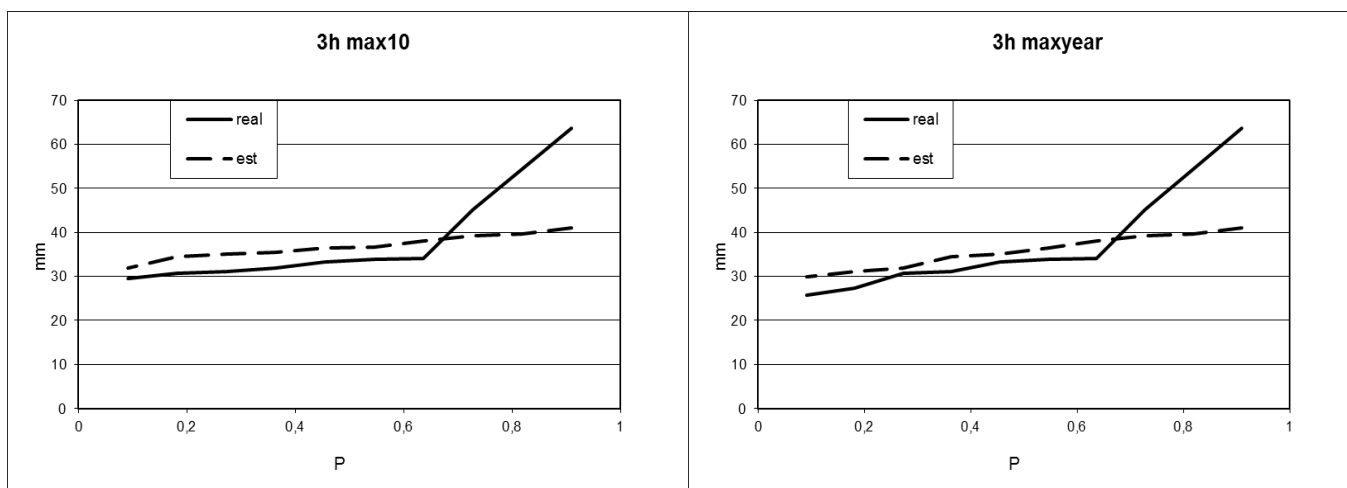
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



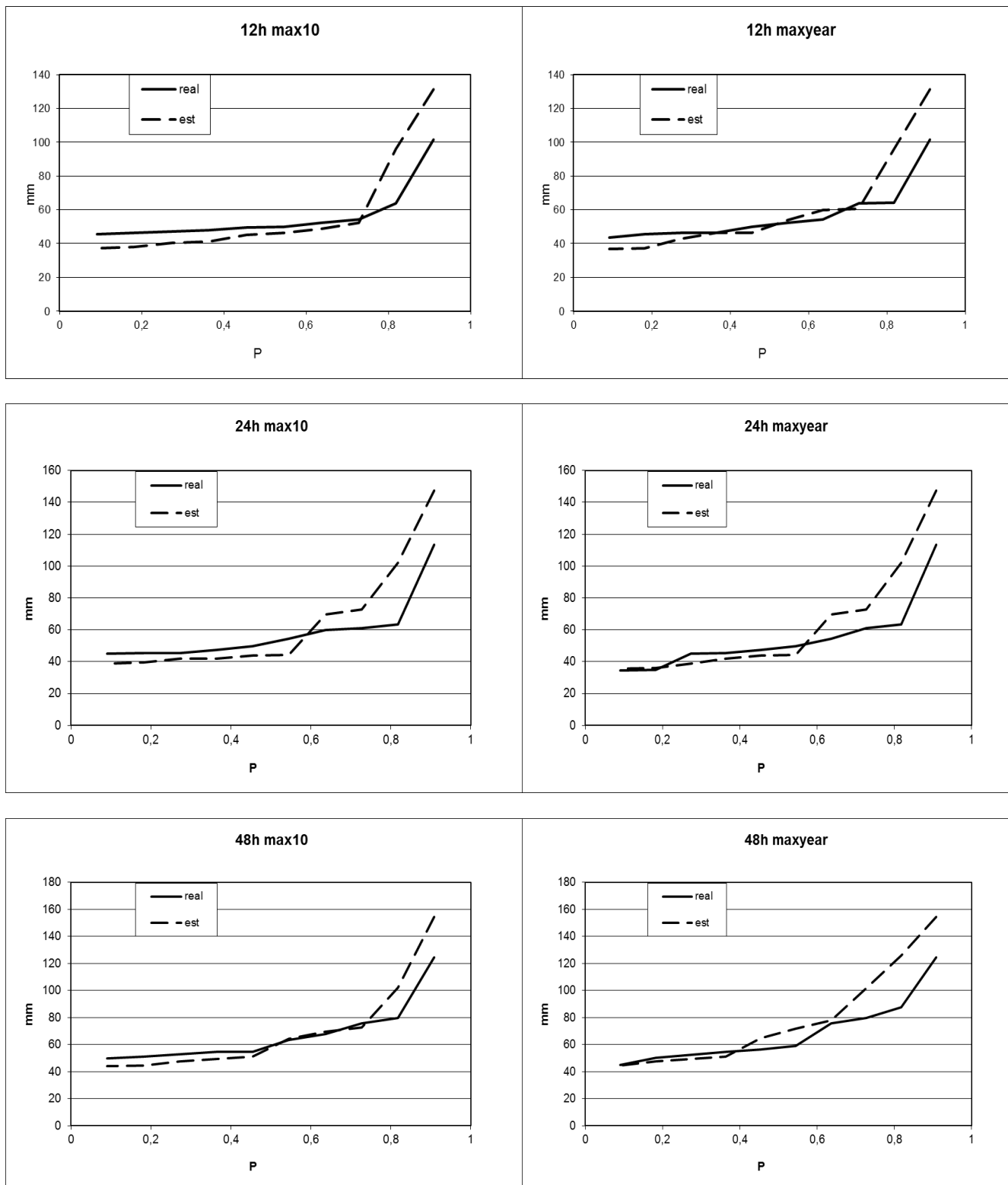
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

- **ΤΑΤΟΪ (Η στατιστική σύγκριση και οι κατανομές αφορούν 5ετία)**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
38,10	23,78	235

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 3ωρη χρονική κλίμακα

3h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Τατόι	<b>-0,216</b>	8129,9	889,06	-0,72	<b>743,38</b>	1913	<b>-0,696</b>	<b>2389,5</b>	<b>94,48</b>

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) για την σύγκριση στην 24ωρη χρονική κλίμακα

24h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Τατόι	<b>0,126</b>	1922,4	127,25	-0,16	<b>52,802</b>	294,62	<b>0,067</b>	<b>1103</b>	<b>94,48</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,067518073
λ2	0,150554486
λ3	0,235753781
λ4	0,545020148
a	0
c	0,787323799

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακες στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών. Ο (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης χρονικής κλίμακας

<b>3h (α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	3,01042471	1,522422	-49,42832956
Stdev	6,184270449	5,851978	-5,373191493
PBIAS	-49,43		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	3,6391		58,84470281
RMSE	8,0551		130,2508377
R	0,1323		
R <sup>2</sup>	0,0175		
<b>24h (β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>Διαφορά %</b>
Average	1,1611012	0,751794	-35,251645
Stdev	5,5946749	4,642679	-17,016104
PBIAS	-35,25165		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,2888844		23,0377
RMSE	5,4035301		96,58345
R	0,4581156		
R <sup>2</sup>	0,2098699		

Πίνακες με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).

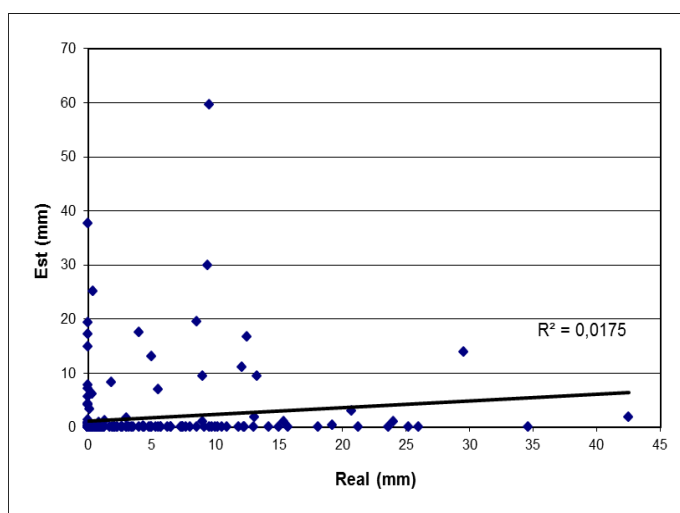
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est). Ο πίνακας (α) είναι για την σύγκριση 3ωρης κλίμακας και ο (β) για την σύγκριση 24ωρης κλίμακας.

<b>(α)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>	<b>(β)</b>	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	779,7	394,3073	<b>(mm)</b>	1307,4	846,52
Nr	121	55	Nr	178	164
Nr>5	50	21	Nr>15	23	15
Nr>10	26	13	Nr>25	12	12
Nr>15	13	9	Nr>35	9	6
Nr>20	9	4	Nr>45	6	4
Nr>25	5	4	Nr>55	1	2
Nr>30	2	3	Nr>65	1	1
Nr>35	1	2	Nr>80	1	0

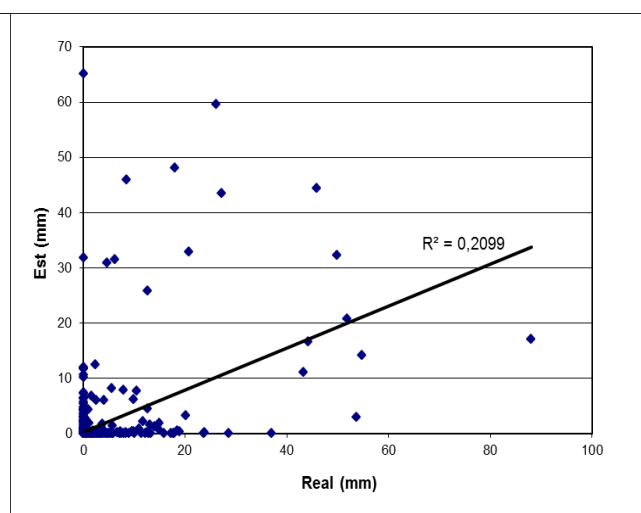
## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας με τα μέγιστα 5ετίας 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την ΕΜΥ και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της ΕΜΥ

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>450,9</b>	<b>(450,9)</b>
3h	49,8	59,6
%	11,045	13,218
6h	52,5	59,70200139
%	11,64337991	13,24063016
12h	68,6	87,27515
%	15,21402	19,35577
24h	88	87,27515
%	19,516523	19,35577
48h	100,6	87,27515
%	22,31093	19,35577



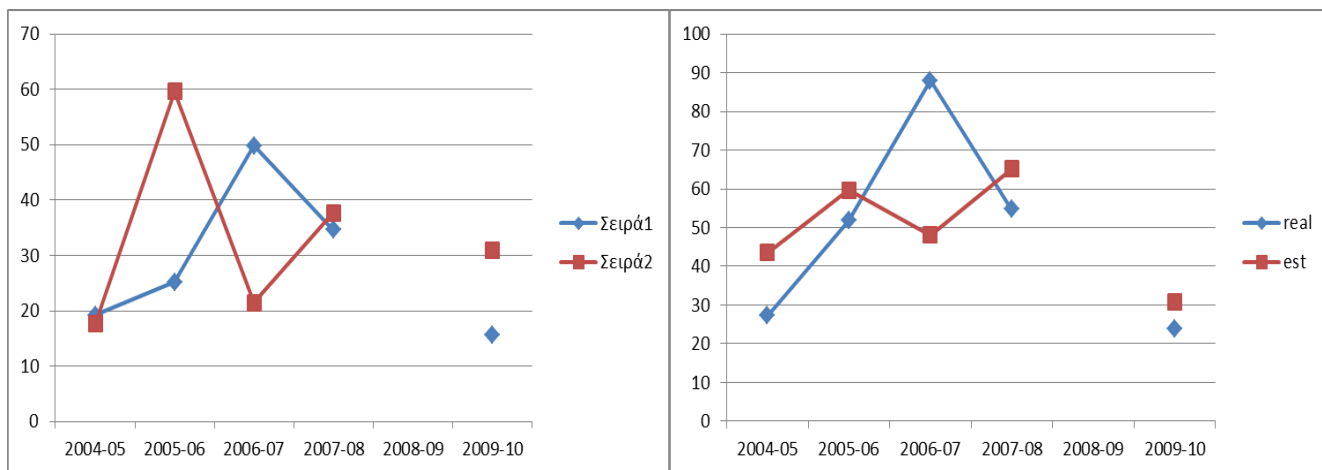
(α)



(β)

Διαγράμματα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real) για την 3ωρη σύγκριση (α) και την 24ωρη (β)

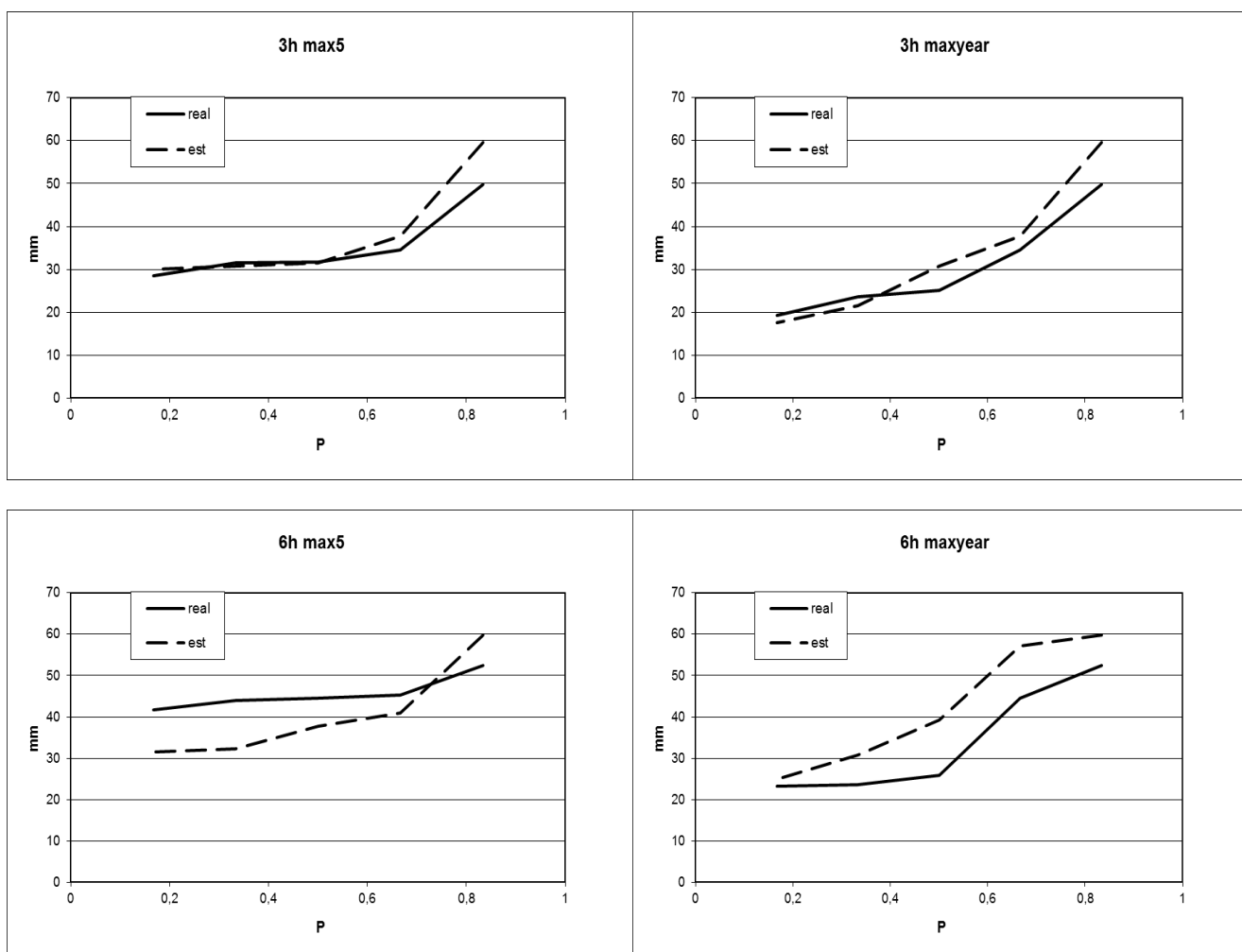
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



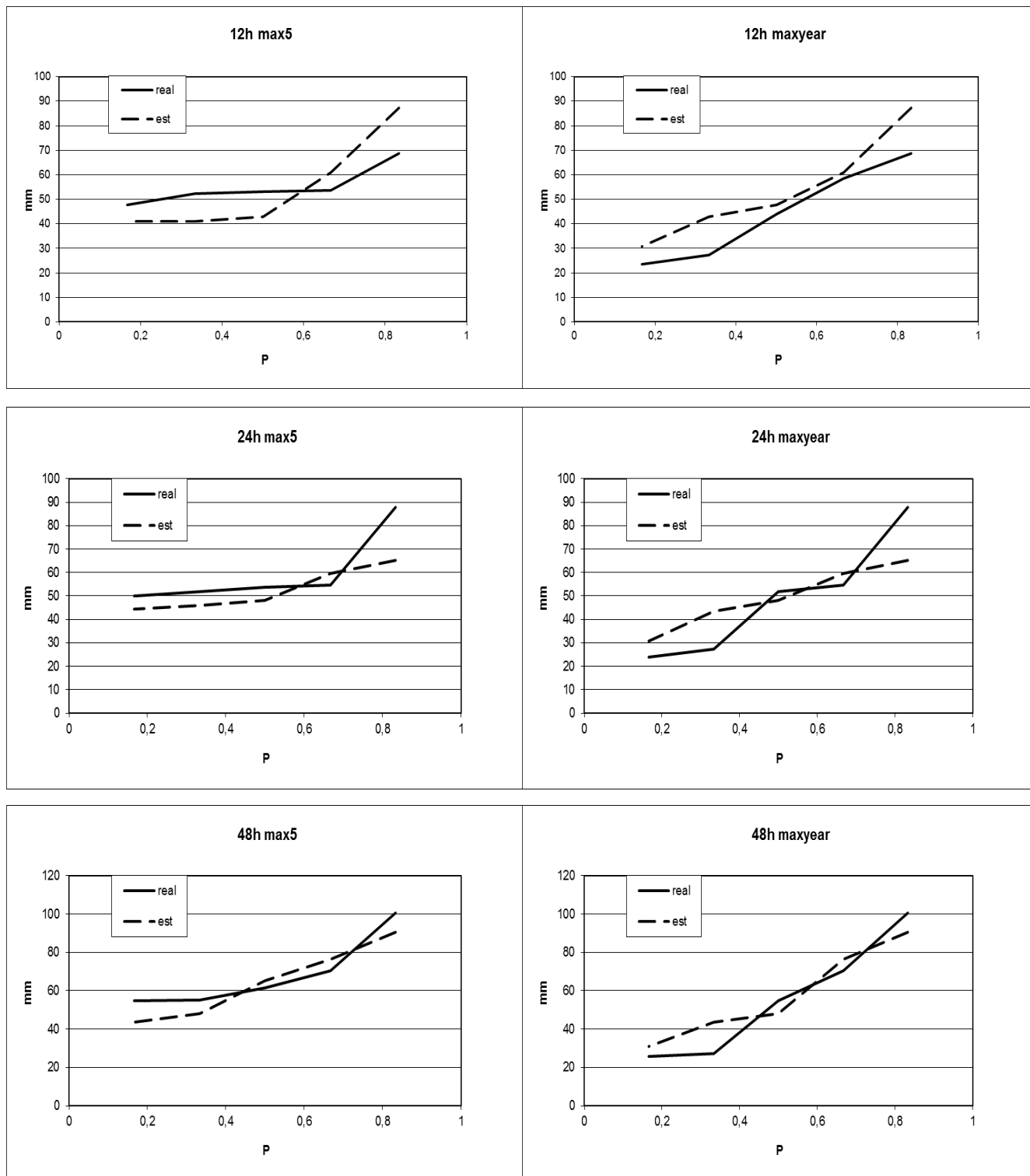
(α)

(β)

Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 3 ωρών (α) και ετησίων μεγίστων 24 ωρών (β) σε mm, για τα δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

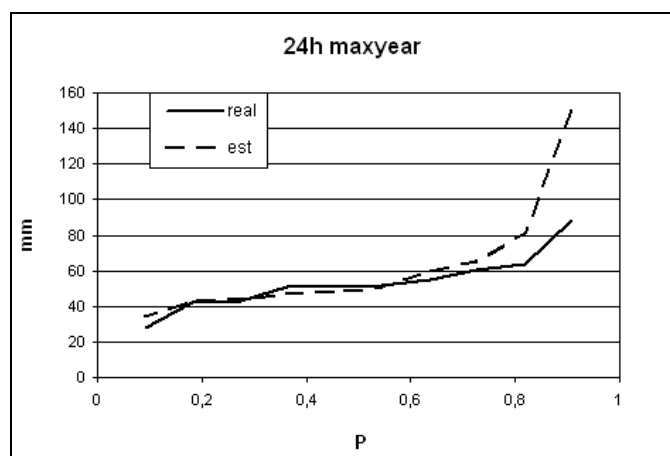


Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 3, 6, 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 5 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (2004-2009) και η δεξιά την κατανομή των 5 μεγίστων ετησίων τιμών.

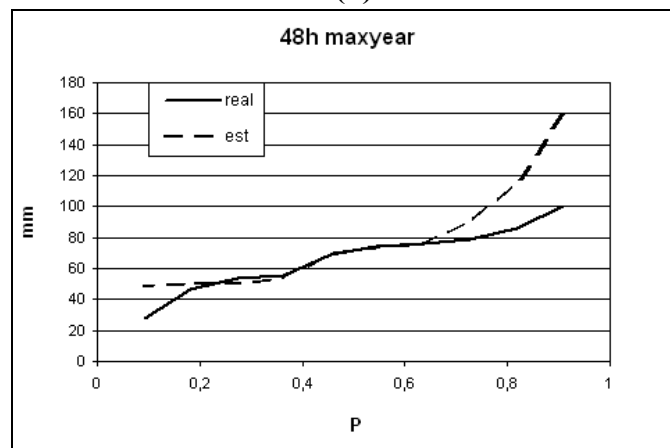


### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Ειδικά για το σταθμό του Τατοΐου μπορέσαμε να βρούμε ετήσια μέγιστα 10ετίας για τις 24 και τις 48 ώρες από την μελέτη των Κουτσογιάννης και άλλοι (2010) για την περίοδο 1998-99 μέχρι το 2007-08. Έτσι, σχηματίσαμε τις κατανομές που περιέχουν και τα ετήσια μέγιστα 10ετίας, η μεν κατανομή από τα επίγεια δεδομένα προήλθε από τους Κουτσογιάννη και άλλοι (2010), η δε κατανομή των δορυφορικών δεδομένων σχηματίστηκε από το σύνολο των δορυφορικών δεδομένων (στην περίοδο 1998-99 μέχρι 2007-08) με βάρη και συντελεστές παρεμβολής ίδια με αυτά των κατανομών 5ετίας (όπως παραπάνω).



(α)



(β)

Κατανομές ετήσιων μεγίστων 24 ωρών (α) και 48 ωρών (β) για το σταθμό Τατοΐου και την περίοδο 1998-99 με 2007-08.

**ΔΕΥΤΕΡΗ ΟΜΑΔΑ ΣΤΑΘΜΩΝ**

• **ΑΡΤΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
39,17	21,00	12

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Αρτα	<b>0,265</b>	1706,9	474,43	0,143	<b>26,746</b>	115,06	<b>0,12</b>	<b>34,967</b>	<b>85,836</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,55050723
λ2	0
λ3	0
λ4	0,44949277
a	4,927270281
c	3,033902211

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	1,509708416	1,424012	-5,67636173
Stdev	5,586143093	5,572722	-0,24025225
PBIAS	-5,67636173		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,615342332		28,91695227
RMSE	5,238635274		93,77910997
R	0,559287102		
R <sup>2</sup>	0,312802063		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

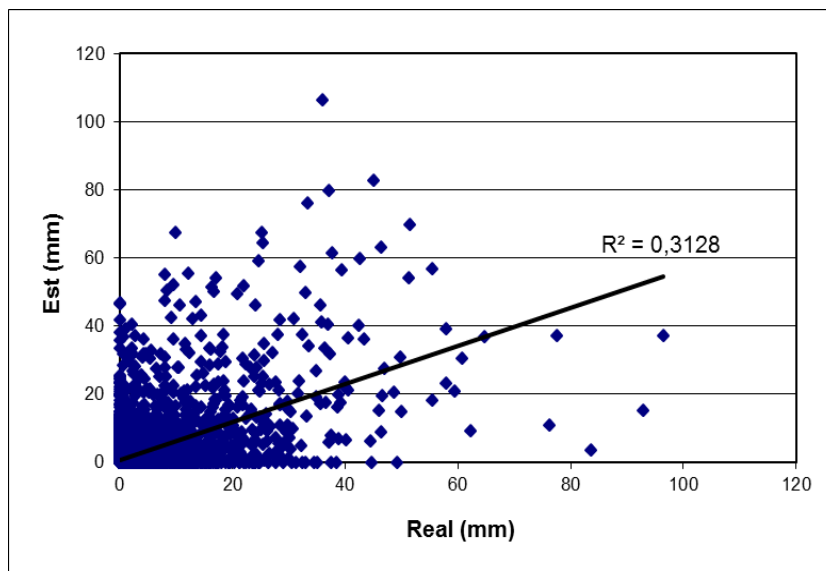
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	13668,9	12893
Nr	1782	1691
Nr>10	450	363
Nr>20	185	172
Nr>30	76	90
Nr>40	34	42
Nr>50	15	23
Nr>60	8	10
Nr>70	5	4

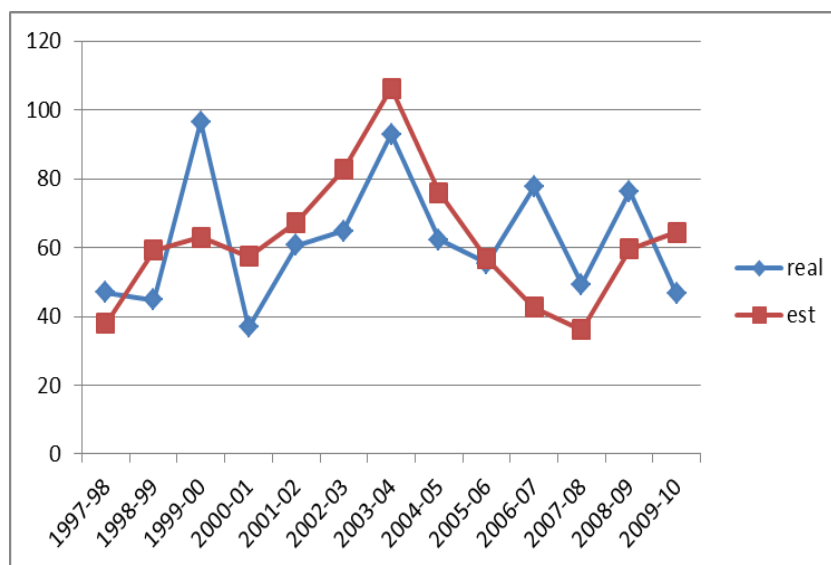
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό προκύπτει από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>1141,3</b>	<b>1057,48</b>
12h	96,5	106,2380459
%	8,455270306	10,04634091
24h	176,6	152,3016
%	15,47358	14,40231
48h	189,6	175,5356
%	16,61263	16,59942

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

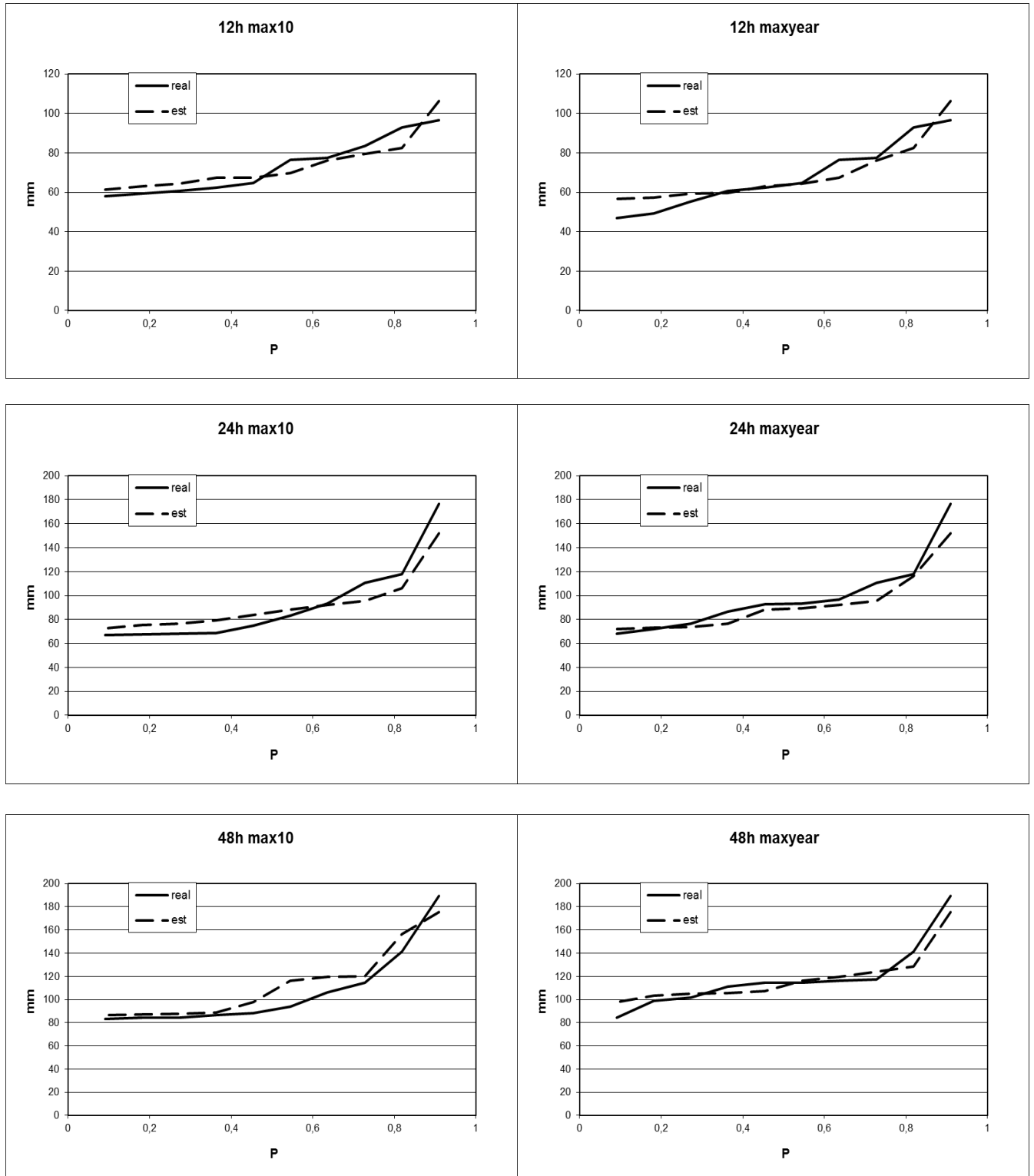


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

• **ΒΕΛΟ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
37,97	22,75	19

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Βέλο Κορινθίας	<b>0,181</b>	3793,5	1339,7	-0,101	<b>37,662</b>	145,9	<b>-0,148</b>	<b>55,851</b>	<b>127,79</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,632587624
λ2	0,13551378
λ3	0,06558579
λ4	0,166312806
a	0
c	1E-06

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,587244217	0,41625	-29,1179969
Stdev	3,131012546	3,254959	3,958654073
PBIAS	-29,1179969		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,689841831		22,03254763
RMSE	3,354019736		107,1225262
R	0,450213546		
R <sup>2</sup>	0,202692237		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

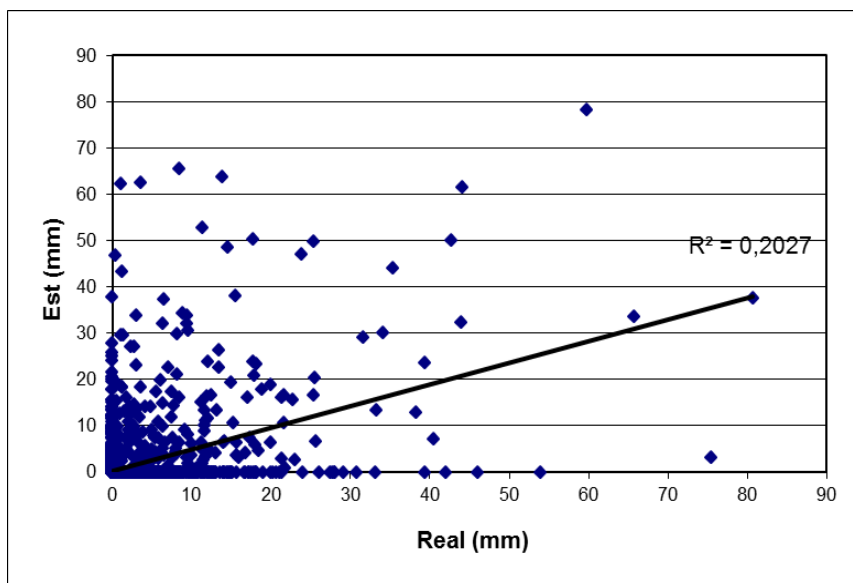
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	5280,5	3742,924
Nr	1077	314
Nr>10	151	120
Nr>20	43	52
Nr>30	20	28
Nr>40	11	15
Nr>50	5	9
Nr>60	3	6
Nr>70	2	1

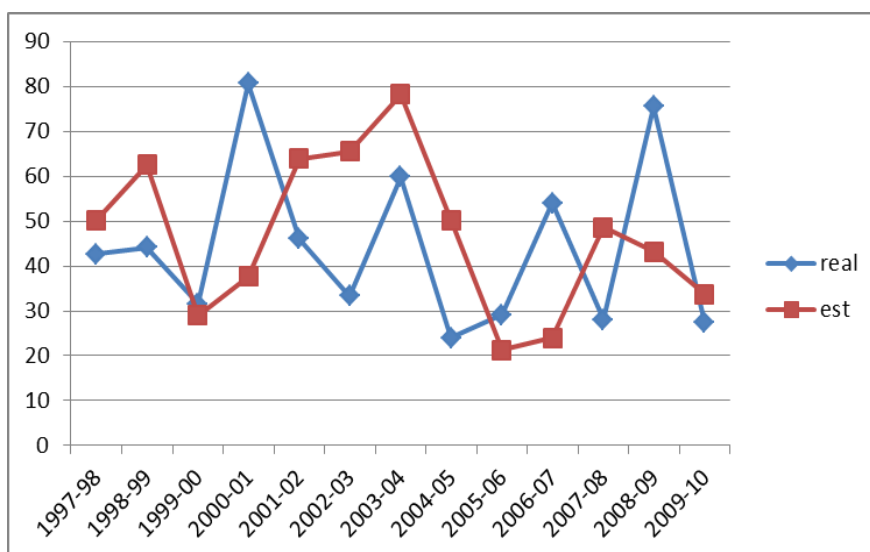
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό προκύπτει από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>483,63</b>	<b>512,76</b>
12h	80,7	78,13941053
%	16,68630978	15,23898325
24h	92,9	95,50786
%	19,2089	18,62623
48h	98,3	132,0559
%	20,32546	25,75393

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



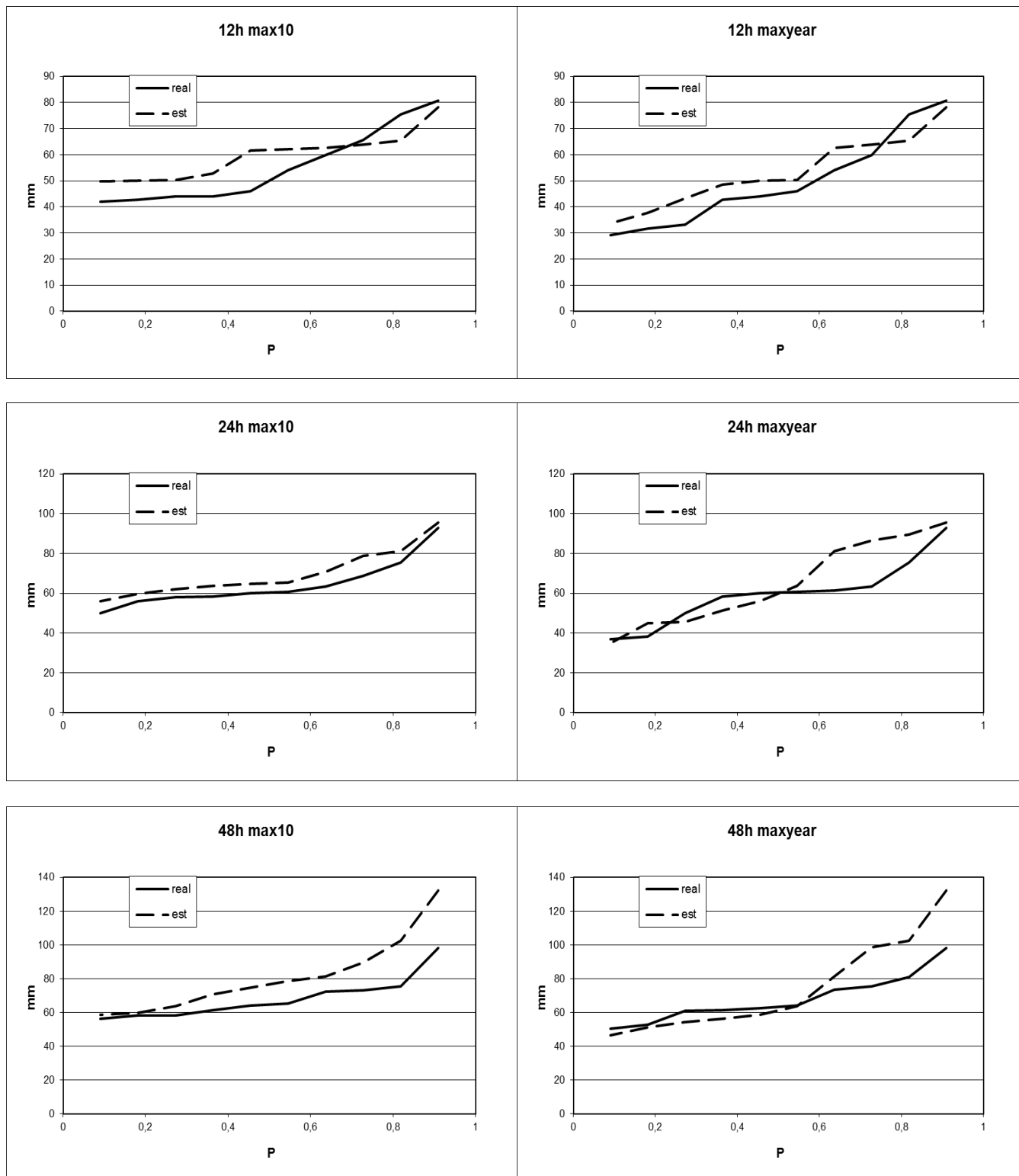
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

• **ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
35,00	25,73	18

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Ιεράπετρα	<b>0,154</b>	1067,4	2936,7	0,004	<b>10,465</b>	217,63	<b>-0,085</b>	<b>11,9</b>	<b>116,1</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,578949711
λ2	0,082462918
λ3	0,338587371
λ4	0
a	1,630617924
c	0,890120536

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,542312373	0,563096	3,832430338
Stdev	3,240737419	3,249104	0,258175731
PBIAS	3,832430338		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,731245643		22,5641744
RMSE	3,376135406		104,1779993
R	0,45869525		
R <sup>2</sup>	0,210401332		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

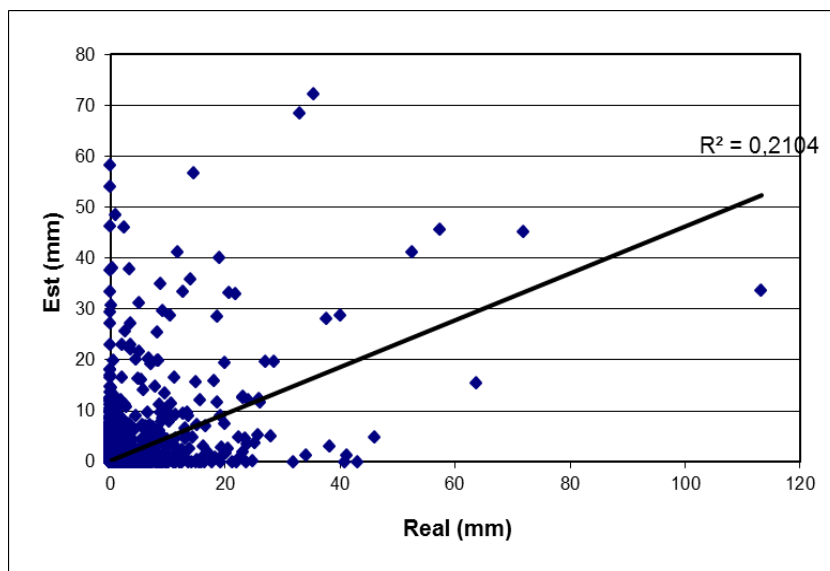
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	4010,4	4164,096
Nr	798	1374
Nr>10	104	96
Nr>20	39	43
Nr>30	16	25
Nr>40	9	13
Nr>50	5	5
Nr>60	3	2
Nr>70	2	1

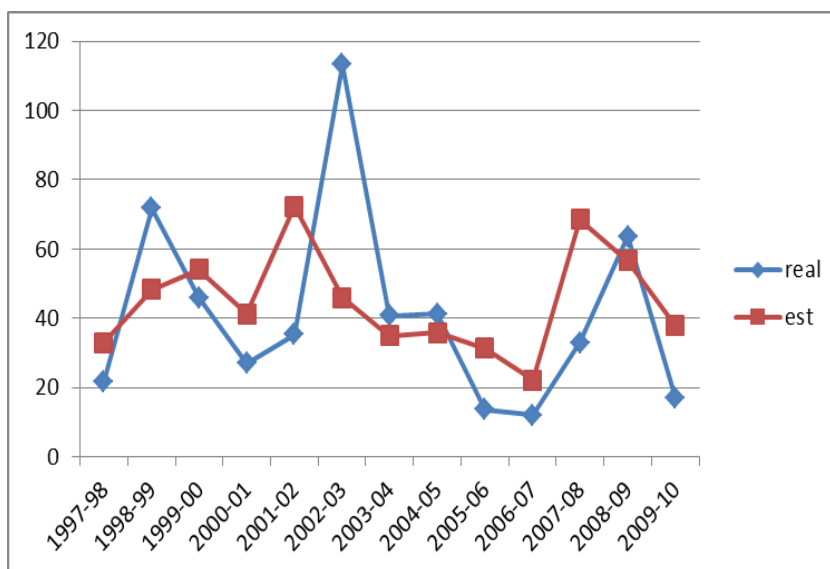
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό προκύπτει από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>385,44</b>	<b>367,36</b>
12h	113,3	72,30141155
%	29,39497717	19,68135114
24h	113,7	98,27645
%	29,49875	26,75208
48h	114,1	99,71392
%	29,60253	27,14338

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

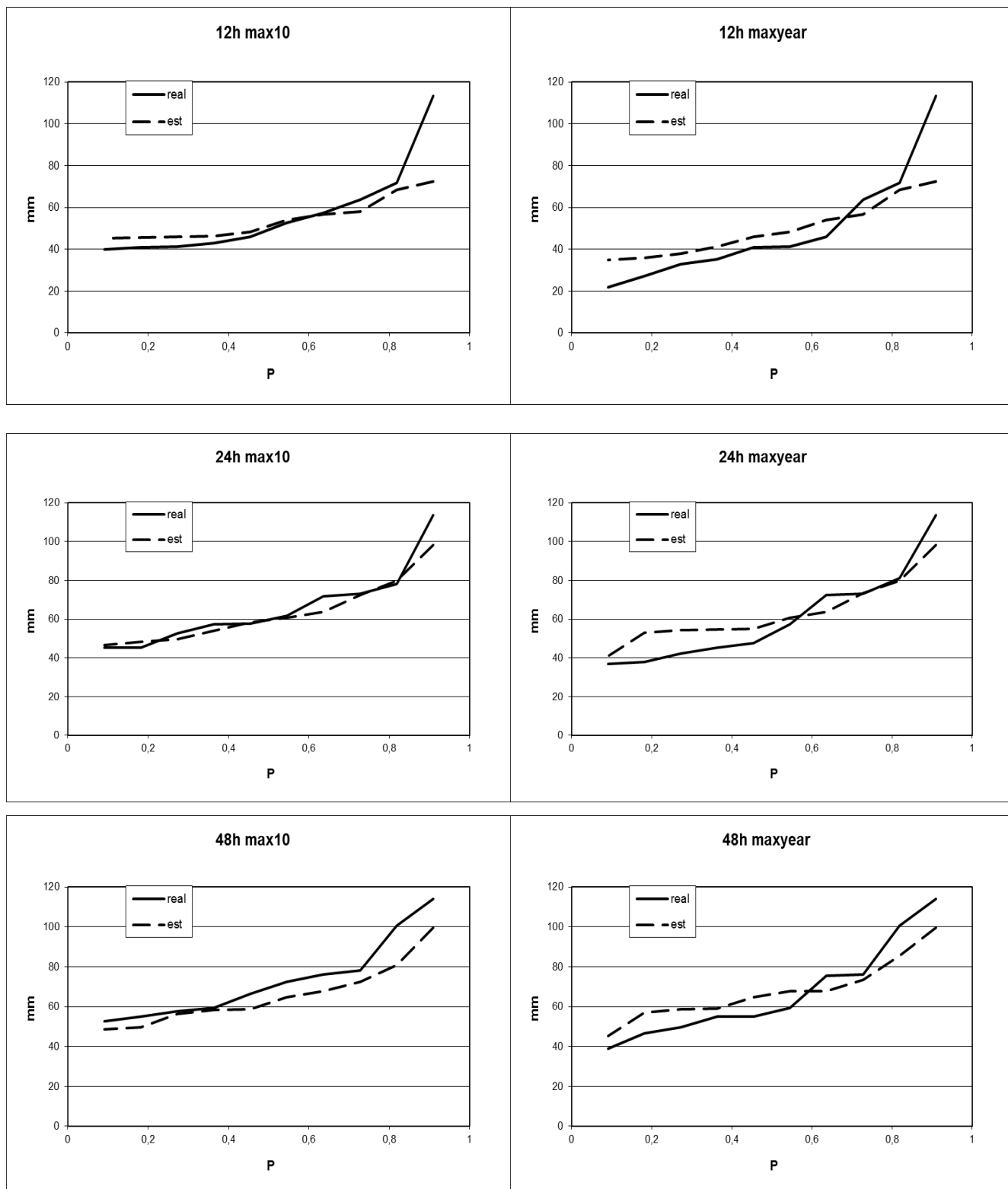


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΚΑΛΑΜΑΤΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
37,06	22,17	8

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Καλαμάτα	<b>-0,043</b>	97,053	486,28	-0,065	<b>17,756</b>	525,67	<b>-0,091</b>	<b>97,224</b>	<b>417,15</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,472403192
λ2	0,328229785
λ3	0
λ4	0,199367023
a	0,494286724
c	1E-06

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	1,045375335	0,796827	-23,7760228
Stdev	4,07672627	3,945165	-3,22712334
PBIAS	-23,7760228		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,142801289		28,03232823
RMSE	4,259025176		104,4716985
R	0,438480781		
R <sup>2</sup>	0,192265395		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

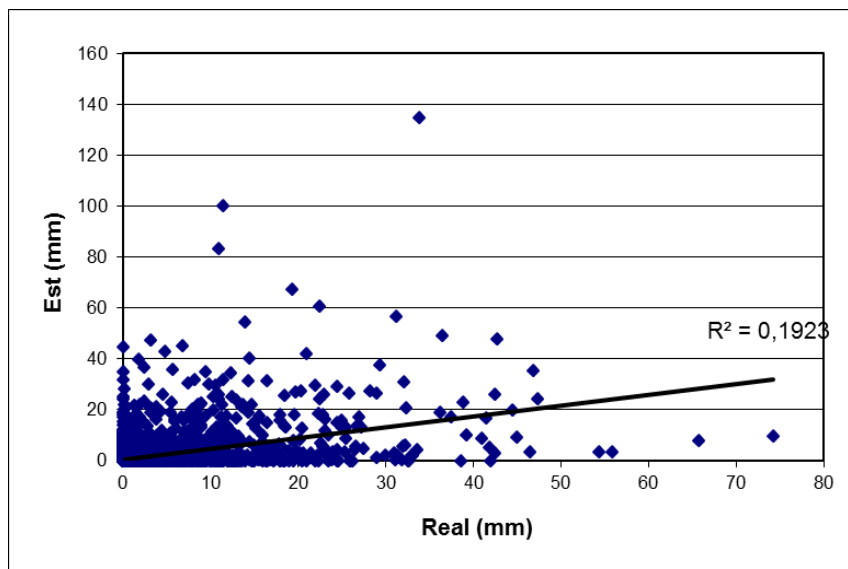
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	9358,2	7133,192
Nr	1620	2310
Nr>10	298	177
Nr>20	103	73
Nr>30	37	30
Nr>40	16	15
Nr>50	4	7
Nr>60	2	5
Nr>70	1	3

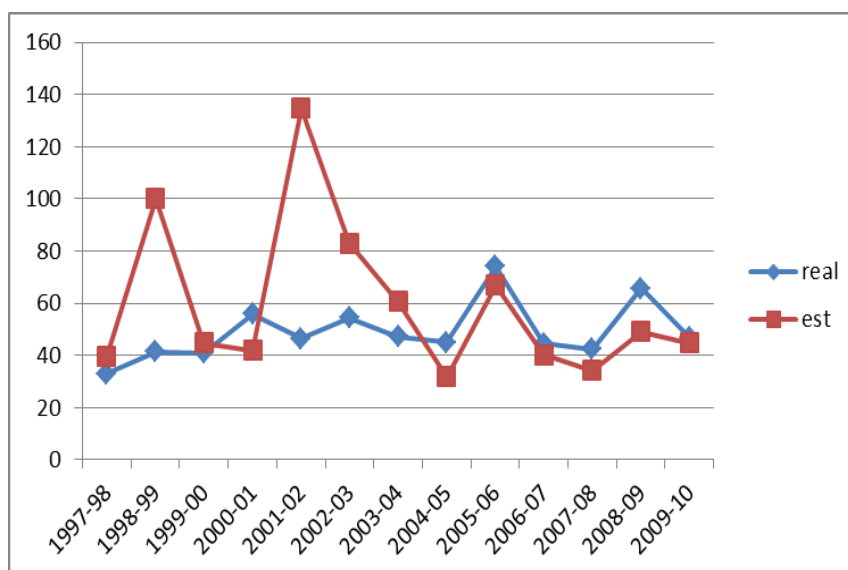
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό προκύπτει από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>814,59</b>	<b>687,97</b>
12h	74,2	134,6916541
%	9,108876858	19,578129
24h	86,5	134,6917
%	10,61884	19,57813
48h	116,4	134,6917
%	14,2894	19,57813

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



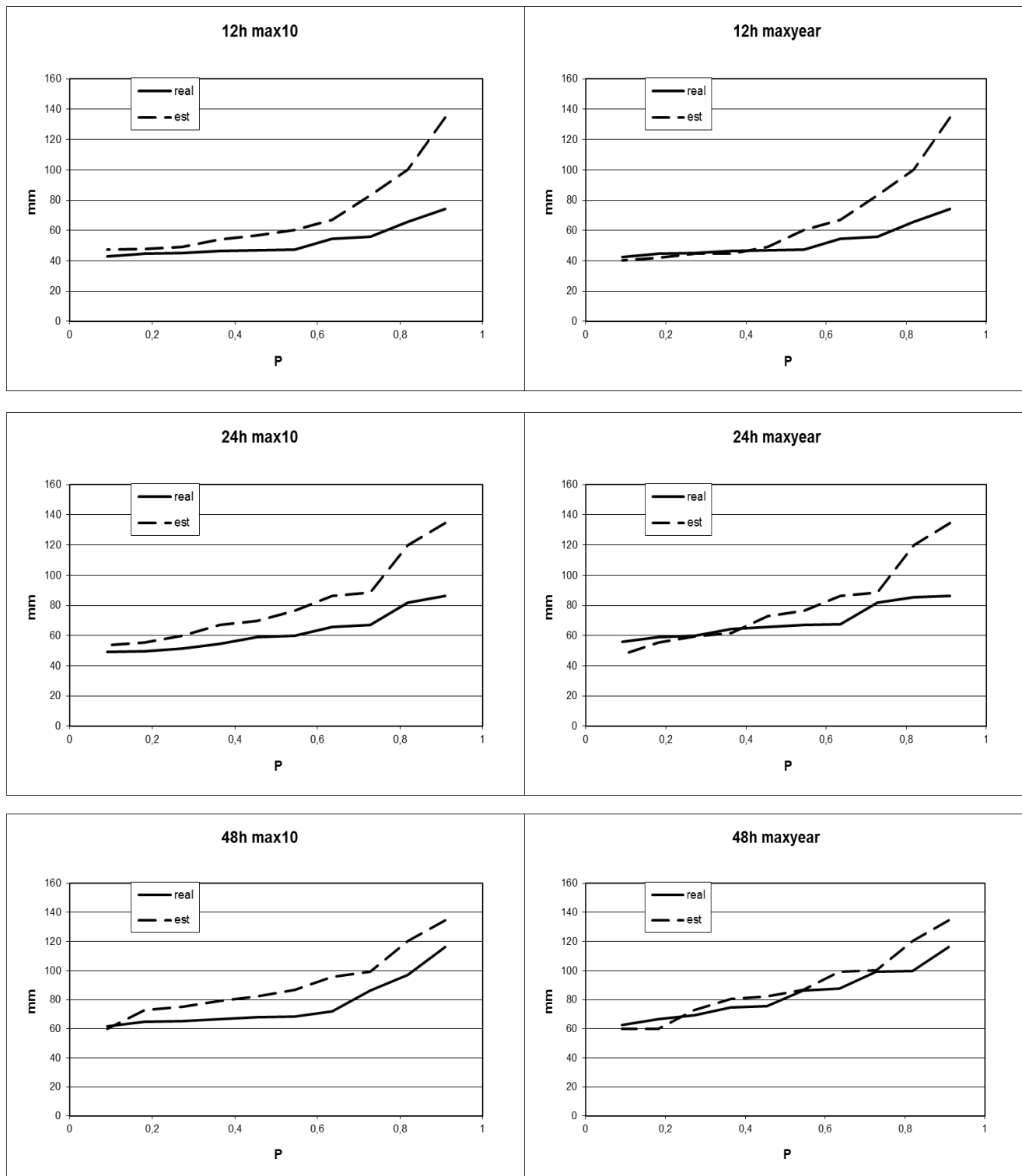
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΚΕΡΚΥΡΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
39,62	19,92	4

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Κέρκυρα	<b>-0,152</b>	35,678	1231,8	-0,152	<b>35,678</b>	1231,8	<b>-0,274</b>	<b>100,25</b>	<b>1116,4</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,204192344
λ2	0,182989824
λ3	0,576231444
λ4	0,036586388
a	0
c	1E-06

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	1,08254915	0,840302	-22,3774774
Stdev	5,498998661	5,554274	1,005187222
PBIAS	-22,3774774		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,347404477		24,50272423
RMSE	6,206020089		112,8572759
R	0,370440628		
R <sup>2</sup>	0,137226259		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

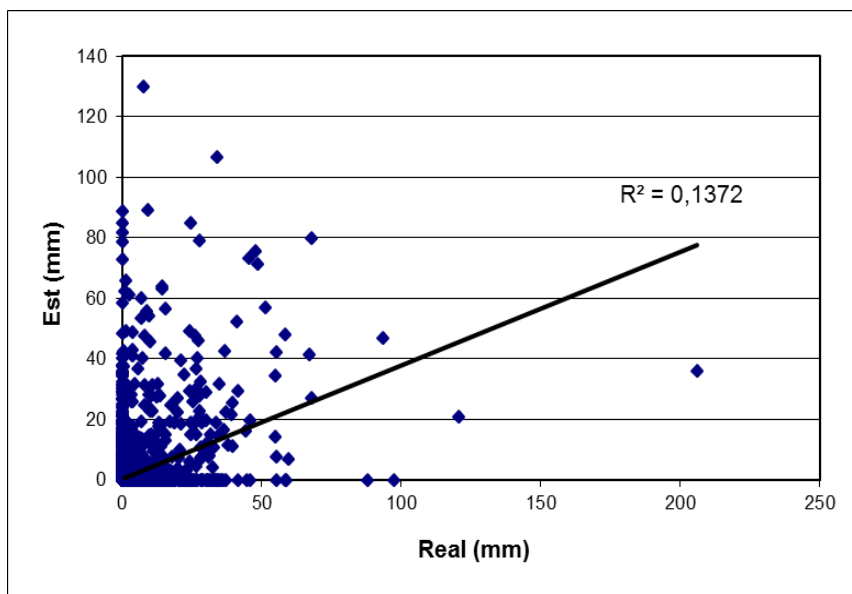
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	9801,4	7608,094
Nr	1230	420
Nr>10	297	234
Nr>20	144	123
Nr>30	63	77
Nr>40	28	48
Nr>50	18	27
Nr>60	8	20
Nr>70	5	14

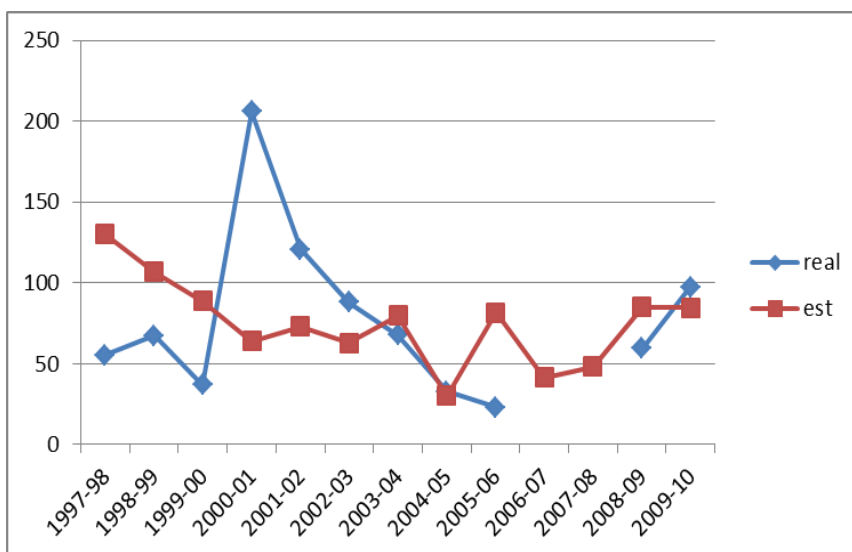
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό προκύπτει από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>1076,8</b>	<b>752,9</b>
12h	206	129,952926
%	19,1307578	17,26031691
24h	239,3	177,9429
%	22,22325	23,63433
48h	276,4	202,5843
%	25,66865	26,9072

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

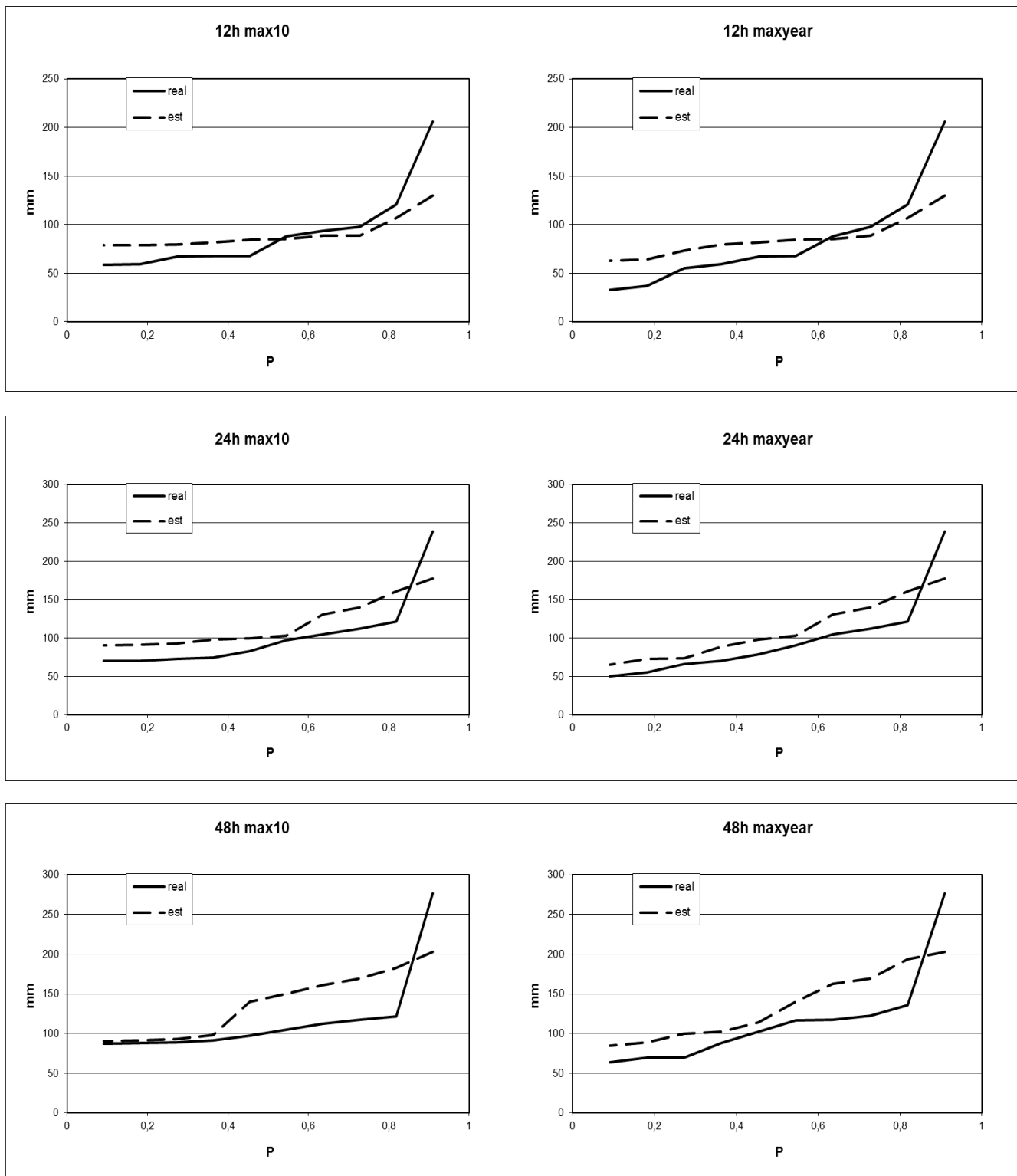


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΚΟΖΑΝΗ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
40,30	21,78	625

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Κοζάνη	<b>-0,06</b>	4722,1	1334,2	-0,334	<b>42,831</b>	86,887	<b>-0,188</b>	<b>167,99</b>	<b>30,977</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,160792239
λ2	0,425596495
λ3	0,118544712
λ4	0,295065554
a	50
c	8,58827E-06

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,521108742	0,245983	-52,7961661
Stdev	2,120358102	1,825477	-13,9071221
PBIAS	-52,7961661		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,5757582		27,15381892
RMSE	2,311478316		109,0135819
R	0,330737158		
R <sup>2</sup>	0,109387067		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

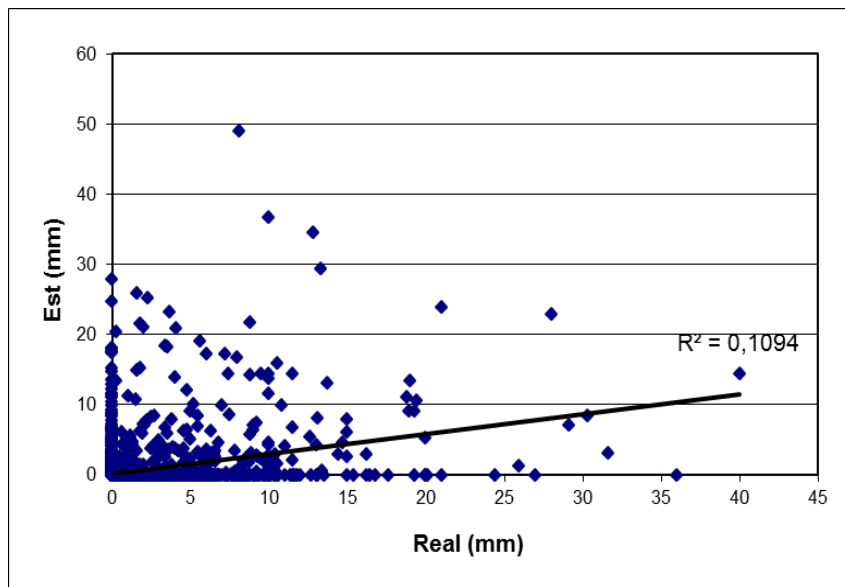
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	3910,4	1845,859
Nr	1054	303
Nr>10	69	58
Nr>20	12	16
Nr>30	4	3
Nr>40	0	1
Nr>50	0	0
Nr>60	0	0
Nr>70	0	0

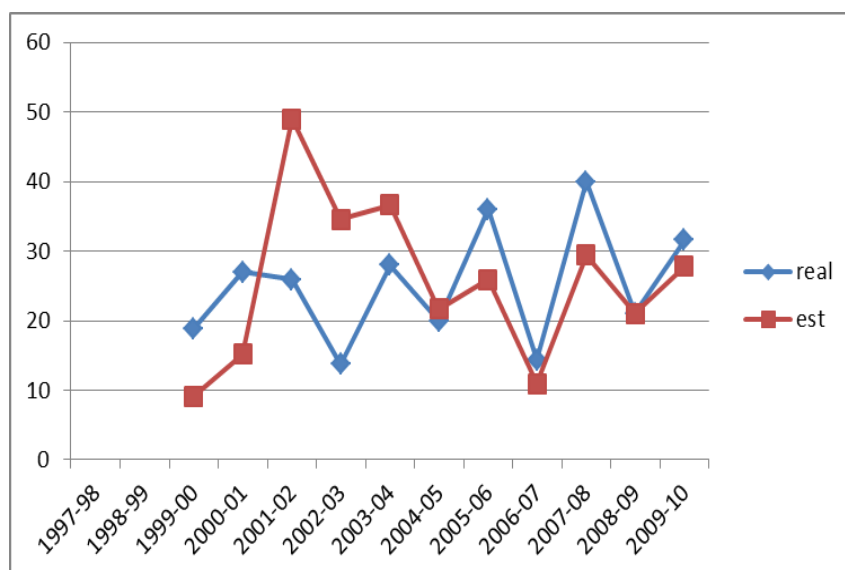
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό προκύπτει από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>507,6</b>	<b>665,06</b>
12h	40	48,99663825
%	7,880220646	7,367250813
24h	60	63,76126
%	11,82033	9,587294
48h	71	86,9894
%	13,98739	13,07993

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



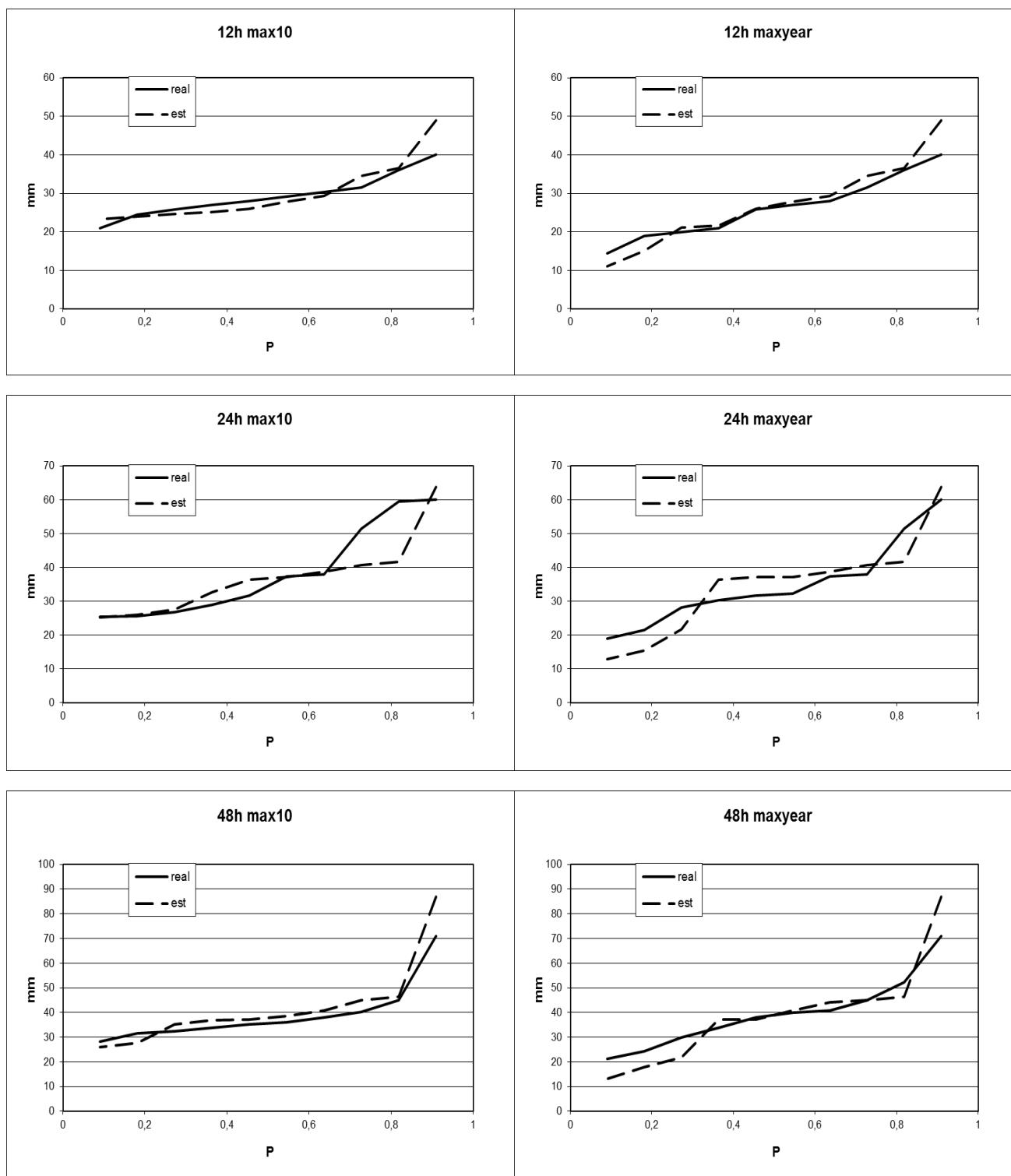
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΛΑΜΙΑ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
38,90	22,40	144

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Λαμία	<b>0,241</b>	2125,8	1474,5	0,052	<b>10,454</b>	324,68	<b>-0,025</b>	<b>50,406</b>	<b>261,96</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0
λ2	0
λ3	0,837064453
λ4	0,162935547
a	0
c	1E-06

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,701903269	0,61315	-12,6446668
Stdev	3,320679391	3,497385	5,321383314
PBIAS	-12,6446668		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,82535891		24,85512187
RMSE	3,362113662		101,2477649
R	0,51497047		
R <sup>2</sup>	0,265194585		

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

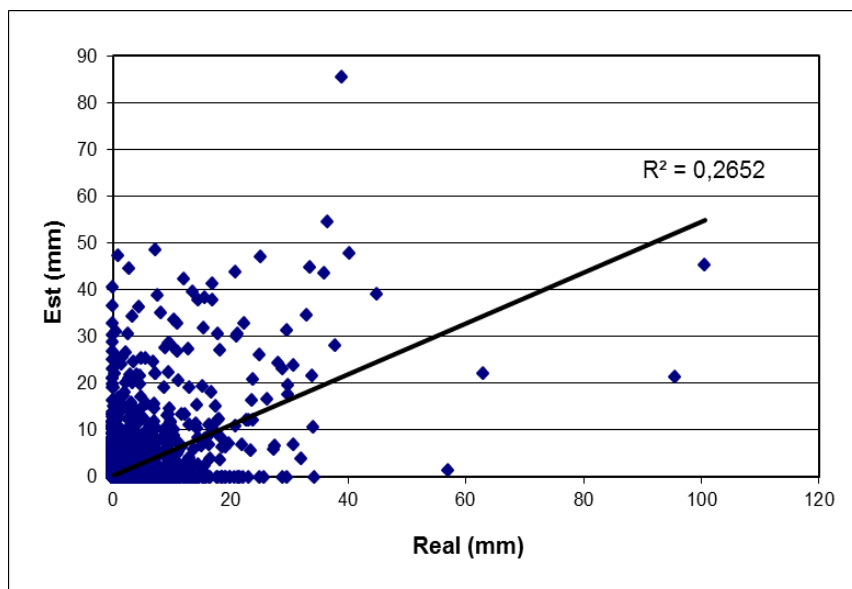
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	6269,4	5476,655
Nr	1449	649
Nr>10	165	168
Nr>20	50	78
Nr>30	18	37
Nr>40	6	14
Nr>50	4	2
Nr>60	3	1
Nr>70	2	1

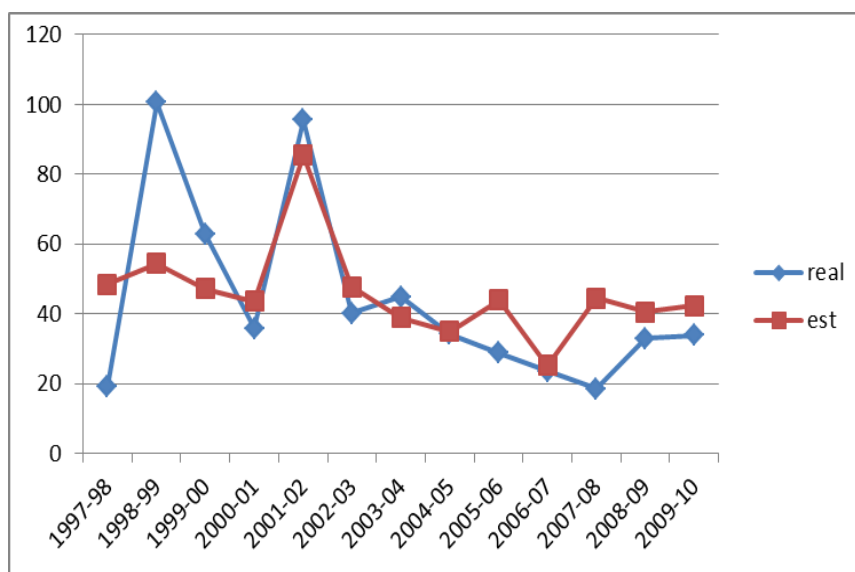
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της EMY

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>573,8</b>	<b>(573,8)</b>
12h	100,6	85,4225496
%	17,5322412	14,88716445
24h	134,7	99,10872
%	23,47508	17,27235
48h	172,8	130,398
%	30,11502	22,72534

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

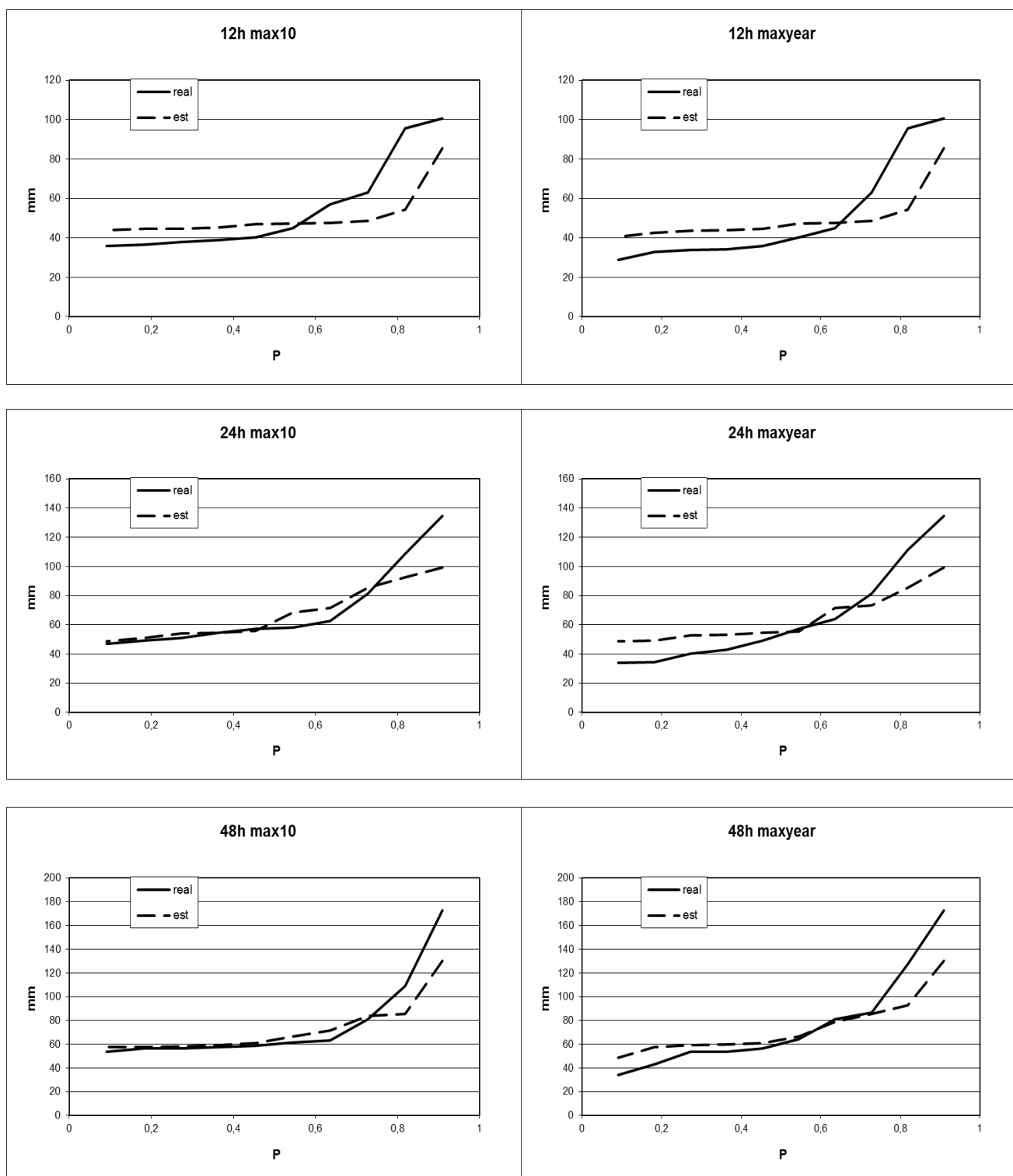


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΛΑΡΙΣΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
39,63	22,42	73

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Λάρισα	<b>0,22</b>	2522,2	1119,7	-0,12	<b>43,112</b>	47,994	<b>-0,143</b>	<b>47,532</b>	<b>46,487</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,063878364
λ2	0,277389811
λ3	0,412354412
λ4	0,245819163
a	0
c	0,015111277

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,588907267	0,475829	-19,2014423
Stdev	2,840441917	3,000205	5,624576587
PBIAS	-19,2014423		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,680050203		23,94170426
RMSE	3,036597587		106,9058152
R	0,461175236		
R <sup>2</sup>	0,212682599		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

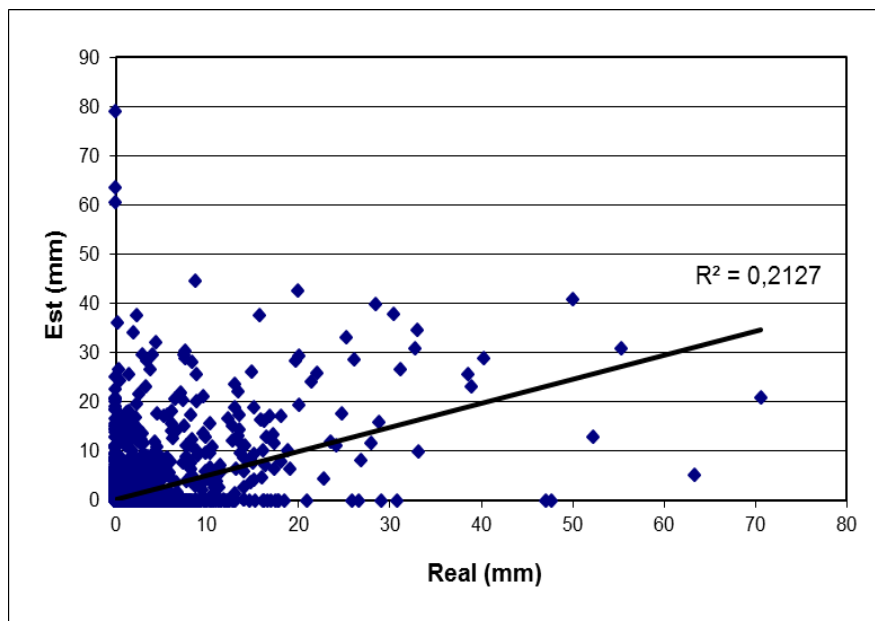
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	5340,8	4315,289
Nr	1445	501
Nr>10	130	146
Nr>20	34	55
Nr>30	16	18
Nr>40	8	6
Nr>50	4	3
Nr>60	2	3
Nr>70	1	1

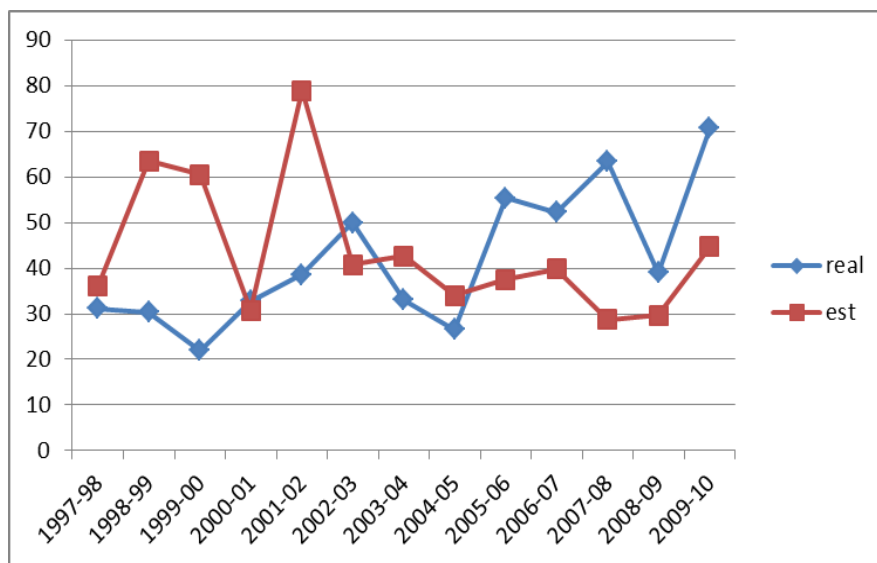
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>429,23</b>	<b>520,96</b>
12h	70,6	78,90046708
%	16,44805815	15,14520637
24h	94,8	91,88005
%	22,08606	17,63668
48h	108	98,37034
%	25,16134	18,88251

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



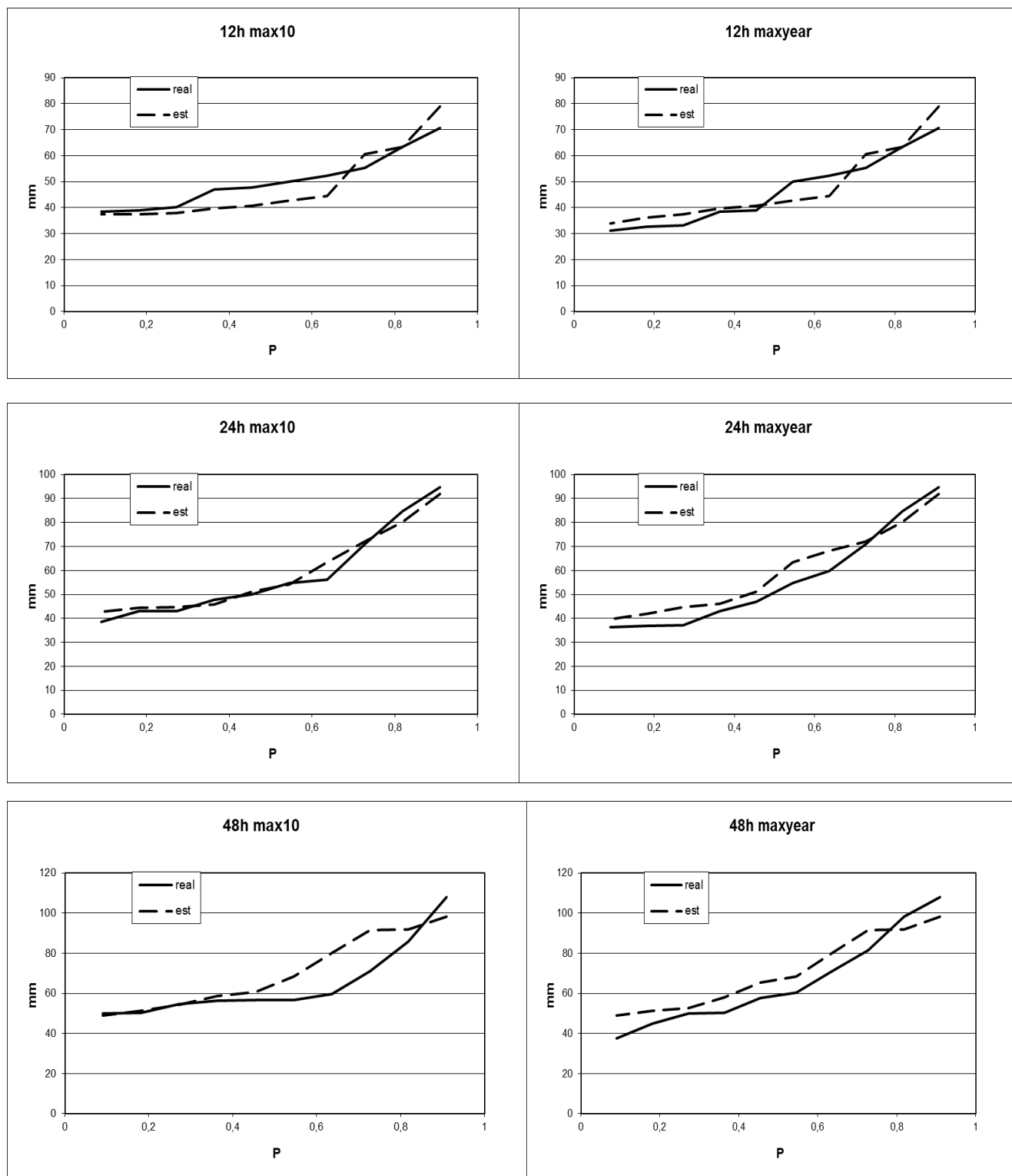
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΛΕΩΝΙΔΙΟ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
37,15	22,88	10

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Λεωνίδιο	<b>0,113</b>	4049,1	3742,1	-0,132	<b>69,232</b>	1820,5	<b>-0,153</b>	<b>92,436</b>	<b>1787</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,141474693
λ2	0,071732835
λ3	0,488156429
λ4	0,298636044
a	0
c	100

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,888749047	1,131989	27,36880276
Stdev	5,337502872	5,357823	0,380706358
PBIAS	27,36880276		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,361417907		25,50664495
RMSE	5,732102875		107,3929703
R	0,426456867		
R <sup>2</sup>	0,181865459		

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

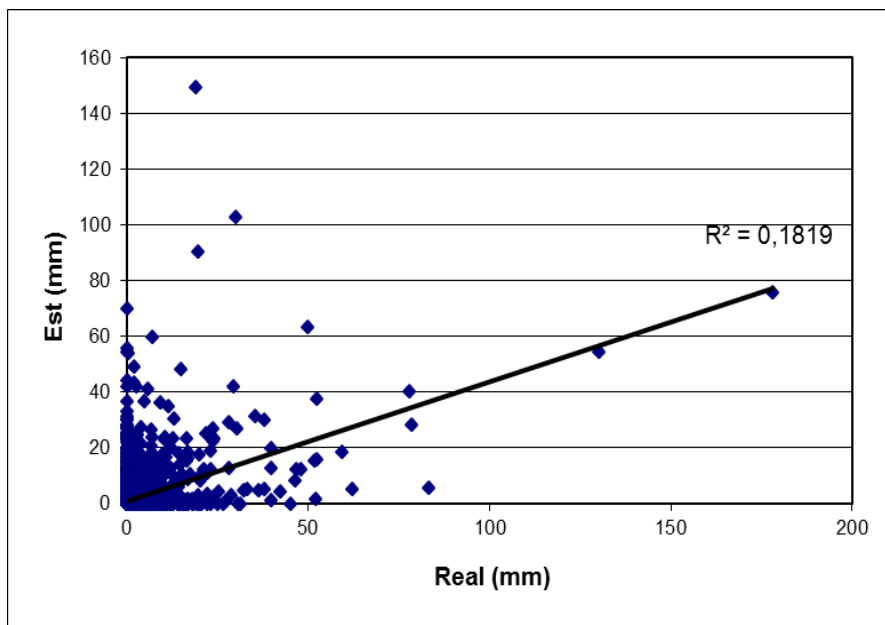
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	4660,6	5936,15
Nr	584	653
Nr>10	127	185
Nr>20	54	69
Nr>30	30	30
Nr>40	17	19
Nr>50	11	11
Nr>60	6	6
Nr>70	5	4

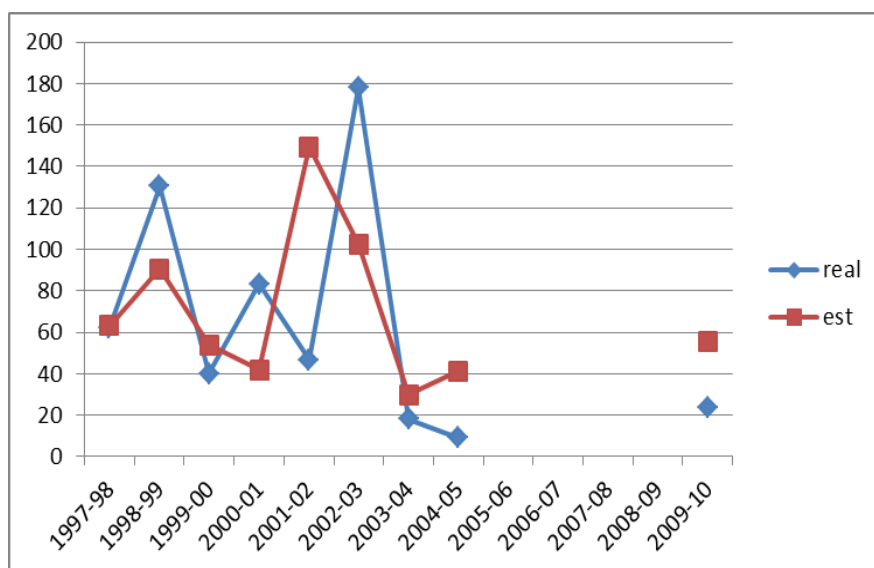
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της EMY

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>490,6</b>	<b>(490,6)</b>
12h	178,1	149,3848817
%	36,30248675	30,44942555
24h	256,6	149,3849
%	52,3033	30,44943
48h	296,2	149,3849
%	60,37505	30,44943

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

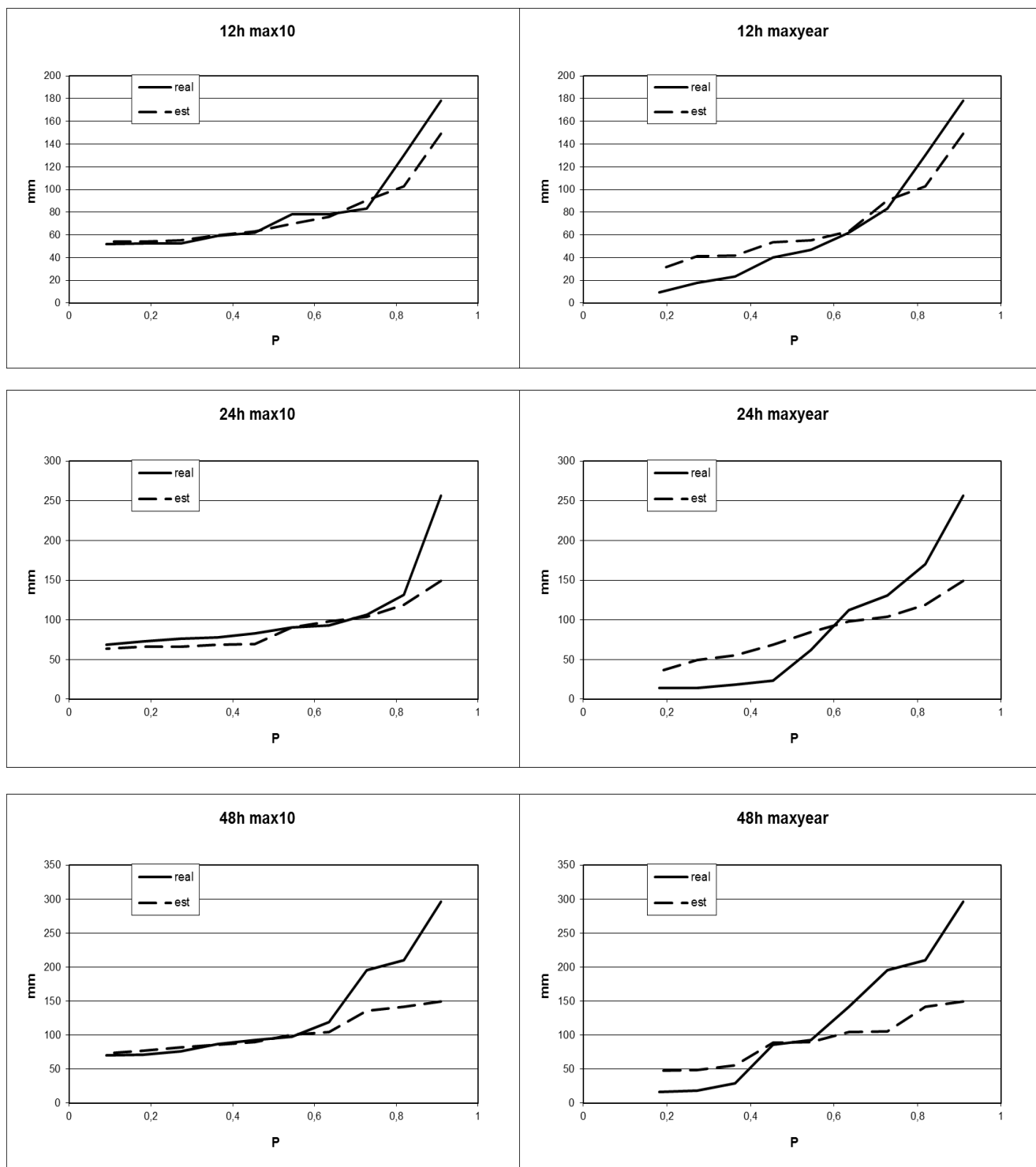


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΜΥΚΟΝΟΣ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
37,43	25,35	123

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Μύκονος	<b>0,241</b>	3093,5	1799,7	0,001	<b>30,059</b>	119,98	<b>-0,072</b>	<b>69,284</b>	<b>91,115</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,764131116
λ2	0
λ3	0,012682099
λ4	0,223185785
a	0
c	0,00001

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,561048478	0,444876	-20,7063311
Stdev	3,005362446	3,220083	7,144578119
PBIAS	-20,7063311		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,643377584		21,40765368
RMSE	3,111708874		103,5385558
R	0,50275354		
R <sup>2</sup>	0,252761122		

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

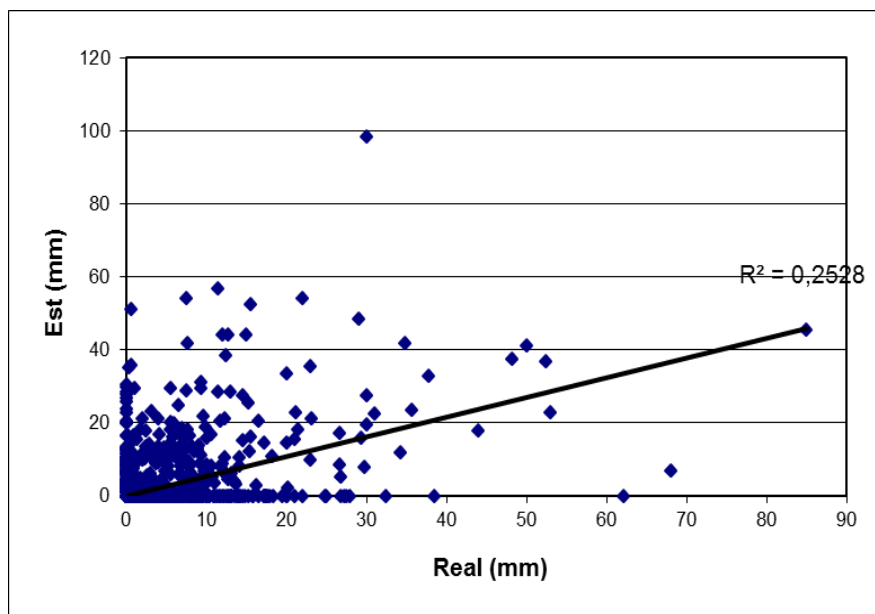
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	4976,5	3946,049
Nr	988	340
Nr>10	125	143
Nr>20	40	55
Nr>30	16	24
Nr>40	8	14
Nr>50	5	6
Nr>60	3	1
Nr>70	1	1

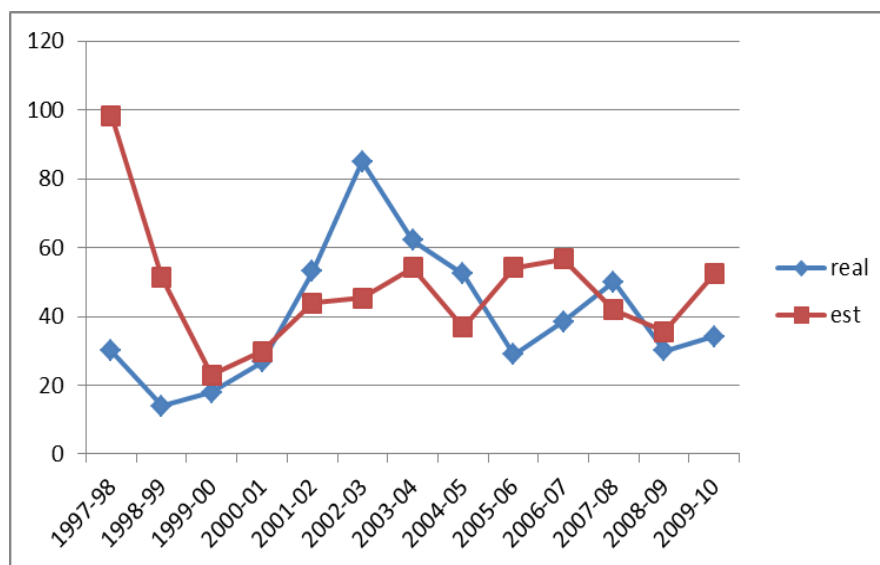
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της EMY.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>367</b>	<b>(367)</b>
12h	85	98,3611976
%	23,16076294	26,80141624
24h	153	140,2647
%	41,68937	38,21926
48h	167,3	159,4627
%	45,58583	43,45034

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



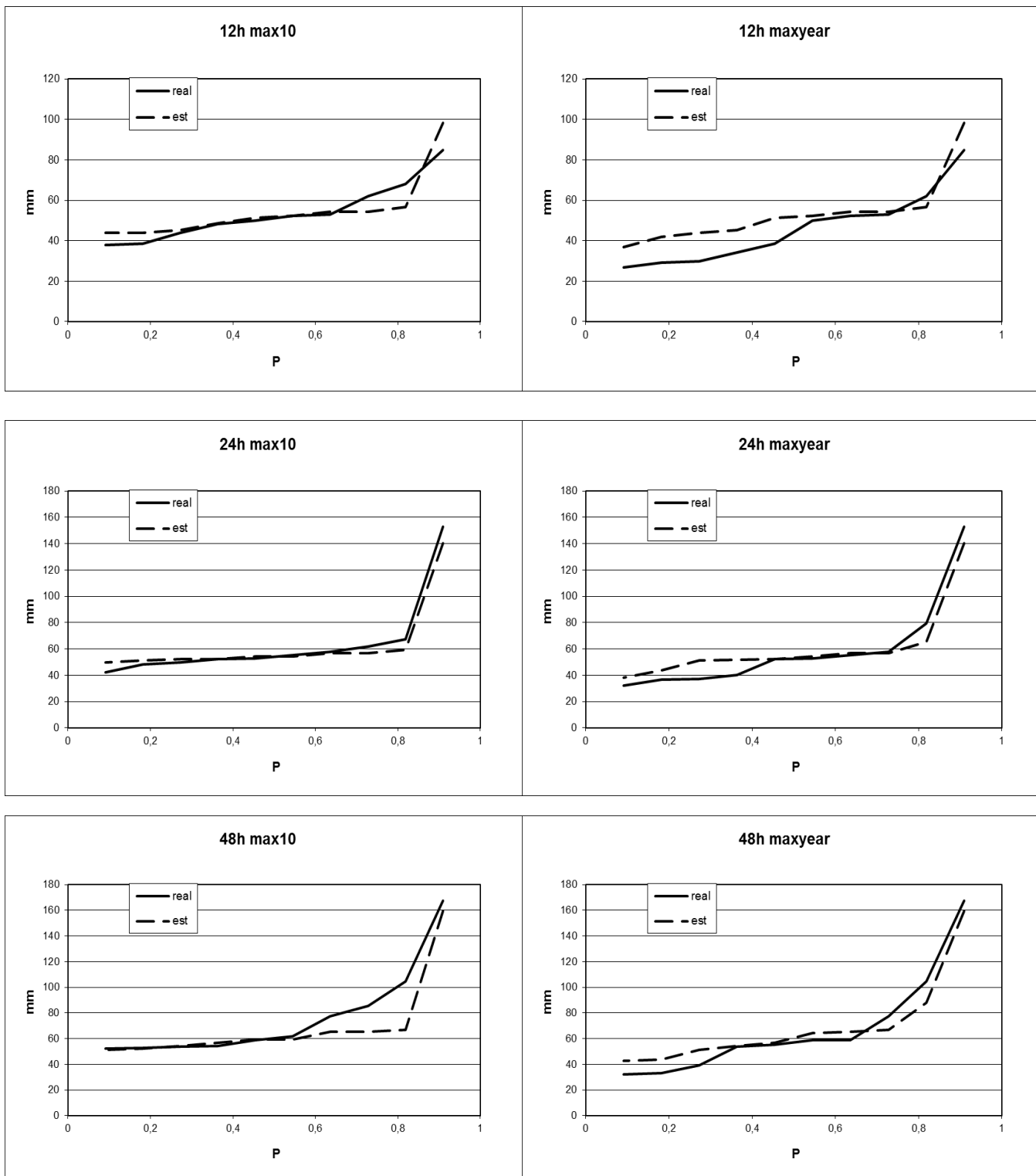
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΠΥΡΓΟΣ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
37,67	21,43	13

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Πύργος	<b>-0,109</b>	128,89	1312,7	-0,14	<b>124,16</b>	1388	<b>-0,167</b>	<b>152,9</b>	<b>1072,8</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,533780565
λ2	0,271656981
λ3	0
λ4	0,194562454
a	4,993869248
c	1E-06

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	1,121911291	0,854255	-23,8571578
Stdev	4,480330003	4,72081	5,367454022
PBIAS	-23,8571578		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,242800668		27,73904303
RMSE	4,8404684		108,0382114
R	0,449100054		
R <sup>2</sup>	0,201690858		

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

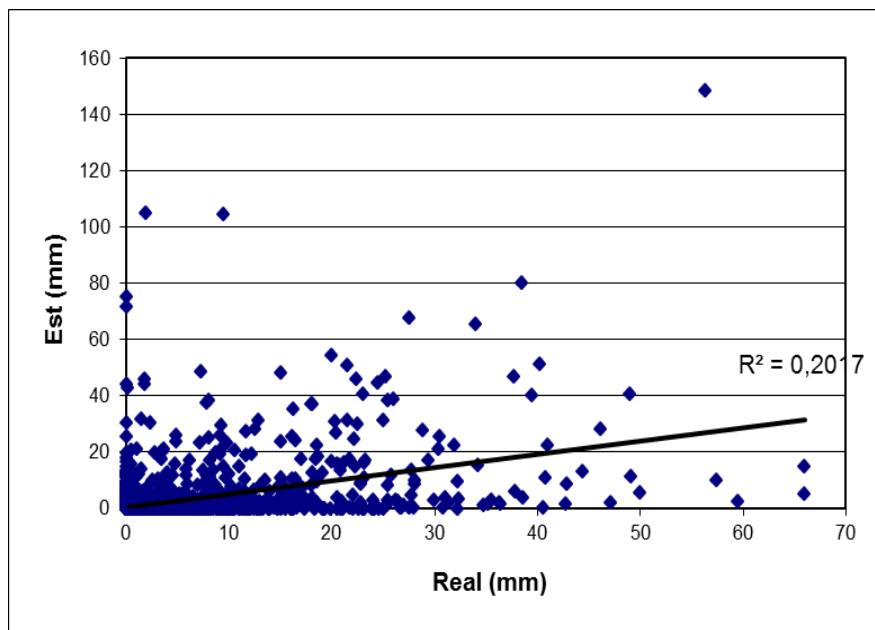
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	8018,3	6105,362
Nr	1169	1401
Nr>10	255	146
Nr>20	105	68
Nr>30	38	38
Nr>40	17	24
Nr>50	5	11
Nr>60	2	8
Nr>70	0	6

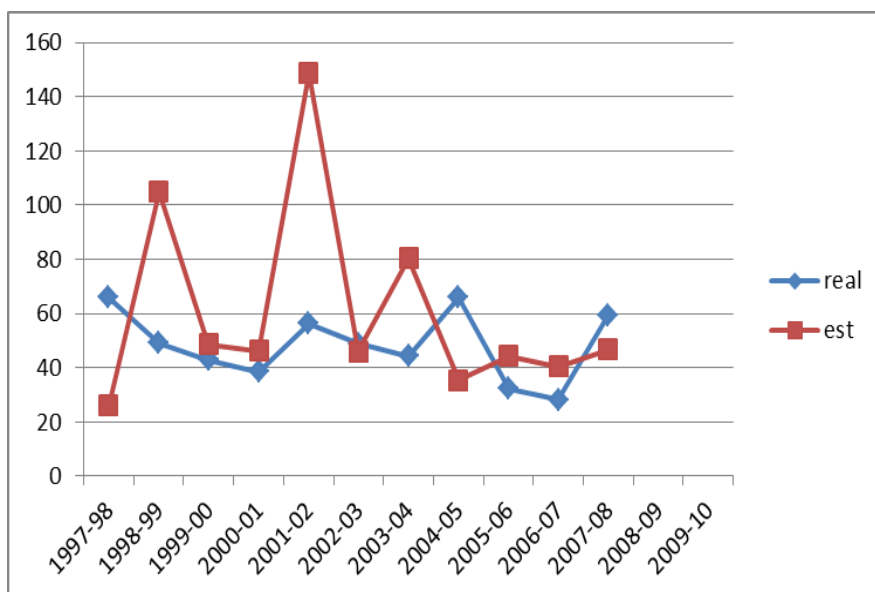
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της EMY.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>920,9</b>	<b>(920,9)</b>
12h	66	148,5448594
%	7,166901944	16,13040063
24h	81,8	148,7554
%	8,882615	16,15327
48h	121,9	171,8441
%	13,23705	18,66045

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

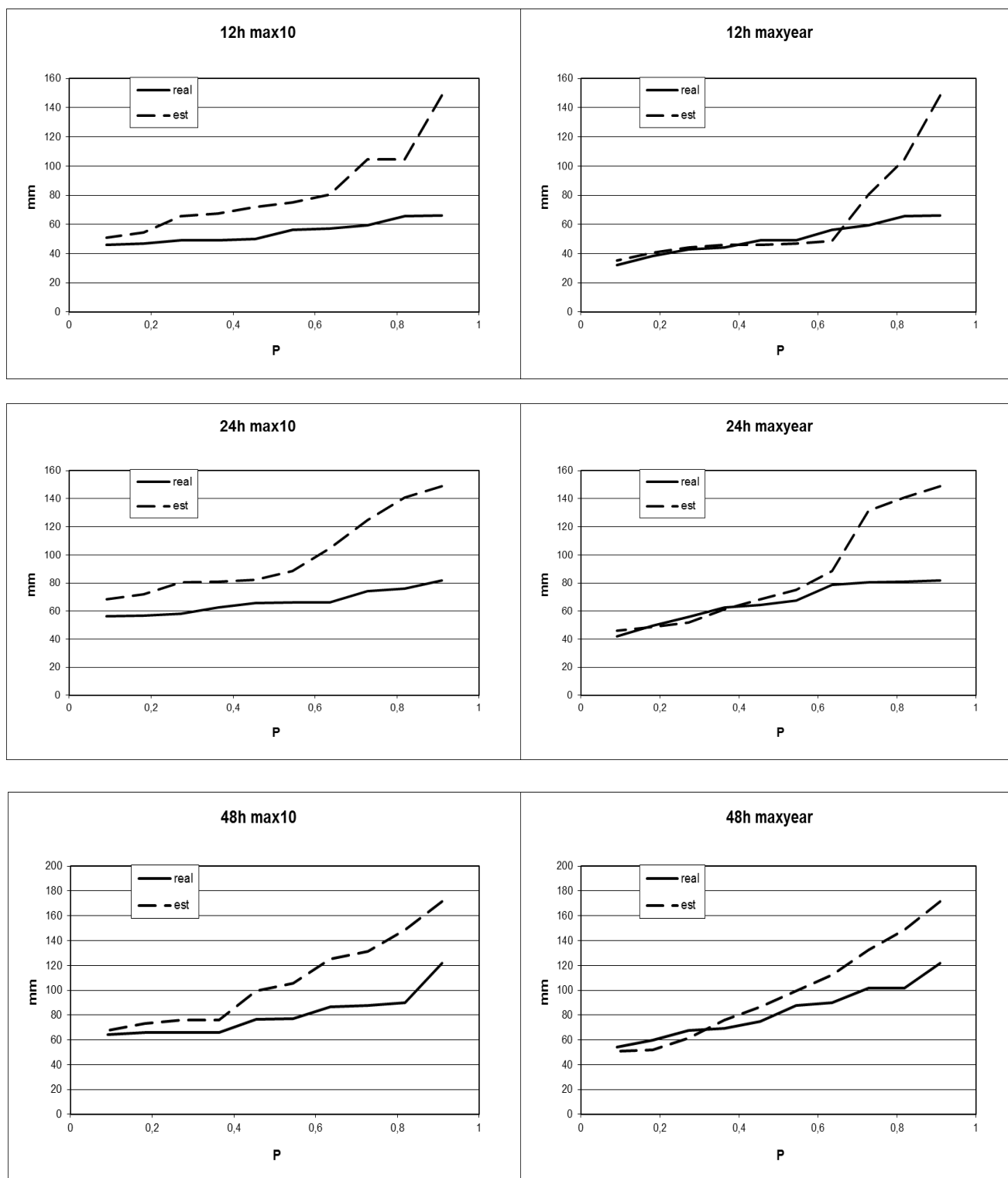


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΣΟΥΔΑ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
35,48	24,12	150

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Σούδα	<b>0,109</b>	2824,3	2661,4	-0,186	<b>40,611</b>	1135,7	<b>-0,208</b>	<b>51,493</b>	<b>1105,1</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,325175561
λ2	0,620135242
λ3	0,049613734
λ4	0,005700378
a	200
c	100

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,80237402	0,960032	19,6489488
Stdev	4,503900447	4,549953	1,022504347
PBIAS	19,6489488		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,158277401		25,71720701
RMSE	4,951357216		109,9348725
R	0,402423768		
R <sup>2</sup>	0,161944889		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

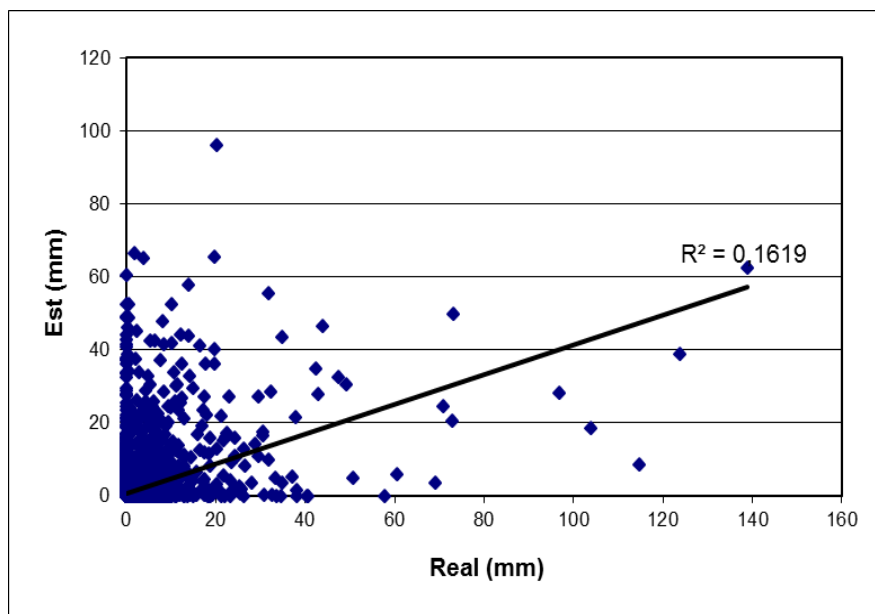
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	7165,2	8573,086
Nr	1302	1971
Nr>10	168	254
Nr>20	69	119
Nr>30	35	57
Nr>40	19	32
Nr>50	12	11
Nr>60	10	6
Nr>70	8	1

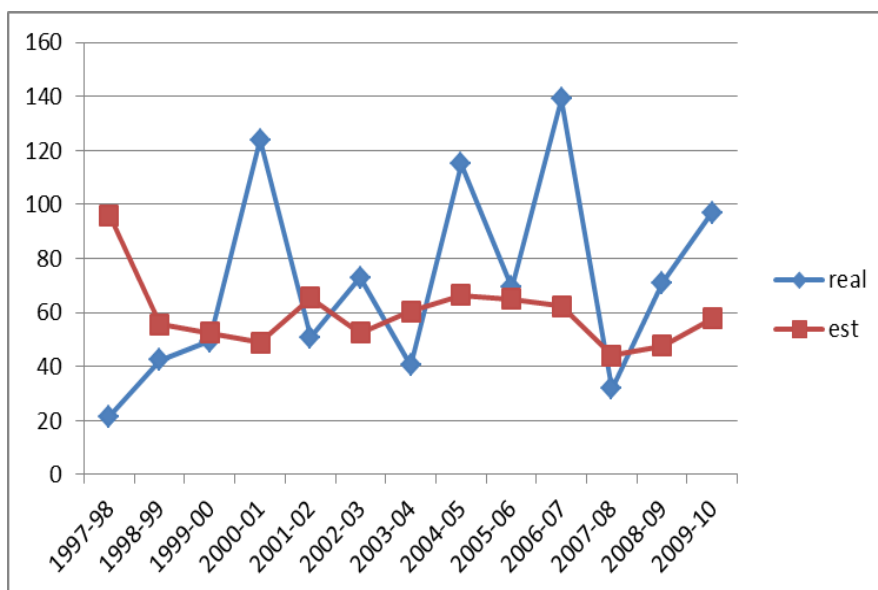
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>569,5</b>	<b>480,64</b>
12h	139	95,90878143
%	24,40737489	19,95439028
24h	177	104,1452
%	31,07989	21,66802
48h	195,4	161,6636
%	34,3108	33,63507

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



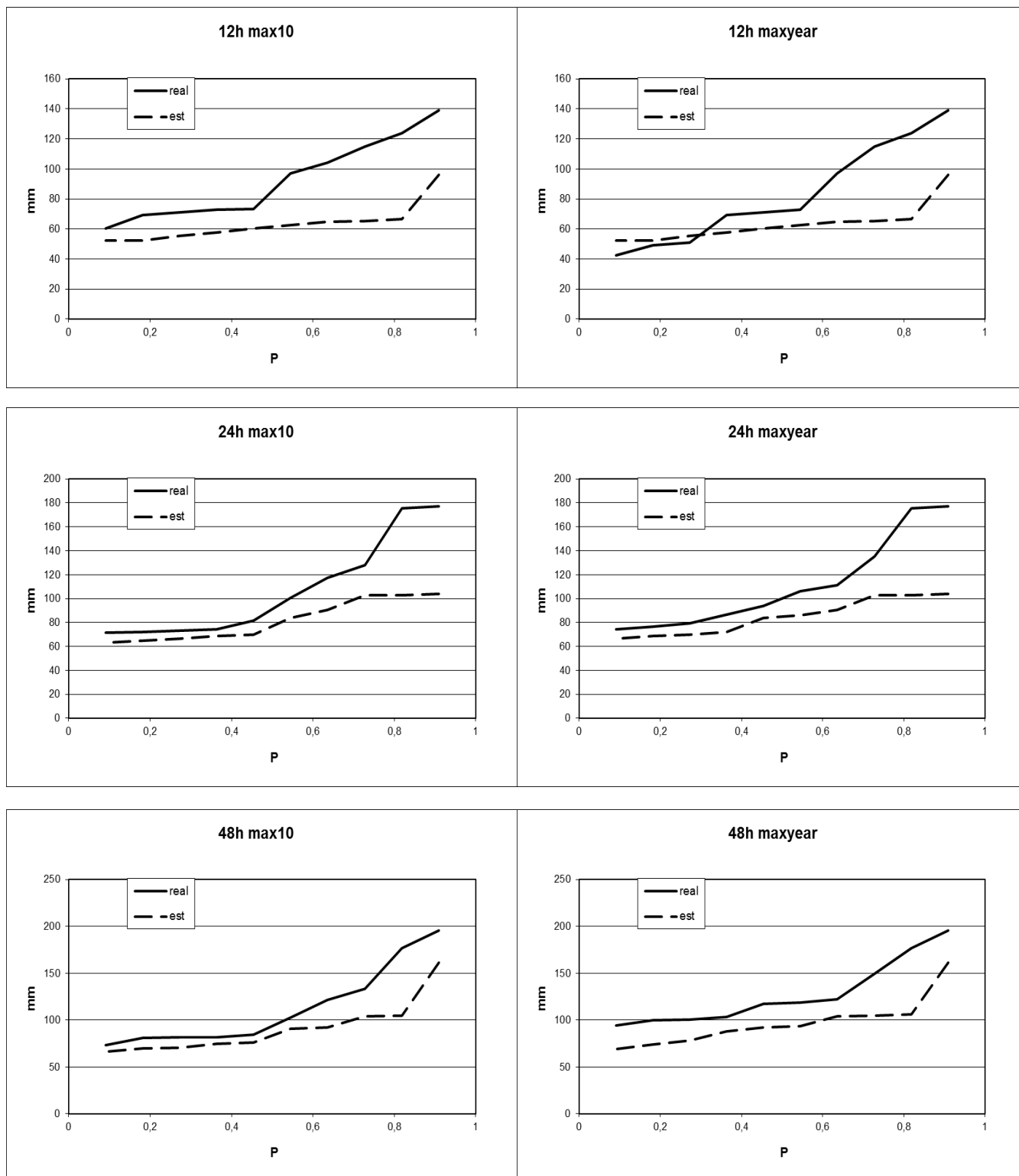
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

• **ΤΡΙΚΑΛΑ ΗΜΑΘΙΑΣ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
40,60	22,55	6

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Τρίκαλα Ημαθίας	<b>0,101</b>	1276,5	666,07	-0,107	<b>38,554</b>	226,45	<b>-0,113</b>	<b>43,66</b>	<b>205,81</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,433616918
λ2	0,566383058
λ3	0
λ4	0
a	0
c	55,07268396

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,775175161	0,939538	21,20329574
Stdev	3,819094506	3,798758	-0,5324858
PBIAS	21,20329574		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,046213498		27,39428146
RMSE	4,028815359		105,4913764
R	0,441468321		
R <sup>2</sup>	0,194894278		

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

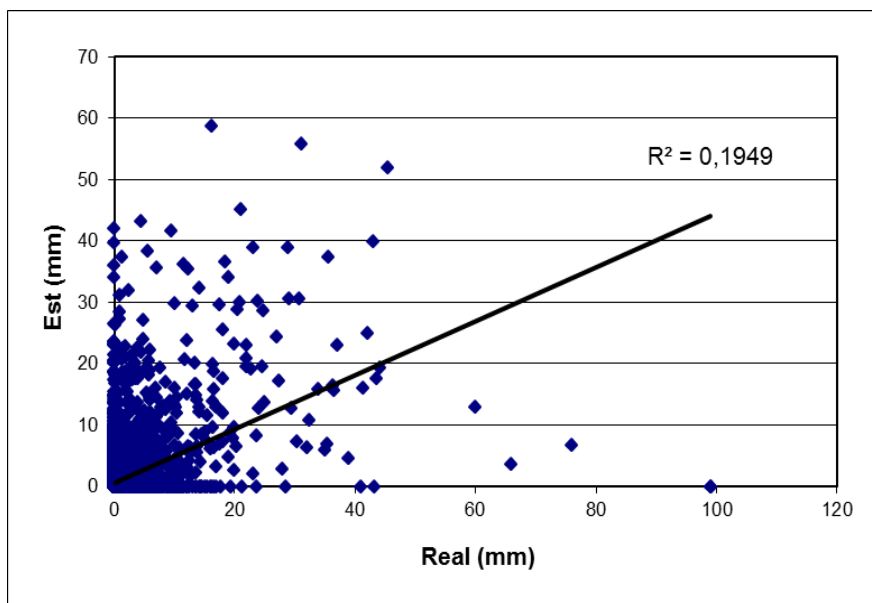
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	5642,5	6838,896
Nr	1164	933
Nr>10	151	211
Nr>20	51	72
Nr>30	26	27
Nr>40	13	7
Nr>50	5	3
Nr>60	4	0
Nr>70	3	0

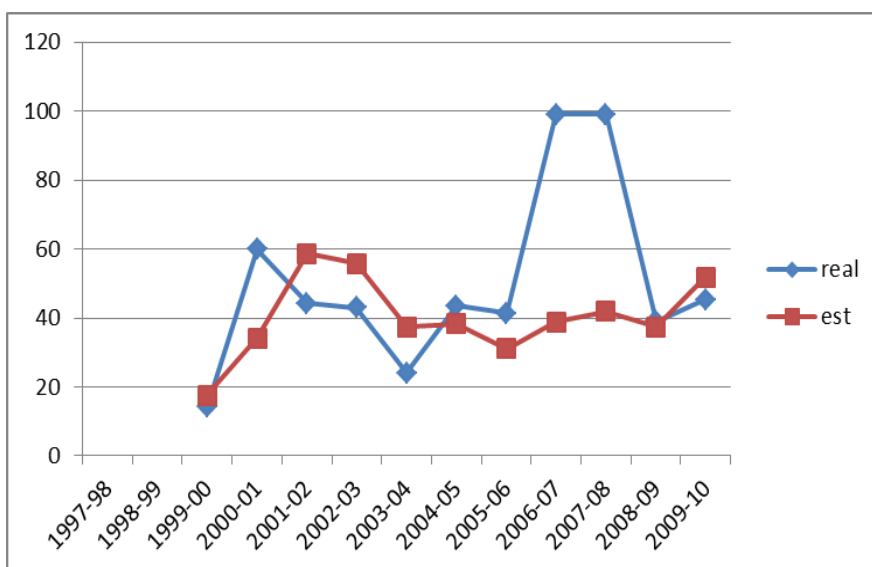
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της EMY

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>505,9</b>	<b>(505,9)</b>
12h	99	58,73208905
%	19,5690848	11,60942658
24h	104	89,75777
%	20,55742	17,7422
48h	104	109,7718
%	20,55742	21,69832

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

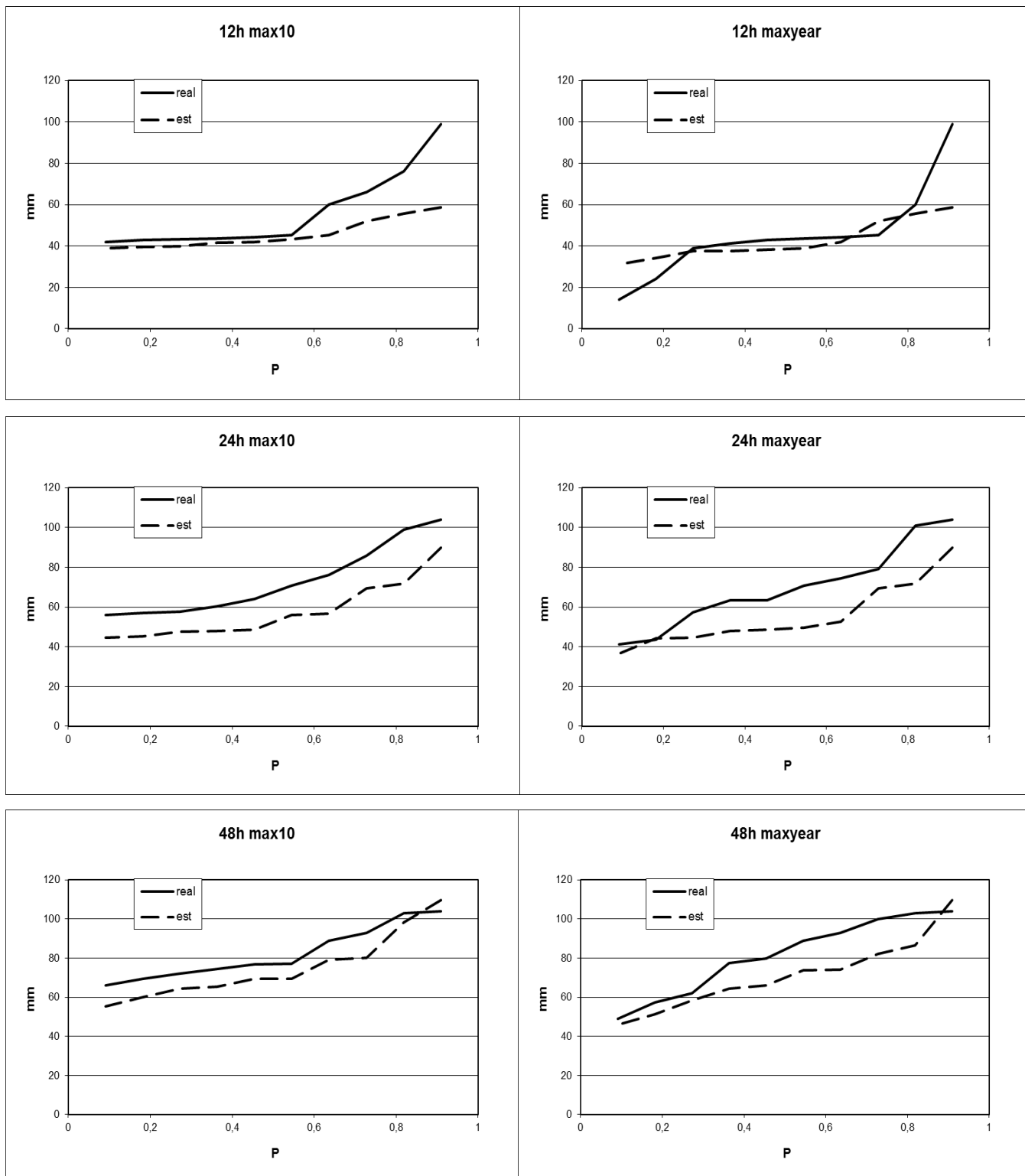


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΤΡΙΚΑΛΑ (ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ)**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
39,55	21,77	116

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων)  
(σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
Σταθμοί	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Τρίκαλα Θεσ/λίας	<b>0,222</b>	856,74	730,99	0,07	<b>11,582</b>	324,83	<b>-0,076</b>	<b>134,67</b>	<b>227,93</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0
λ2	1
λ3	0
λ4	0
a	0
c	1

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,882747957	0,88233	-0,04729493
Stdev	3,51475351	3,863138	9,912058374
			Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
PBIAS	-0,04729493		
MAE	1,035778661		29,46945378
RMSE	3,646762986		103,7558672
R	0,514692917		
R <sup>2</sup>	0,264908799		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

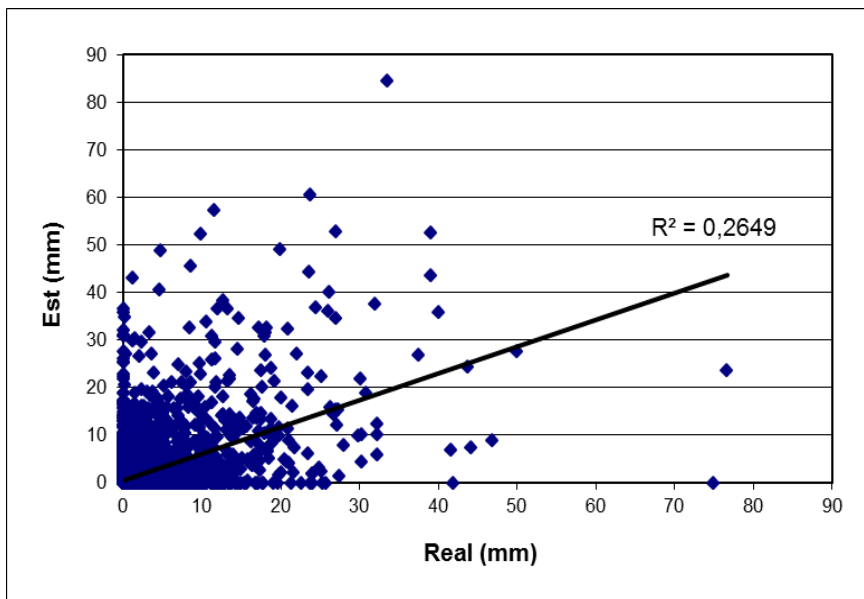
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	7992,4	7988,62
Nr	1560	1141
Nr>10	241	246
Nr>20	61	84
Nr>30	21	39
Nr>40	8	13
Nr>50	2	6
Nr>60	2	2
Nr>70	2	1

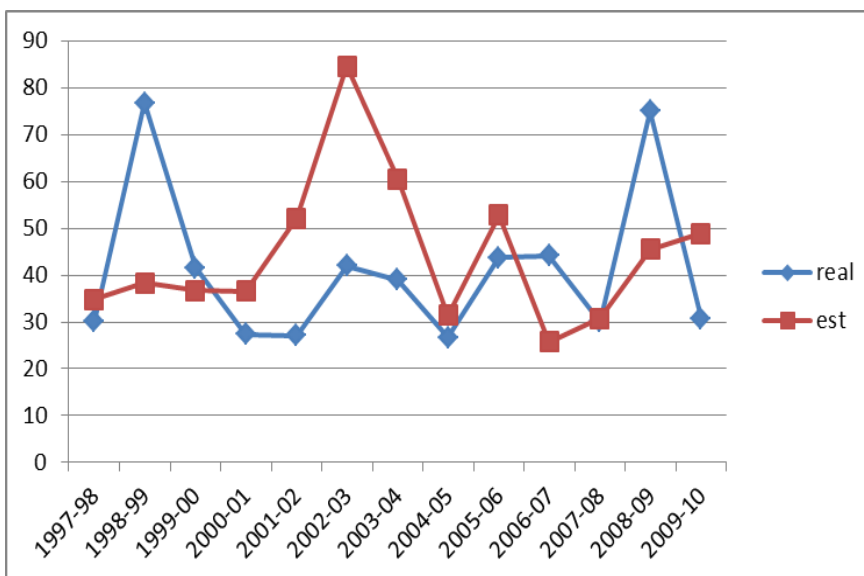
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>659,63</b>	<b>700,08</b>
12h	76,7	84,54
%	11,6277307	12,07576277
24h	123,5	93,63
%	18,72262	13,37419
48h	176,6	106,82
%	26,77258	15,25826

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



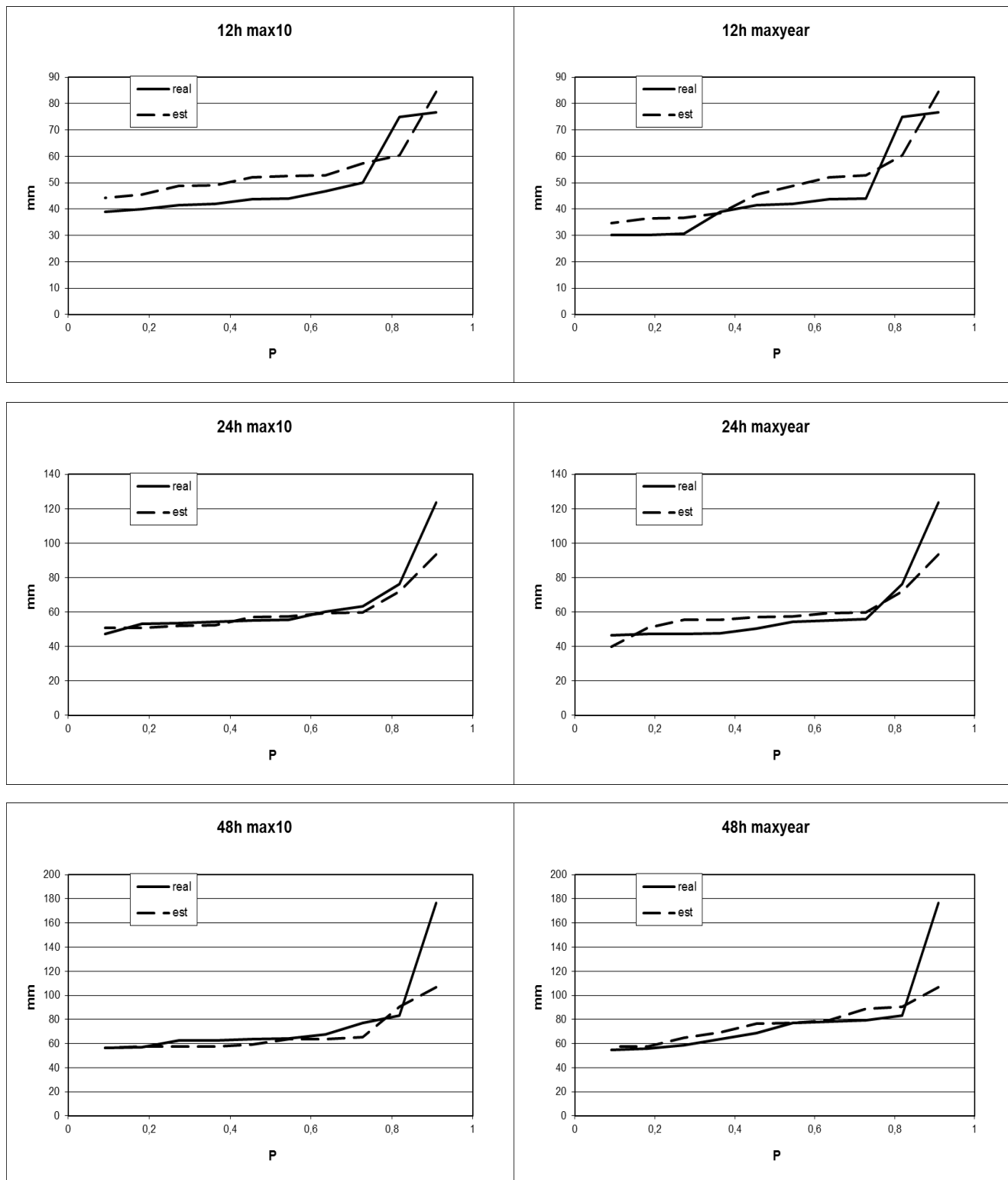
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• ΤΡΙΠΟΛΗ

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
37,53	22,40	651

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Τρίπολη	<b>-0,068</b>	12197	2857,8	-0,444	<b>390,3</b>	439,62	<b>-0,494</b>	<b>696,99</b>	<b>337,14</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,648670854
λ2	0,351329146
λ3	0
λ4	0
a	0
c	1E-06

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,887088388	0,773249	-12,8329603
Stdev	3,387553516	4,204186	24,10684103
PBIAS	-12,8329603		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	1,070094695		31,58901226
RMSE	4,140626026		122,2305716
R	0,421850263		
R <sup>2</sup>	0,177957644		

### Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

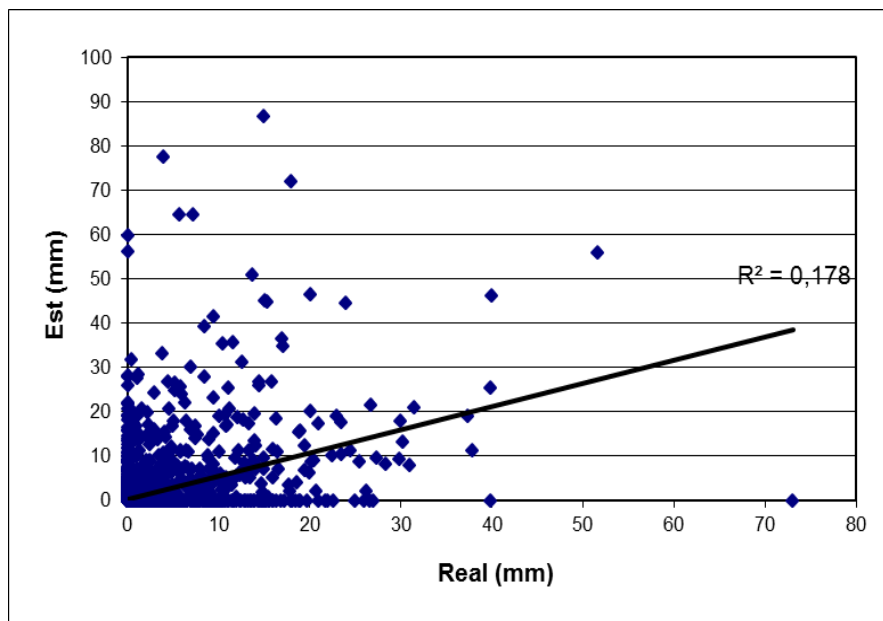
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	5118,5	4461,645
Nr	970	499
Nr>10	157	138
Nr>20	37	53
Nr>30	10	23
Nr>40	2	15
Nr>50	2	9
Nr>60	1	5
Nr>70	1	3

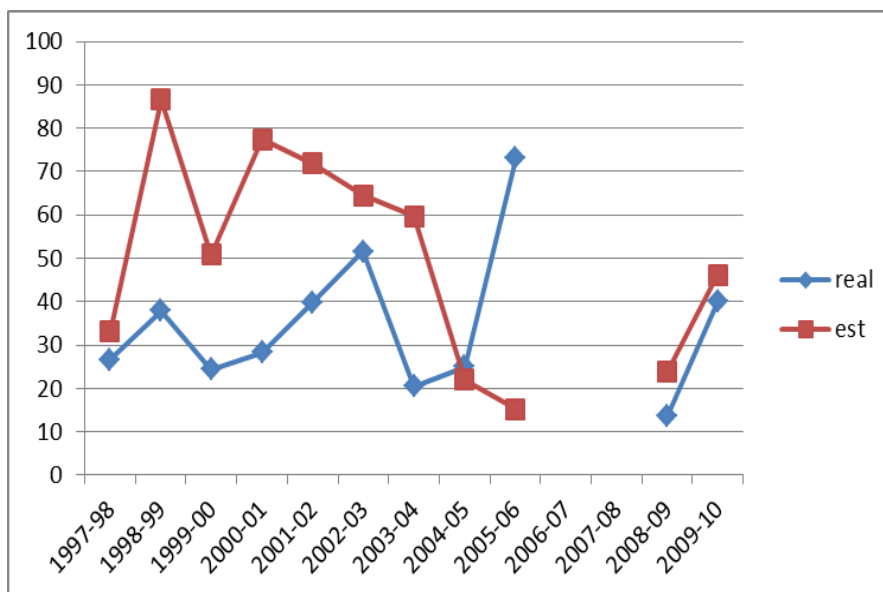
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της EMY

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>780,6</b>	<b>(780,6)</b>
12h	73	86,59359573
%	9,351780682	11,0932098
24h	81,6	92,9704
%	10,4535	11,91012
48h	103	112,2764
%	13,19498	14,38334

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

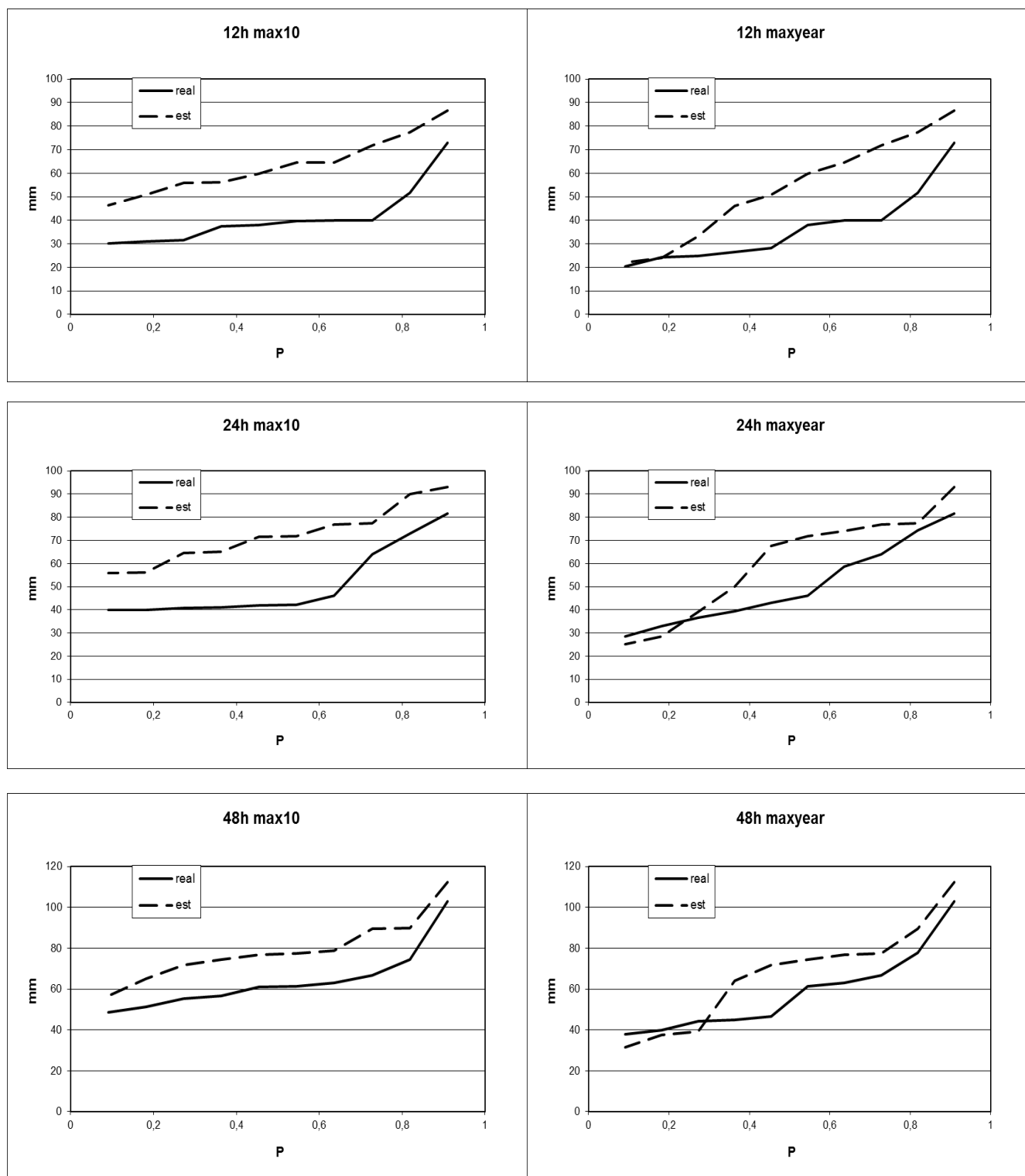


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

• **ΦΛΩΡΙΝΑ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
40,80	21,43	692

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Φλώρινα	<b>0,217</b>	2471,6	822,64	-0,055	<b>9,275</b>	30,198	<b>-0,102</b>	<b>12,609</b>	<b>24,429</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0,057828562
λ2	0,725982927
λ3	0,023794217
λ4	0,191046068
a	929,64142
c	0,828355592

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,662624313	0,628306	-5,17912648
Stdev	2,703896327	2,761996	2,148720543
PBIAS	-5,17912648		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,824153762		30,48022786
RMSE	2,838260247		104,9692704
R	0,460886279		
R <sup>2</sup>	0,212416162		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

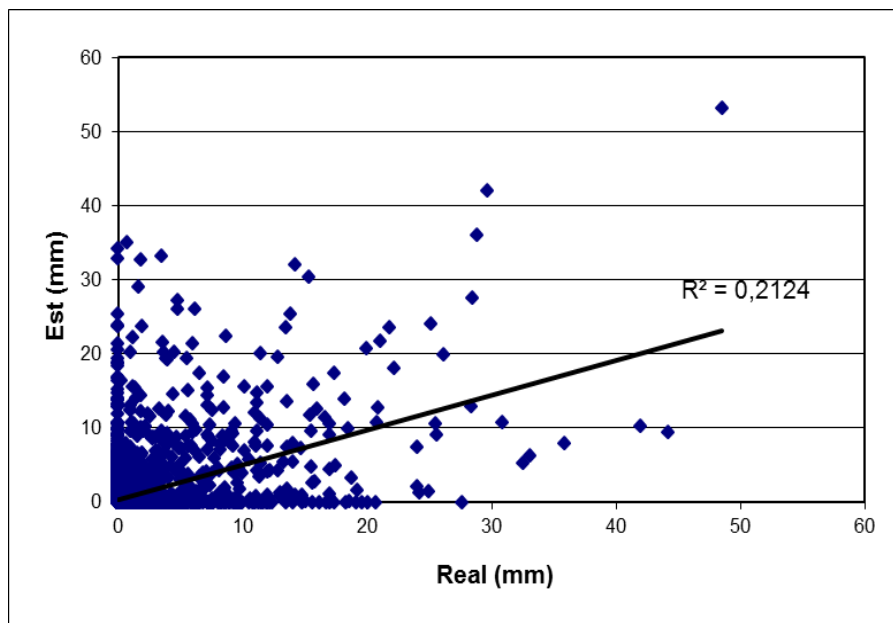
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	4464,1	4232,899
Nr	1028	914
Nr>10	113	117
Nr>20	27	35
Nr>30	7	10
Nr>40	3	2
Nr>50	0	1
Nr>60	0	0
Nr>70	0	0

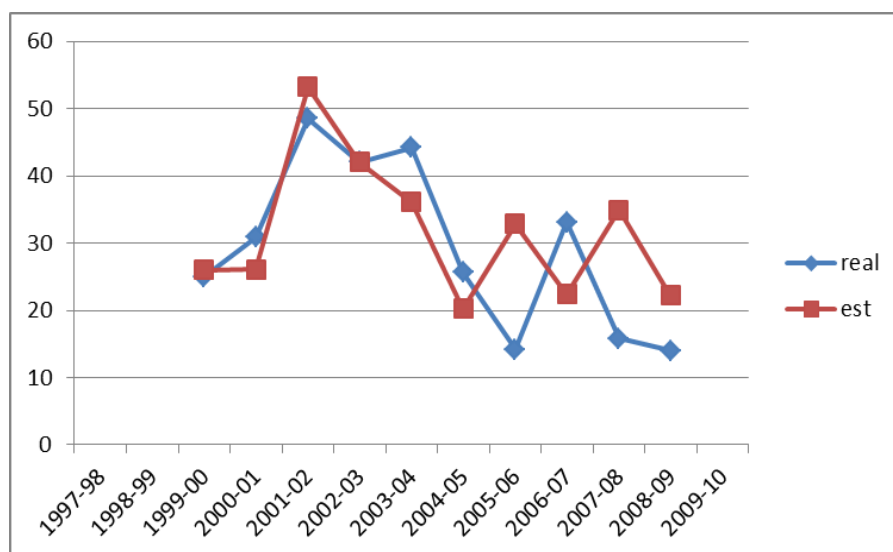
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο.

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>738,35</b>	<b>707,272</b>
12h	48,5	53,22174523
%	6,568700481	7,524933156
24h	70,3	76,80072
%	9,52123	10,85872
48h	81,7	84,78338
%	11,06521	11,98738

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



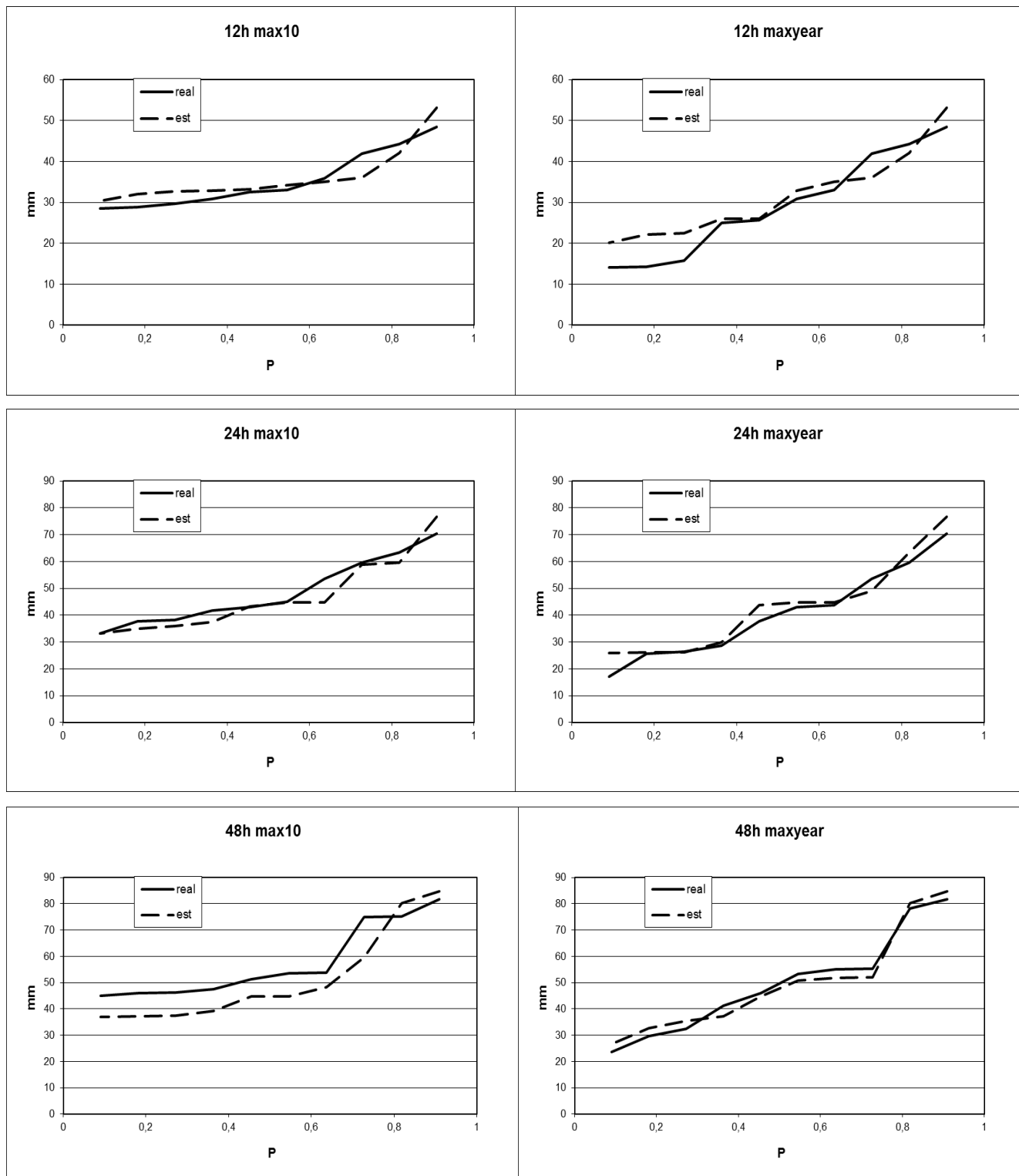
Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)



## Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά- παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.

• **ΧΡΥΣΟΥΠΟΛΗ**

Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)
40,98	24,60	5

Πίνακας με τις τιμές των συντελεστών αποδοτικότητας (Eff, Er, MSEmaxima) για τους 3 συνδυασμούς τιμών παραμέτρων (3 διαφορετικοί στόχοι – μεγιστοποίηση του Eff, ελαχιστοποίηση του Er και ελαχιστοποίηση του MSE μεγίστων) (σύγκριση στη 12ωρη χρονική κλίμακα)

12h	1ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (max Eff)			2ος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min Er)			Επιλεγμένος συνδυασμός τιμών παραμέτρων (min MSE μεγίστων)		
	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )	Eff	Er (mm <sup>2</sup> )	MSE maxima (mm <sup>2</sup> )
Χρυσούπολη	<b>0,169</b>	213,8	204,34	0,065	<b>13,352</b>	123,58	<b>-0,04</b>	<b>23,803</b>	<b>43,82</b>

Πίνακας τελικών τιμών παραμέτρων (για στόχο min MSE μεγίστων)

λ1	0
λ2	0
λ3	0,444924622
λ4	0,555075378
a	4,198500739
c	0,398463291

Πίνακας στατιστικών τιμών των 2 χρονοσειρών.

12h	Real	Est	Διαφορά %
Average	0,734328358	0,640207	-12,8172957
Stdev	3,774852023	3,763518	-0,30025105
PBIAS	-12,8172957		Ποσοστό % της τυπικής απόκλισης (Stdev) της πραγματικής (Real)
MAE	0,870258235		23,05410198
RMSE	3,849179763		101,9690239
R	0,478797094		
R <sup>2</sup>	0,229246658		

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

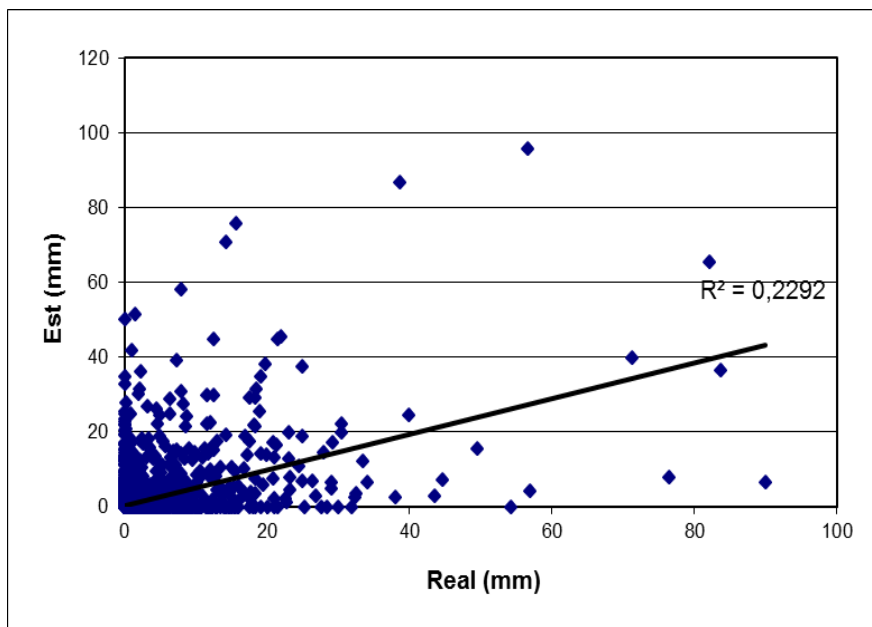
Πίνακας με το πλήθος των ισχυρών επεισοδίων πάνω από μια τιμή (Nr>...).  
Η πρώτη σειρά δείχνει το συνολικό ύψος (mm) για τις 2 χρονοσειρές, πραγματική (Real) και εκτιμημένη (Est).

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>(mm)</b>	5510,4	4804,116
Nr	1106	626
Nr>10	153	141
Nr>20	51	55
Nr>30	21	25
Nr>40	11	12
Nr>50	8	8
Nr>60	5	5
Nr>70	5	4

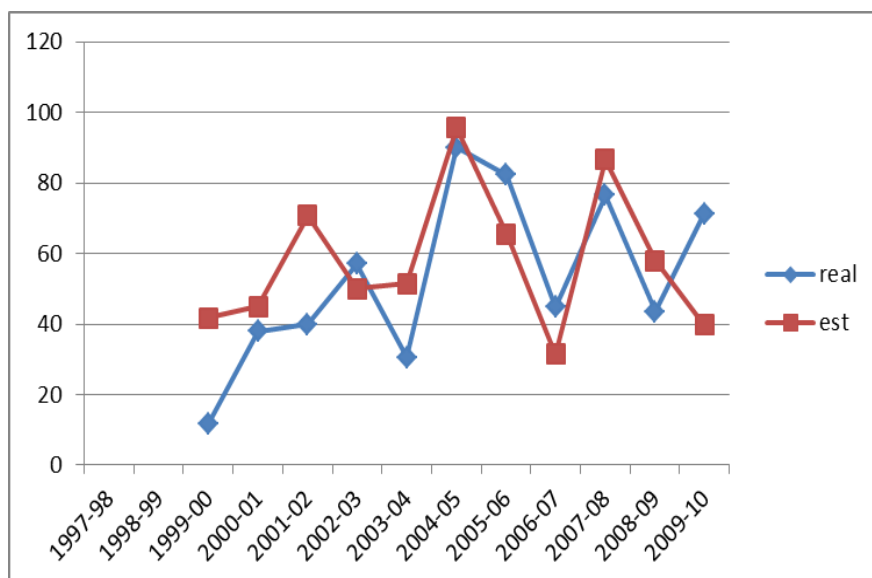
Πίνακας με τα μέγιστα 10ετίας 12, 24 και 48 ωρών και τα ποσοστά τους ως προς το μέσο ετήσιο ύψος βροχής. Η πρώτη σειρά με έντονη γραφή δίνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής όπως αυτό υπολογίζεται από την EMY και τον δορυφόρο. Η παρένθεση στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής (meanyear) για τα δορυφορικά δεδομένα (Est), δείχνει πως χρησιμοποιήθηκε η τιμή της EMY

	<b>Real</b>	<b>Est</b>
<b>meanyear (mm)</b>	<b>403,2</b>	<b>(403,2)</b>
12h	90	95,58579524
%	22,32142857	23,70679445
24h	106,5	102,1707
%	26,41369	25,33997
48h	129,7	146,1431
%	32,16766	36,2458

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

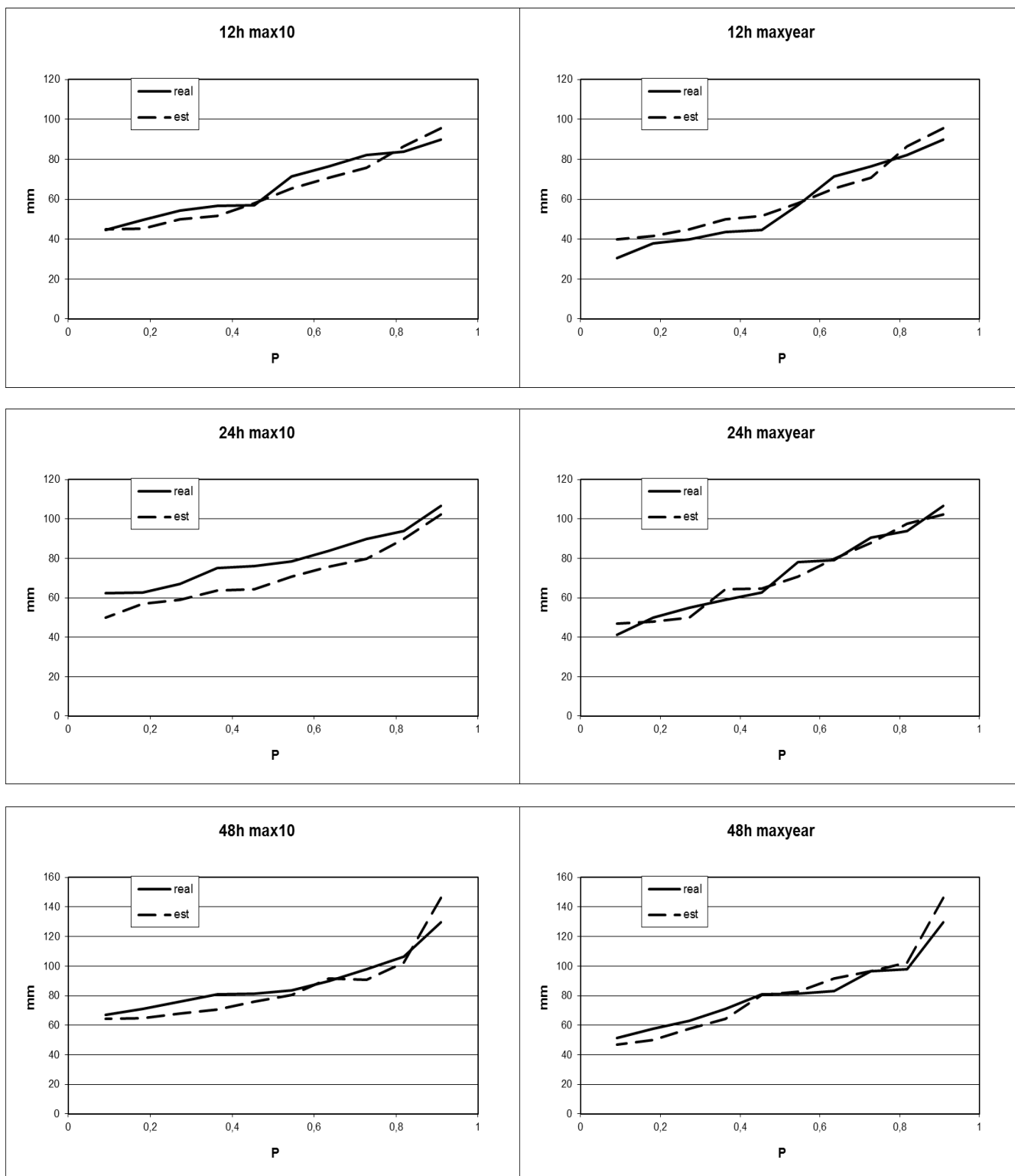


Διάγραμμα διασποράς των δορυφορικών τιμών (Est) σε σχέση με τις πραγματικές (Real)



Χρονοσειρά ετησίων μεγίστων 12 ωρών σε mm για την δορυφορικά δεδομένα (Est) και τα πραγματικά (Real)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



Πιθανοτικές κατανομές μεγίστων 12, 24 και 48 ωρών για τα πραγματικά-παρατηρημένα δεδομένα (Real) και τα δορυφορικά-εκτιμημένα (Est). Η αριστερή στήλη αφορά την κατανομή των 10 μεγίστων τιμών στην περίοδο που εξετάζουμε (1998-2010) και η δεξιά την κατανομή των 10 μεγίστων ετησίων τιμών.



***B. ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ***





**ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΜΥ**

Πίνακας μεγίστων 10ετίας των σταθμών της ΕΜΥ  
για όλες τις διάρκειες σε mm

<b>Station</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	71,6	82	89	114,2	135
Αγχιάλος	111,8	134,6	145,3	145,3	156,1
Αλεξανδρούπολη	81,4	100,8	103,8	114,4	135,4
Ελληνικό	61,7	76,9	128,3	142	166,5
Ηράκλειο	43,2	45,1	67	67	87,5
Ιωάννινα	52,1	62,2	71,3	76,3	97,9
Καστοριά	46,9	59,2	62,5	77,1	79,2
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	65	74,5	75,7	84	84
Μυτιλήνη	52,3	62,4	102,2	102,2	103,9
Σκύρος	46,8	52,3	86,5	98,9	123,3
<i>Τατόι</i>					
Φιλαδέλφεια	63,7	63,7	101,4	113,5	124,3
Άρτα			96,5	176,6	189,6
Βέλο Κορινθίας			80,7	92,9	98,3
Ιεράπετρα			113,3	113,7	114,1
Καλαμάτα			74,2	86,5	116,4
Κέρκυρα			206	239,3	276,4
Κοζάνη			40	60	71
Λαμία			100,6	134,7	172,8
Λάρισα			70,6	94,8	108
Λεωνίδιο			178,1	256,6	296,2
Μύκονος			85	153	167,3
Πύργος			66	81,8	121,9
Σούδα			139	177	195,4
Τρίκαλα Ημαθίας			99	104	104
Τρίκαλα Θεσ/λίας			76,7	123,5	176,6
Τρίπολη			73	81,6	103
Φλώρινα			48,5	70,3	81,7
Χρυσούπολη			90	106,5	129,7

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας μεγίστων 5ετίας των σταθμών της ΕΜΥ  
για όλες τις διάρκειες σε mm

<b>Station</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	50	61,2	73,7	98,3	125,3
Αγχιάλος	39,6	50,9	61,7	127,3	127,7
Αλεξανδρούπολη	72,2	86,9	88,2	112,5	128
Ελληνικό	54,2	70,4	96	96,8	123,6
Ηράκλειο	41,5	43,3	58,7	61,4	85,2
Ιωάννινα	51,5	61,8	70,5	73,5	88,4
Καστοριά	30,6	49,7	60,5	62,5	73,8
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	37,1	45,3	47,7	48,3	65,7
Μυτιλήνη	50,7	52,3	71,1	74,7	101
Σκύρος	32	47	80,7	80,7	103,1
Τατόι	49,8	52,5	68,6	88	100,6
Φιλαδέλφεια	54,4	62,5	64,1	64,1	87,6
Άρτα			93	118,2	141,6
Βέλο Κορινθίας			75,5	75,5	80,9
Ιεράπετρα			71,8	81,2	100,5
Καλαμάτα			65,8	85,6	99,9
Κέρκυρα			120,7	121,8	136,1
Κοζάνη			36	51,4	52,3
Λαμία			95,5	111,2	127,2
Λάρισα			63,3	84,8	98,2
Λεωνίδιο			130,4	170,4	210,7
Μύκονος			62,1	79,6	104,4
Πύργος			65,9	81	101,7
Σούδα			124	175,4	177
Τρίκαλα Ημαθίας			60	101,1	102,9
Τρίκαλα Θεσ/λίας			74,9	76,3	83
Τρίπολη			51,6	74,4	77,7
Φλώρινα			44,2	59,5	78,1
Χρυσούπολη			82,2	94	98

**ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ**

Πίνακας σφαλμάτων στις τιμές 10ετίας για όλους τους σταθμούς  
και όλες τις διάρκειες σε mm

<b>Σφάλμα (10) (mm)</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	27,22664	27,57559	20,57559	-3,98198	-0,11806
Αγχιάλος	-57,44	-65,75	-70,34	-70,3	-59,48
Αλεξανδρούπολη	-5,2	-14,99	-7,7	-18,3	-22,18
Ελληνικό	-9,55569	10,15309	-8,0822	-21,5	-32,8099
Ηράκλειο	10,66521	20,96984	3,036099	12,68456	40,66448
Ιωάννινα	-6,64495	-7,21038	2,193646	33,76689	12,16689
Καστοριά	-7,45692	-14,3264	19,99773	5,4	9,809392
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	-17,944	-23,3325	-21,8584	-30,1584	-13,5347
Μυτιλήνη	31,65645	23,59027	9,025353	9,025353	11,54299
Σκύρος	0,684015	-4,81598	-19,2506	-6,29235	9,417804
<i>Τατόι</i>					
Φιλαδέλφεια	-22,6798	14,00747	29,88204	33,87061	30,18067
Άρτα			9,738046	-24,2984	-14,0644
Βέλο Κορινθίας			-2,56059	2,60786	33,75586
Ιεράπετρα			-40,9986	-15,4236	-14,3861
Καλαμάτα			60,49165	48,19165	18,29165
Κέρκυρα			-76,0471	-61,3571	-73,8157
Κοζάνη			8,996638	3,761257	15,9894
Λαμία			-15,1775	-35,5913	-42,402
Λάρισα			8,300467	-2,91995	-9,62966
Λεωνίδιο			-28,7151	-107,215	-146,815
Μύκονος			13,3612	-12,7353	-7,83725
Πύργος			82,54486	66,95543	49,94406
Σούδα			-43,0912	-72,8548	-33,7364
Τρίκαλα Ημαθίας			-40,2679	-14,2422	5,771792
Τρίκαλα Θεσ/λίας			7,84	-29,87	-69,78
Τρίπολη			13,5936	11,3704	9,276386
Φλώρινα			4,721745	6,500718	3,083381
Χρυσούπολη			5,585795	-4,32926	16,44305

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας σφαλμάτων 10ετίας ως ποσοστό (%) της αντίστοιχης επίγειας τιμής  
για όλους τους σταθμούς και τις διάρκειες

<b>Σφάλμα (10) (%)</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	38,02603	33,62876	23,11864	-3,48684	-0,08745
Αγχιάλος	-51,3775	-48,8484	-48,4102	-48,3827	-38,1038
Αλεξανδρούπολη	-6,38821	-14,871	-7,41811	-15,9965	-16,3811
Ελληνικό	-15,4873	13,20298	-6,29946	-15,1408	-19,7056
Ηράκλειο	24,68799	46,49632	4,531491	18,93218	46,47369
Ιωάννινα	-12,7542	-11,5922	3,076642	44,25543	12,42788
Καστοριά	-15,8996	-24,2	31,99637	7,003891	12,3856
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	-27,6062	-31,3189	-28,8751	-35,9029	-16,1127
Μυτιλήνη	60,52858	37,80492	8,83107	8,83107	11,10971
Σκύρος	1,461571	-9,20838	-22,255	-6,36233	7,638122
<i>Τατόι</i>					
Φιλαδέλφεια	-35,6042	21,98975	29,46947	29,84194	24,28051
Άρτα			10,09124	-13,759	-7,41794
Βέλο Κορινθίας			-3,17297	2,807169	34,33964
Ιεράπετρα			-36,1859	-13,5651	-12,6083
Καλαμάτα			81,52514	55,71289	15,71448
Κέρκυρα			-36,9161	-25,6403	-26,7061
Κοζάνη			22,4916	6,268761	22,52029
Λαμία			-15,0869	-26,4226	-24,5382
Λάρισα			11,75704	-3,08012	-8,91635
Λεωνίδιο			-16,123	-41,783	-49,5662
Μύκονος			15,71906	-8,32373	-4,68455
Πύργος			125,068	81,85261	40,97133
Σούδα			-31,0009	-41,1609	-17,2653
Τρίκαλα Ημαθίας			-40,6747	-13,6945	5,5498
Τρίκαλα Θεσ/λίας			10,22164	-24,1862	-39,513
Τρίπολη			18,62136	13,93431	9,0062
Φλώρινα			9,735557	9,247109	3,774028
Χρυσούπολη			6,206439	-4,06503	12,67776

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας σφαλμάτων στις τιμές 5ετίας για όλους τους σταθμούς  
και όλες τις διάρκειες σε mm

<b>Σφάλμα (5) (mm)</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	2,112693	8,048407	17,56168	9,171263	-15,082
Αγχίαλος	1,63	13,89	10,3	-55,29	-33,08
Αλεξανδρούπολη	-9,03	-10,7	-6,28	-31,19	-23,36
Ελληνικό	-4,652	-3,31533	12,59371	16,35015	6,072845
Ηράκλειο	8,18672	11,99317	5,082943	12,2176	-3,92351
Ιωάννινα	-6,37406	-14,566	-5,59812	10,66259	8,322467
Καστοριά	8,713043	-6,18722	-2,96938	4,488828	11,09128
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	-10,0372	3,805482	3,709541	3,109541	-5,49233
Μυτιλήνη	28,43142	31,65645	17,71294	19,33685	4,306868
Σκύρος	14,34183	-0,65817	-19,9768	-7,12397	-24,4772
Τατόι	9,80029	7,202001	18,67515	-0,72485	-10,1798
Φιλαδέλφεια	-14,7152	2,556891	31,7812	37,91676	38,31268
Άρτα			-10,3739	-2,1808	-13,1189
Βέλο Κορινθίας			-10,0288	13,89511	21,71569
Ιεράπετρα			-3,27605	-1,54016	-14,8805
Καλαμάτα			34,18168	34,37286	20,57986
Κέρκυρα			-14,0323	39,24343	57,24402
Κοζάνη			0,615553	-9,82093	-5,77749
Λαμία			-41,0868	-25,7775	-34,6449
Λάρισα			0,098303	-4,72733	-6,31995
Λεωνίδιο			-27,8453	-51,1385	-69,0798
Μύκονος			-5,46809	-14,295	-16,5145
Πύργος			38,89491	59,86622	47,05543
Σούδα			-57,4538	-72,3089	-70,8407
Τρίκαλα Ημαθίας			-4,22274	-29,4593	-16,2762
Τρίκαλα Θεσ/λίας			-14,47	-4,41	7,49
Τρίπολη			25,85264	3,052644	11,99764
Φλώρινα			-2,15783	3,878174	2,105595
Χρυσούπολη			4,393603	3,643748	4,170744

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας σφαλμάτων 5ετίας ως ποσοστό (%) της αντίστοιχης επίγειας τιμής  
για όλους τους σταθμούς και τις διάρκειες

Σφάλμα (5) (%)	3h	6h	12h	24h	48h
Αγρίνιο	4,225385	13,15099	23,8286	9,329871	-12,0367
Αγχίαλος	4,116162	27,2888	16,69368	-43,4328	-25,9045
Αλεξανδρούπολη	-12,5069	-12,313	-7,12018	-27,7244	-18,25
Ελληνικό	-8,58302	-4,70928	13,11845	16,89065	4,913305
Ηράκλειο	19,72704	27,69785	8,659187	19,89837	-4,60506
Ιωάννινα	-12,3768	-23,5697	-7,94059	14,50692	9,414556
Καστοριά	28,474	-12,4491	-4,90807	7,182125	15,02884
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	-27,0544	8,400623	7,776816	6,437974	-8,35971
Μυτιλήνη	56,07776	60,52858	24,91272	25,88601	4,264225
Σκύρος	44,8182	-1,40037	-24,7544	-8,82772	-23,7412
Τατόι	19,6793	13,7181	27,22325	-0,82369	-10,1191
Φιλαδέλφεια	-27,05	4,091025	49,58065	59,15251	43,73593
Άρτα			-11,1548	-1,84501	-9,26474
Βέλο Κορινθίας			-13,2832	18,40411	26,84263
Ιεράπετρα			-4,56275	-1,89675	-14,8065
Καλαμάτα			51,94784	40,15521	20,60046
Κέρκυρα			-11,6258	32,21957	42,06027
Κοζάνη			1,709869	-19,1069	-11,0468
Λαμία			-43,0228	-23,1812	-27,2366
Λάρισα			0,155298	-5,57468	-6,4358
Λεωνίδιο			-21,3538	-30,0108	-32,7859
Μύκονος			-8,8053	-17,9585	-15,8185
Πύργος			59,02111	73,90892	46,26886
Σούδα			-46,3337	-41,2251	-40,023
Τρίκαλα Ημαθίας			-7,03789	-29,1388	-15,8175
Τρίκαλα Θεσ/λίας			-19,3191	-5,77982	9,024096
Τρίπολη			50,10202	4,103016	15,44098
Φλώρινα			-4,88197	6,517939	2,696025
Χρυσούπολη			5,345016	3,876328	4,255861

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας μέσων σφαλμάτων για όλους τους σταθμούς  
και τις διάρκειες σε mm

<b>Μέσο Σφάλμα (mm)</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	8,165331	6,772016	6,863613	-0,47142	-11,7201
Αγχίαλος	-2,601	5,481	6,39	-12,21	-8,096
Αλεξανδρούπολη	13,411	13,55	11,97	5,176	3,452
Ελληνικό	-0,32471	2,105528	2,92286	-3,85978	0,959637
Ηράκλειο	3,029016	3,012972	0,070533	3,018445	-8,98615
Ιωάννινα	-3,43988	-4,07018	-1,02612	4,825573	-0,92835
Καστοριά	6,771369	4,236935	4,776687	5,540895	5,590571
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	-1,42385	0,731698	3,341482	-1,26254	2,838965
Μυτιλήνη	7,725216	7,827073	6,18809	2,435613	-0,67713
Σκύρος	6,776876	8,076734	4,486142	6,978747	-1,6426
Τατόι	2,958058	8,446821	9,555349	0,363085	2,157644
Φιλαδέλφεια	-2,26153	0,81955	4,281184	8,20821	10,52609
Άρτα			0,954145	-6,28582	-0,58453
Βέλο Κορινθίας			3,681022	5,207392	6,460165
Ιεράπετρα			0,176442	2,577052	0,827823
Καλαμάτα			14,32511	10,92398	5,858024
Κέρκυρα			2,405993	12,11099	19,48586
Κοζάνη			0,940551	-0,40935	-0,6081
Λαμία			-1,14939	-0,55437	-3,2789
Λάρισα			1,204686	3,396052	4,713353
Λεωνίδιο			4,01626	-2,57319	-28,2664
Μύκονος			7,396204	1,334989	1,215426
Πύργος			13,72265	19,69543	16,37742
Σούδα			-19,7016	-26,7451	-30,656
Τρίκαλα Ημαθίας			-2,78899	-14,3806	-10,1984
Τρίκαλα Θεσ/λίας			3,771	-0,297	-2,863
Τρίπολη			16,89482	9,827008	8,958144
Φλώρινα			2,265883	2,450836	-0,03579
Χρυσούπολη			3,062038	-0,41911	0,614336

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας μέσων σφαλμάτων ως ποσοστά (%) του αντίστοιχου μέσου όρου επιγείων  
μεγίστων τιμών για όλους τους σταθμούς και τις διάρκειες

<b>Μέσο Σφάλμα (%)</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	20,51075	14,13192	11,88916	-0,68381	-13,0688
Αγχίαλος	-6,66752	12,16108	12,26252	-17,9532	-10,4222
Αλεξανδρούπολη	37,98074	30,45704	24,21117	9,312702	4,897149
Ελληνικό	-0,77962	4,018184	4,401898	-5,68033	1,181527
Ηράκλειο	10,17472	8,261509	0,147898	5,901163	-12,3827
Ιωάννινα	-9,79744	-9,40431	-1,92518	7,807108	-1,17752
Καστοριά	28,69224	13,39107	11,30309	12,1245	9,861653
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	-5,09063	2,190712	9,172335	-3,13987	6,282287
Μυτιλήνη	18,75508	16,89418	10,00661	4,028471	-0,85109
Σκύρος	28,0616	26,7353	10,71445	16,22587	-2,62479
Τατόι	9,704915	24,90219	21,52106	0,73948	3,873688
Φιλαδέλφεια	-5,96239	1,799627	7,542607	14,93216	15,38453
Άρτα			1,3974	-6,34034	-0,49166
Βέλο Κορινθίας			7,409464	8,718219	9,491868
Ιεράπετρα			0,357243	4,242061	1,234084
Καλαμάτα			27,39551	15,75196	6,986314
Κέρκυρα			2,890776	12,22838	16,77213
Κοζάνη			3,578961	-1,1709	-1,53366
Λαμία			-2,25459	-0,85485	-4,24124
Λάρισα			2,584054	6,005397	7,149027
Λεωνίδιο			6,109929	-2,9419	-23,4123
Μύκονος			16,04383	2,234666	1,785815
Πύργος			27,22207	29,65732	19,78188
Σούδα			-23,7112	-23,9651	-23,9837
Τρίκαλα Ημαθίας			-6,14993	-20,579	-12,5226
Τρίκαλα Θεσ/λίας			8,324503	-0,49156	-3,59402
Τρίπολη			46,00987	19,45172	15,30783
Φλώρινα			7,725479	6,038029	-0,07206
Χρυσούπολη			5,337351	-0,58518	0,756479



Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

Πίνακας μέσων απόλυτων σφαλμάτων για όλους τους σταθμούς  
και τις διάρκειες σε mm

<b>Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (mm)</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	8,165331	6,772016	6,863613	6,027258	12,71581
Αγχιάλος	9,009	18,631	20,458	15,996	12,42
Αλεξανδρούπολη	16,257	17,333	14,766	15,246	12,892
Ελληνικό	4,260724	5,799833	7,251783	13,01463	9,59468
Ηράκλειο	4,42703	4,470854	4,002066	7,611416	17,11905
Ιωάννινα	4,131692	5,754903	4,867947	8,577801	5,761955
Καστοριά	8,262752	8,339654	6,198087	5,899366	6,212153
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	7,169978	5,398207	7,713167	6,333013	6,644372
Μυτιλήνη	11,83052	15,20158	12,06965	11,7535	9,976018
Σκύρος	6,776876	9,171566	12,7148	8,237216	6,762649
Τατόι	4,446683	8,446821	9,555349	22,87771	10,17978
Φιλαδέλφεια	6,422292	3,26806	9,415437	12,04092	12,36505
Άρτα			5,426129	7,339004	7,316909
Βέλο Κορινθίας			6,198907	8,743822	10,73618
Ιεράπετρα			10,43191	7,725949	8,729552
Καλαμάτα			15,65106	13,98943	7,803827
Κέρκυρα			22,80469	24,38241	34,249
Κοζάνη			2,369695	5,237143	5,29628
Λαμία			12,97788	13,70919	12,82899
Λάρισα			4,210199	4,925509	7,903276
Λεωνίδιο			16,58525	41,57758	48,74044
Μύκονος			8,489822	6,915139	8,245298
Πύργος			16,2812	20,94534	19,74281
Σούδα			23,22636	26,74509	30,65602
Τρίκαλα Ημαθίας			9,526294	14,51536	11,35276
Τρίκαλα Θεσ/λίας			6,791	7,871	11,093
Τρίπολη			16,98132	11,42298	11,72708
Φλώρινα			3,880546	3,454317	2,82496
Χρυσούπολη			5,364916	3,884506	5,512786

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

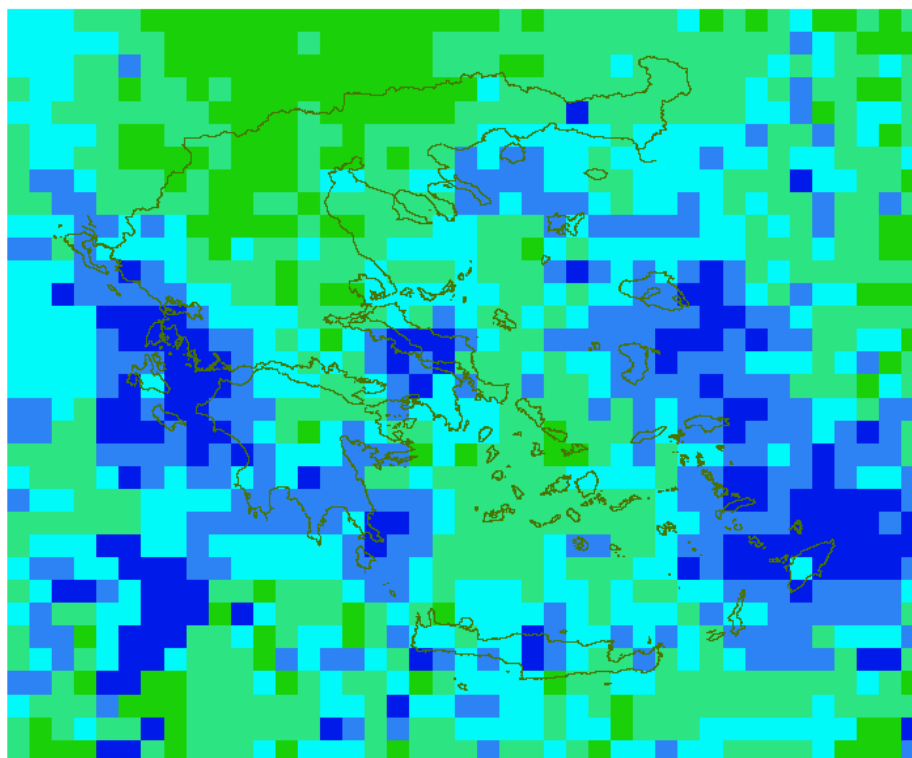
Πίνακας μέσων απόλυτων σφαλμάτων ως ποσοστά (%) του αντίστοιχου μέσου όρου επιγείων μεγίστων τιμών για όλους τους σταθμούς και τις διάρκειες

<b>Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (%)</b>	<b>3h</b>	<b>6h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>
Αγρίνιο	20,51075	14,13192	11,88916	8,742758	14,17909
Αγχίαλος	23,09408	41,33792	39,25926	23,52007	15,98867
Αλεξανδρούπολη	46,04078	38,96029	29,8665	27,43073	18,28912
Ελληνικό	10,22983	11,06838	10,92136	19,15325	11,8132
Ηράκλειο	14,87077	12,25899	8,391835	14,88058	23,5897
Ιωάννινα	11,76785	13,29691	9,133109	13,87769	7,308415
Καστοριά	35,01166	26,35795	14,66656	12,9089	10,95811
Μίκρα (Θεσ/νίκη)	25,63453	16,1623	21,17257	15,74984	14,70319
Μυτιλήνη	28,72182	32,81154	19,51754	19,44012	12,53899
Σκύρος	28,0616	30,35937	30,36733	19,15186	10,80641
Τατόι	14,58885	24,90219	21,52106	46,59411	18,27609
Φιλαδέλφεια	16,93196	7,176242	16,58816	21,90453	18,07228
Άρτα			7,946879	7,402666	6,154352
Βέλο Κορινθίας			12,47767	14,63891	15,77458
Ιεράπετρα			21,1215	12,71761	13,01364
Καλαμάτα			29,93127	20,17221	9,306889
Κέρκυρα			27,3996	24,61875	29,47925
Κοζάνη			9,017105	14,98039	13,35758
Λαμία			25,4568	21,13984	16,59422
Λάρισα			9,030885	8,710008	11,98738
Λεωνίδιο			25,23111	47,53534	40,37032
Μύκονος			18,4161	11,57539	12,11475
Πύργος			32,29756	31,53944	23,84686
Σούδα			27,95325	23,96513	23,98374
Τρίκαλα Ημαθίας			21,00616	20,77184	13,94003
Τρίκαλα Θεσ/λίας			14,99117	13,02714	13,92543
Τρίπολη			46,24542	22,61081	20,03945
Φλώρινα			13,23064	8,510267	5,687457
Χρυσούπολη			9,351431	5,423773	6,78831

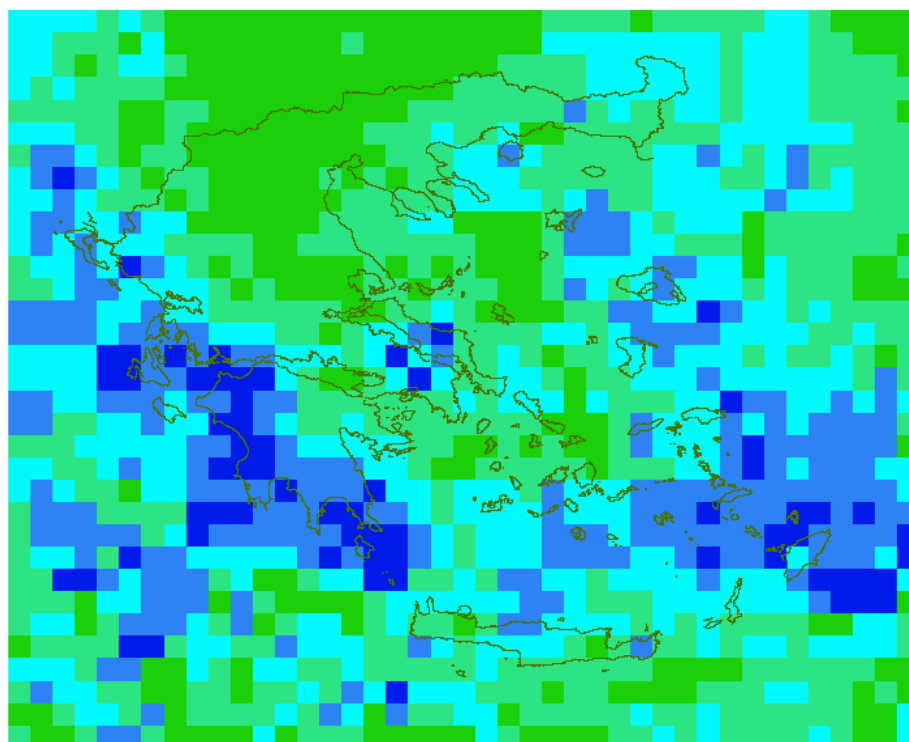
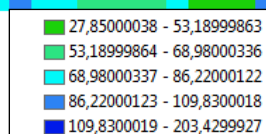
**Γ. ΧΑΡΤΕΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ**



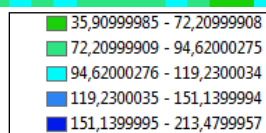
**ΧΑΡΤΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

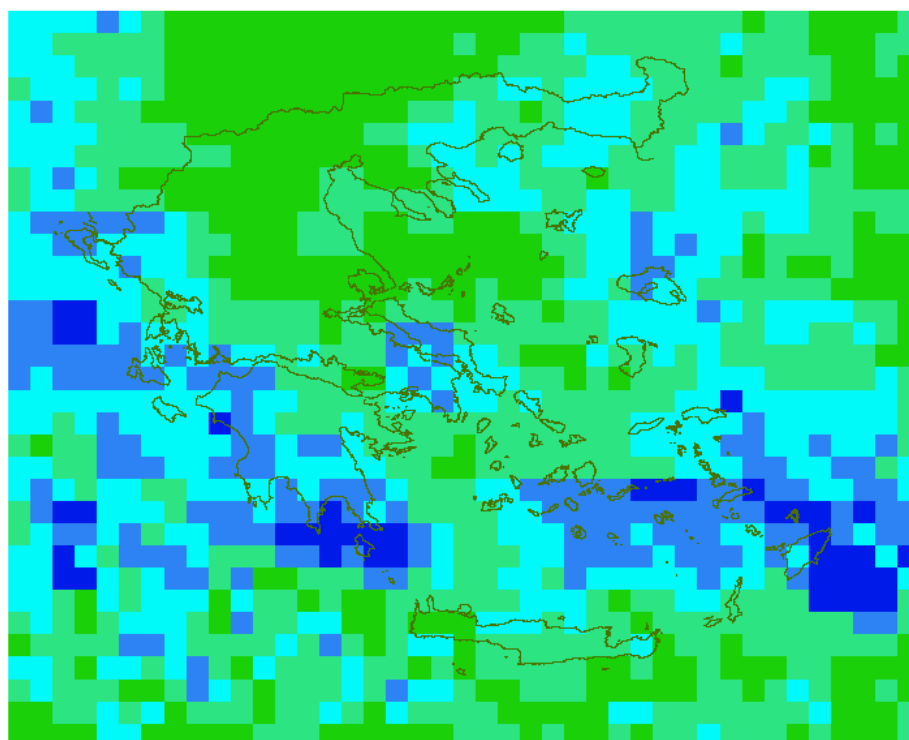


Χάρτης μεγίστων **3ωρων 10ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.

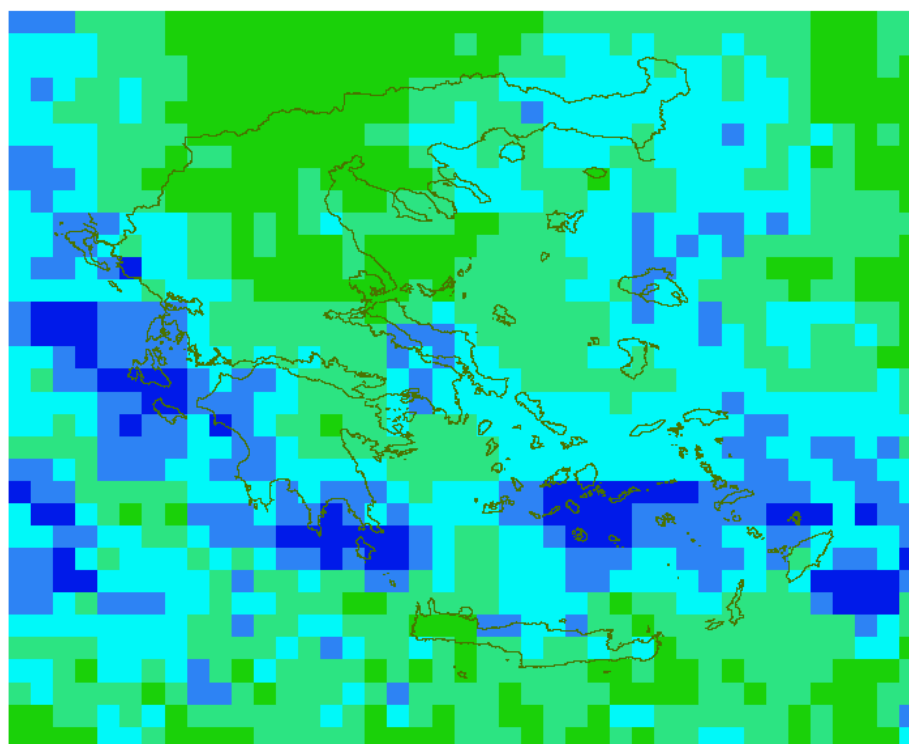
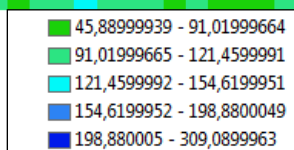


Χάρτης μεγίστων **6ωρων 10ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.

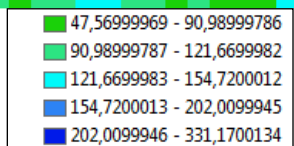


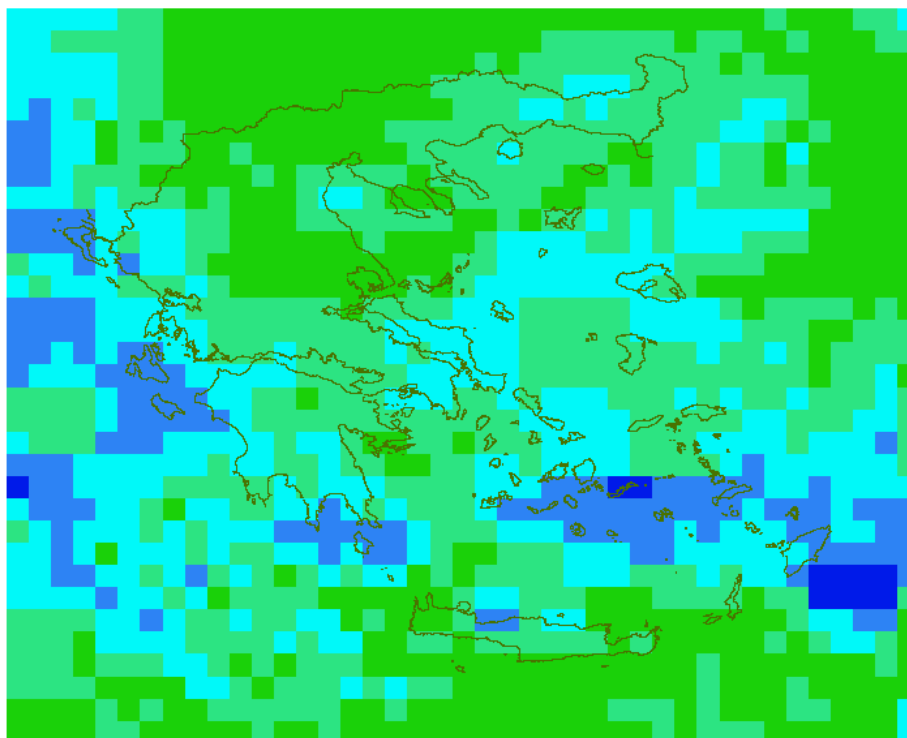


Χάρτης μεγίστων **12ωρων 10ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.



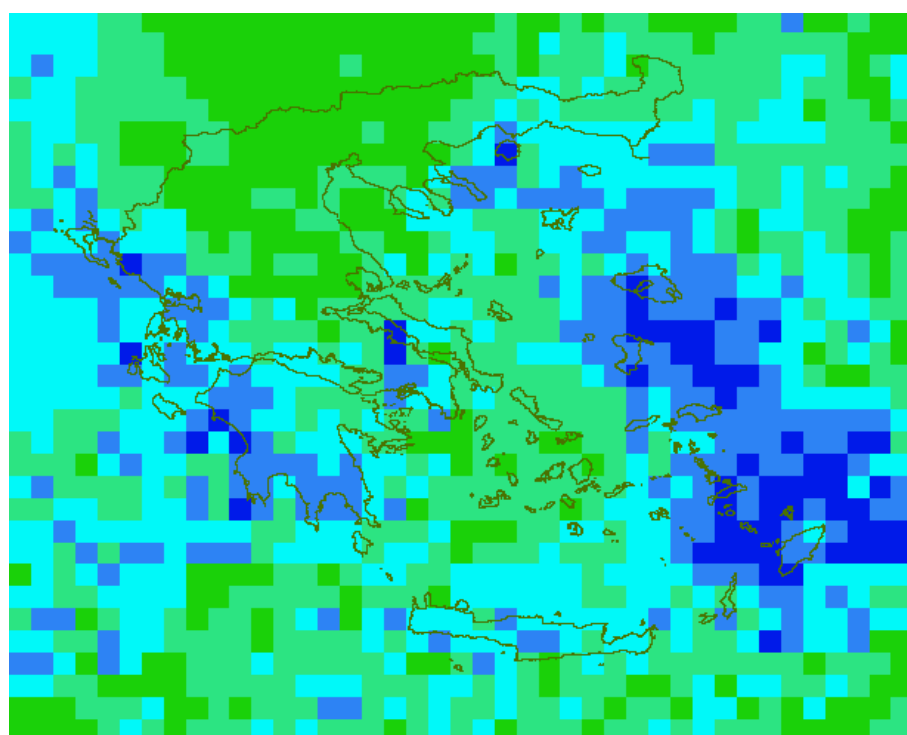
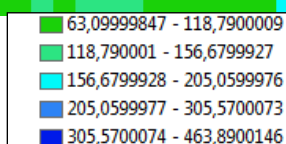
Χάρτης μεγίστων **24ωρων 10ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.





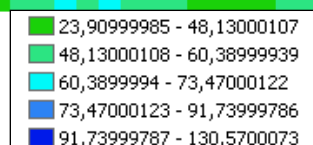
Χάρτης μεγίστων **48ωρων 10ετίας**

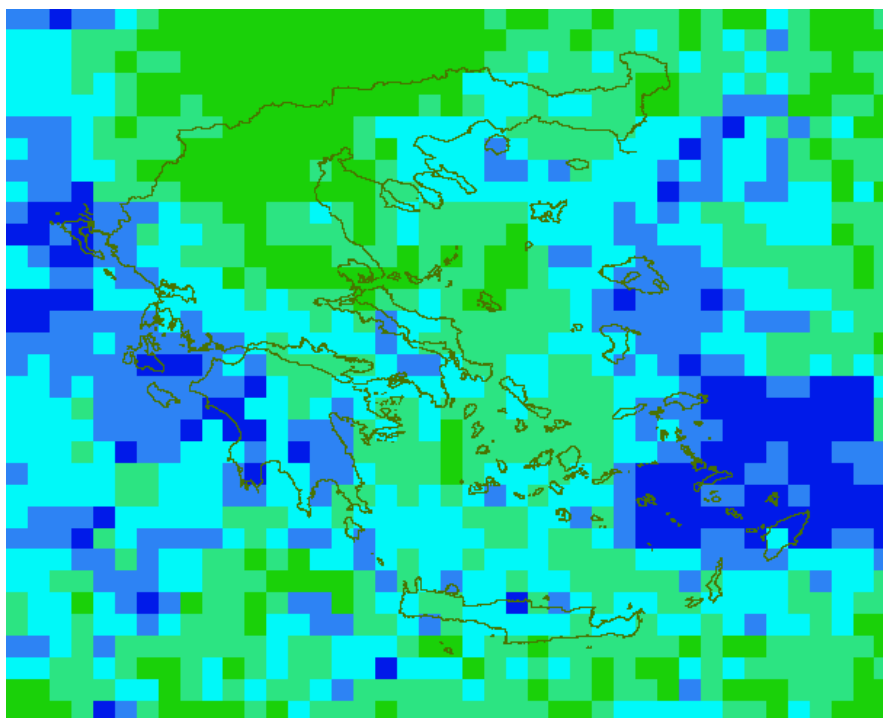
δορυφορικών δεδομένων σε mm.



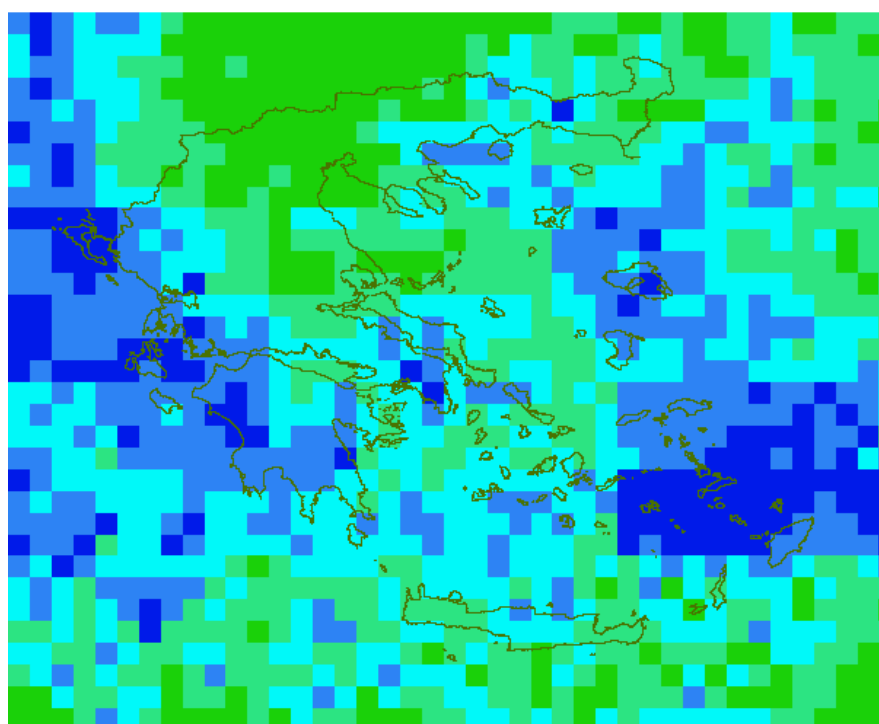
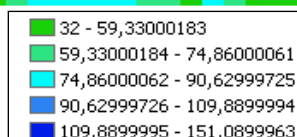
Χάρτης μεγίστων **3ωρων 5ετίας**

δορυφορικών δεδομένων σε mm.

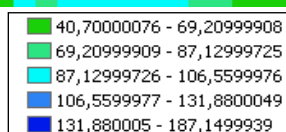




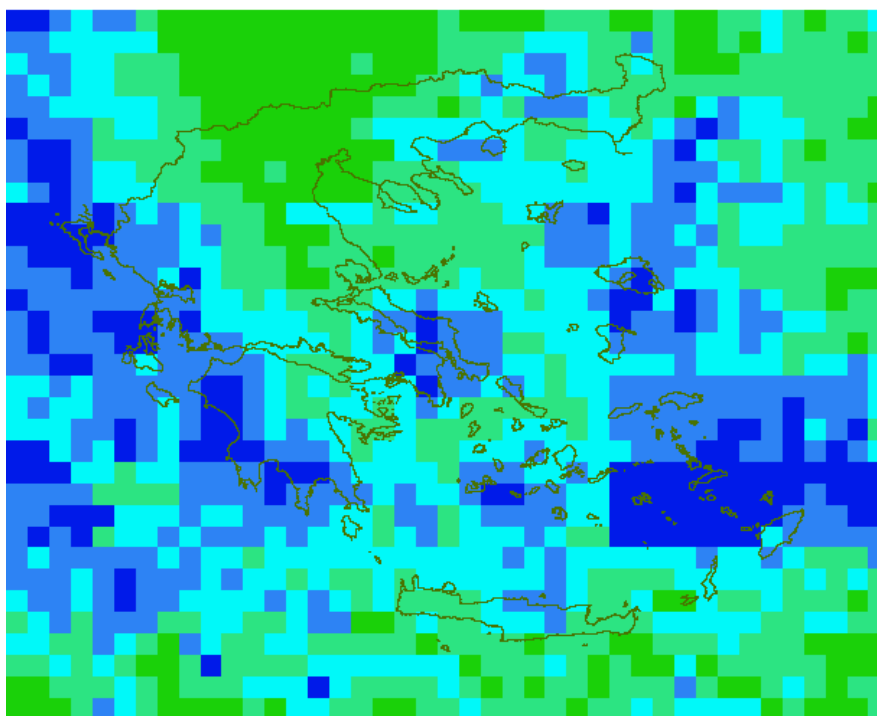
Χάρτης μεγίστων **6ωρων 5ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.



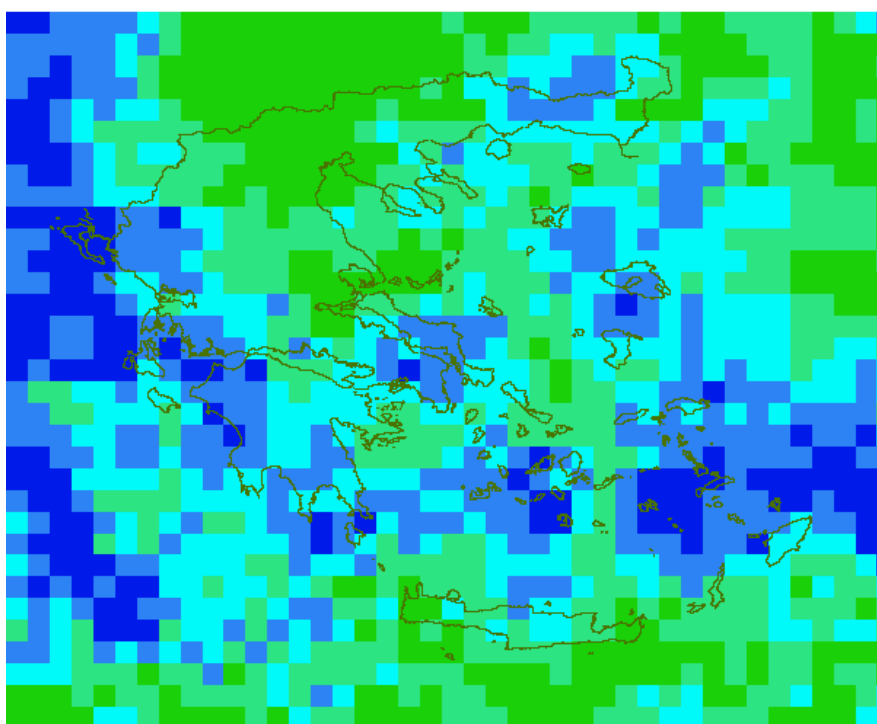
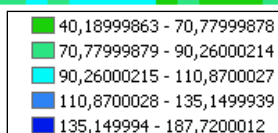
Χάρτης μεγίστων **12ωρων 5ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.



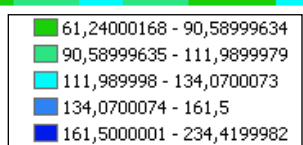




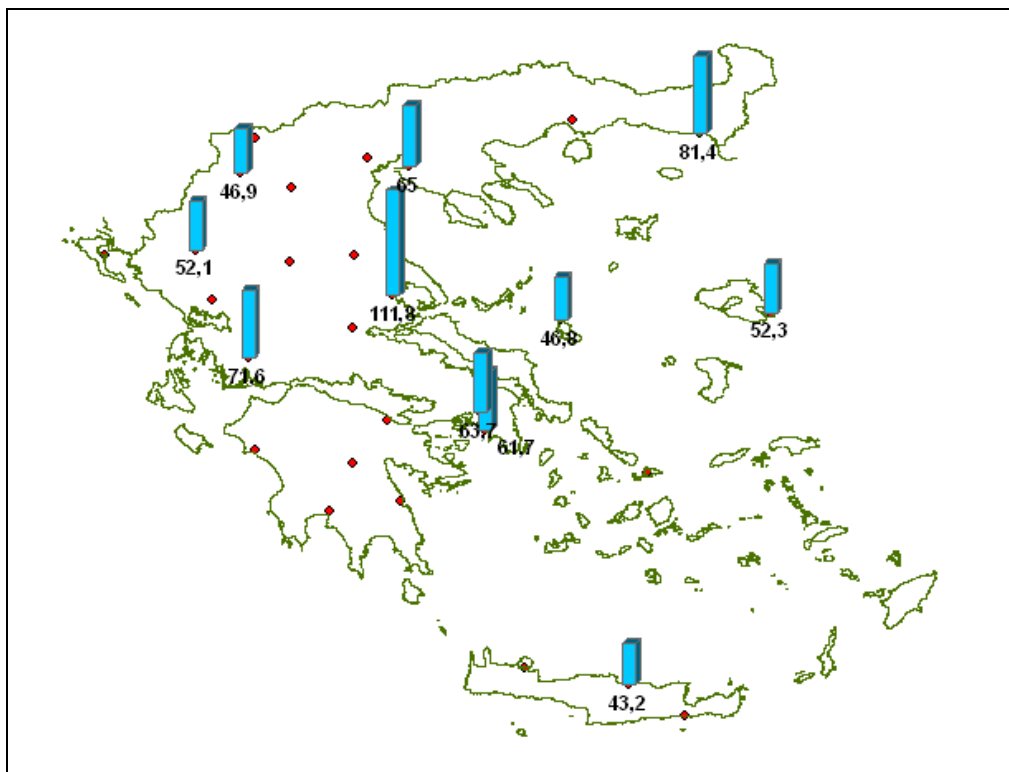
Χάρτης μεγίστων **24ωρων 5ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.



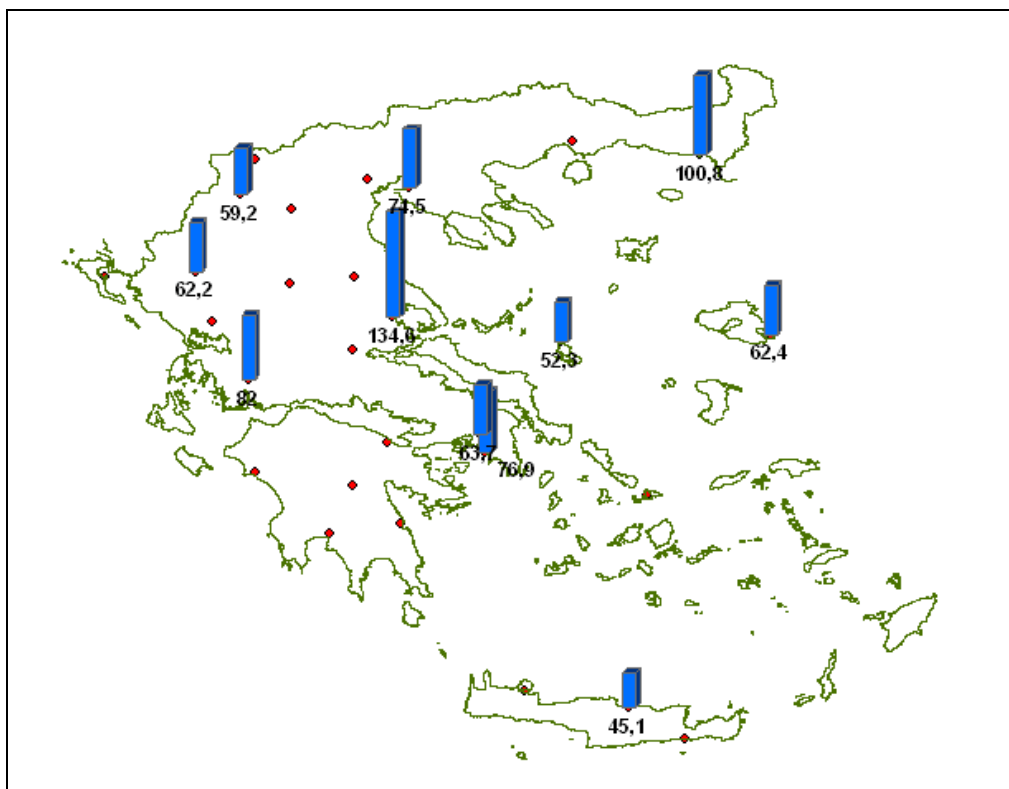
Χάρτης μεγίστων **48ωρων 5ετίας**  
δορυφορικών δεδομένων σε mm.



**ΧΑΡΤΕΣ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ**

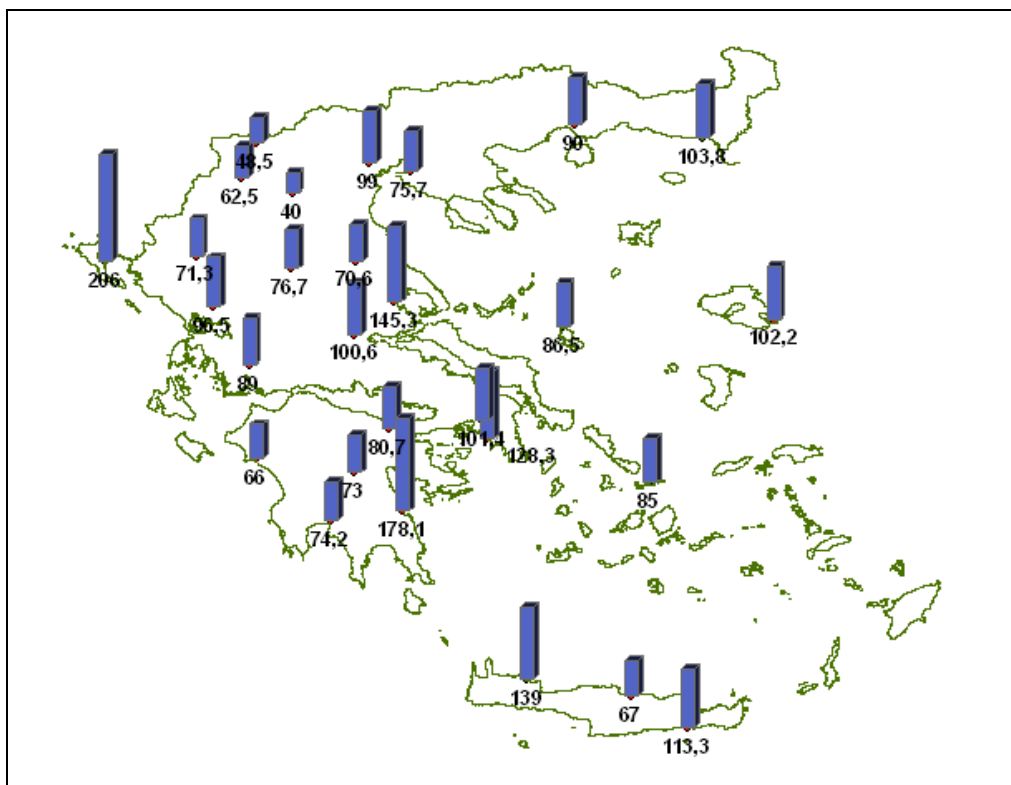


Χάρτης μεγίστων **3ωρον 10ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> ομάδα σταθμών EMY)

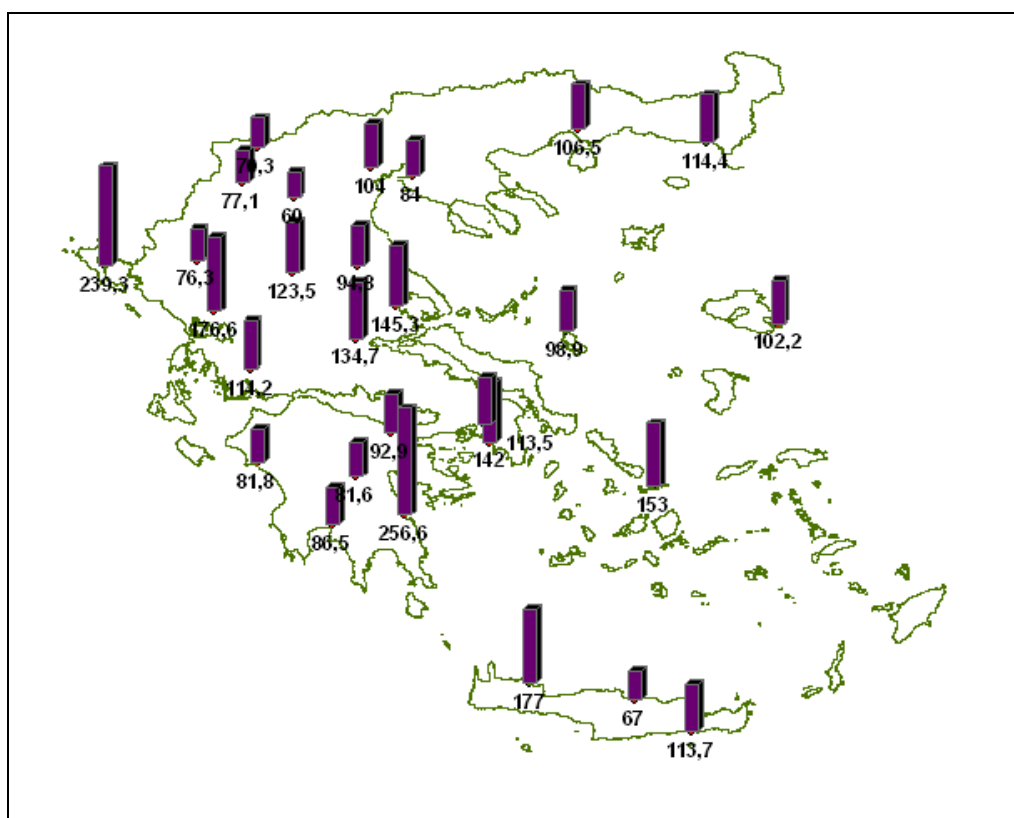


Χάρτης μεγίστων **6ωρον 10ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> ομάδα σταθμών EMY)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

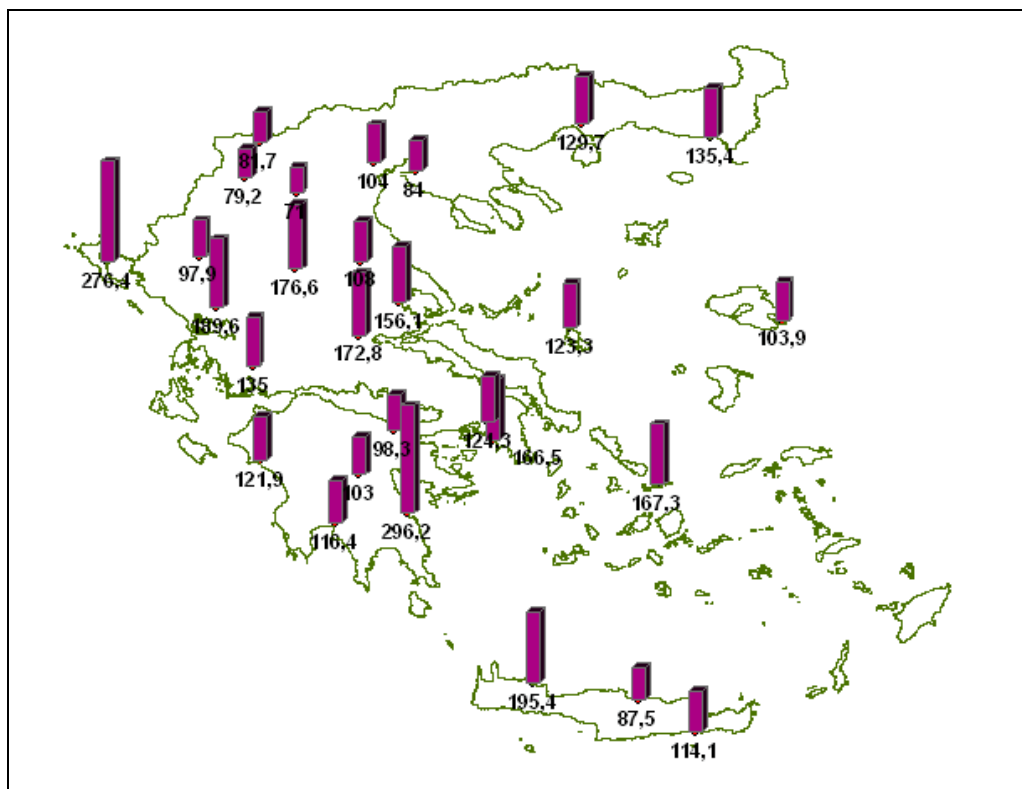


Χάρτης μεγίστων **12ωρων 10ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)

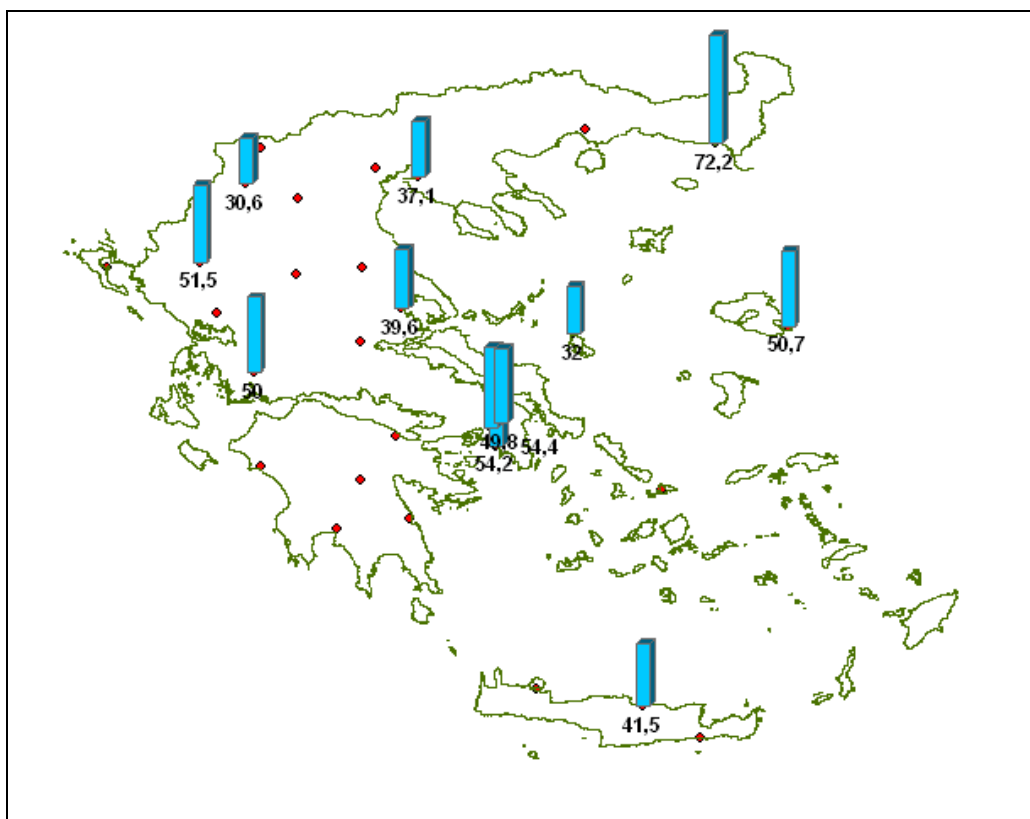


Χάρτης μεγίστων **24ωρων 10ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

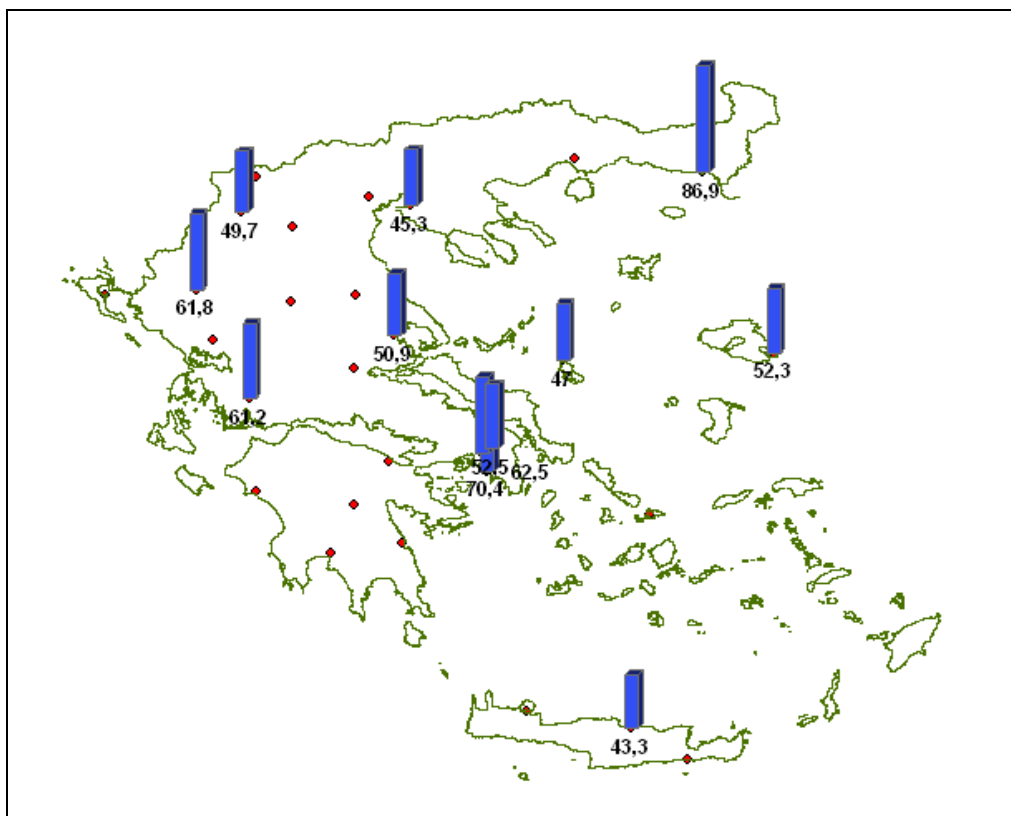


Χάρτης μεγίστων **48ωρων 10ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)

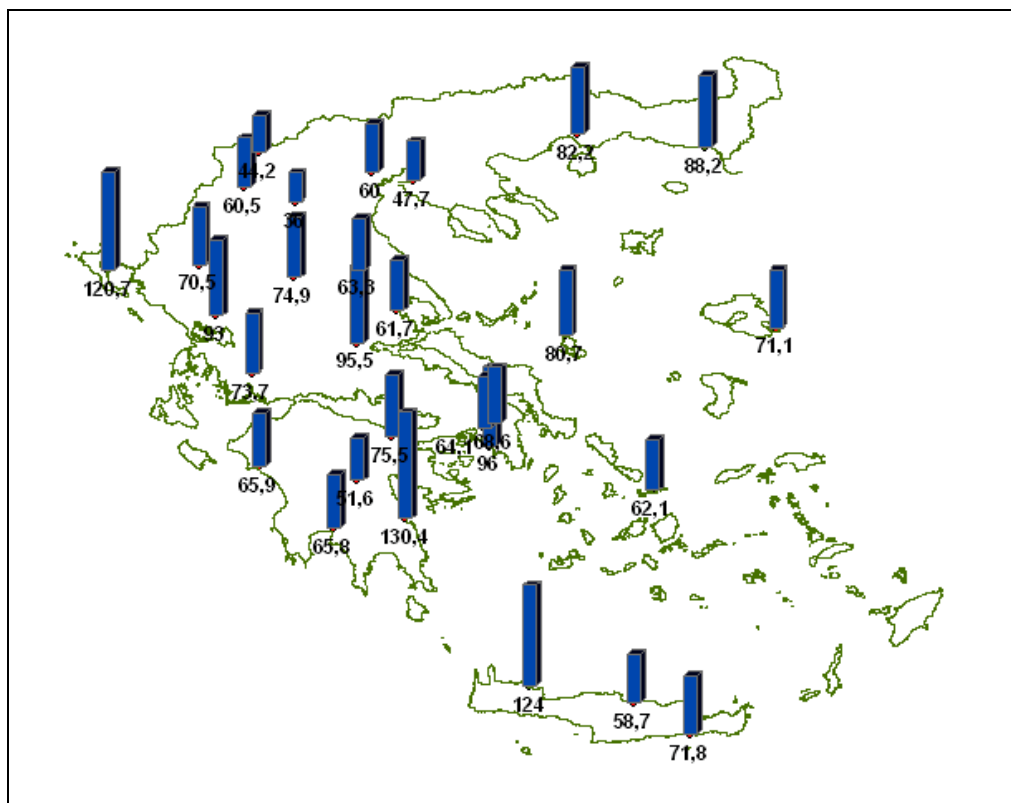


Χάρτης μεγίστων **3ωρων 5ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

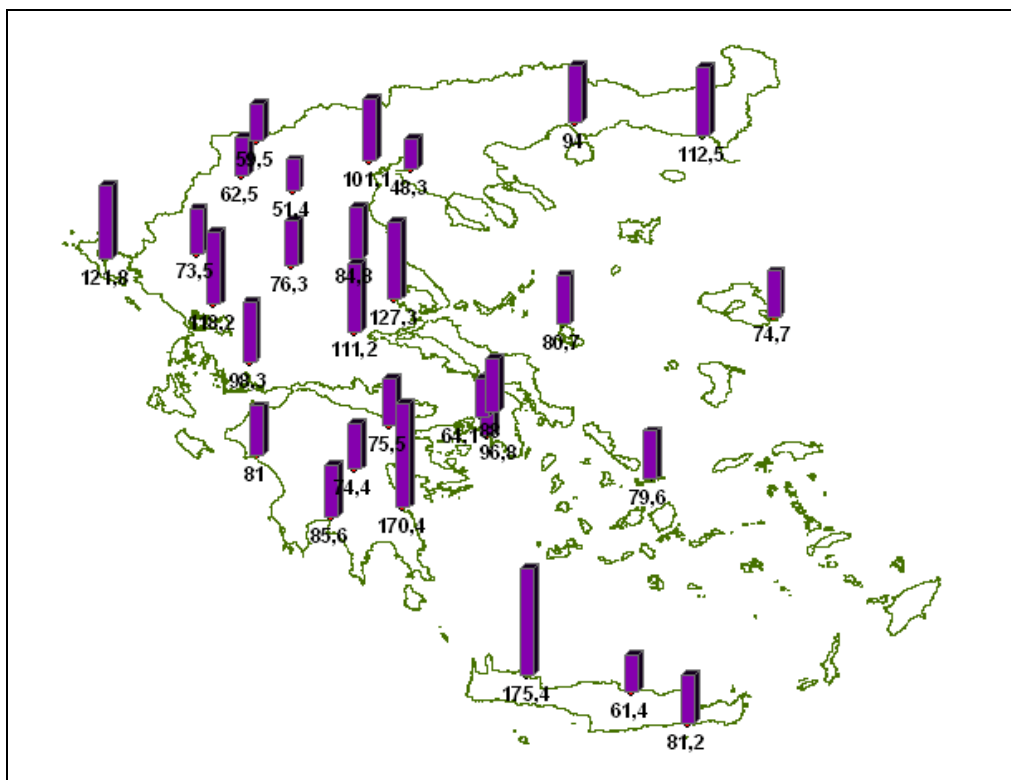


Χάρτης μεγίστων **6ωρων 5ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)

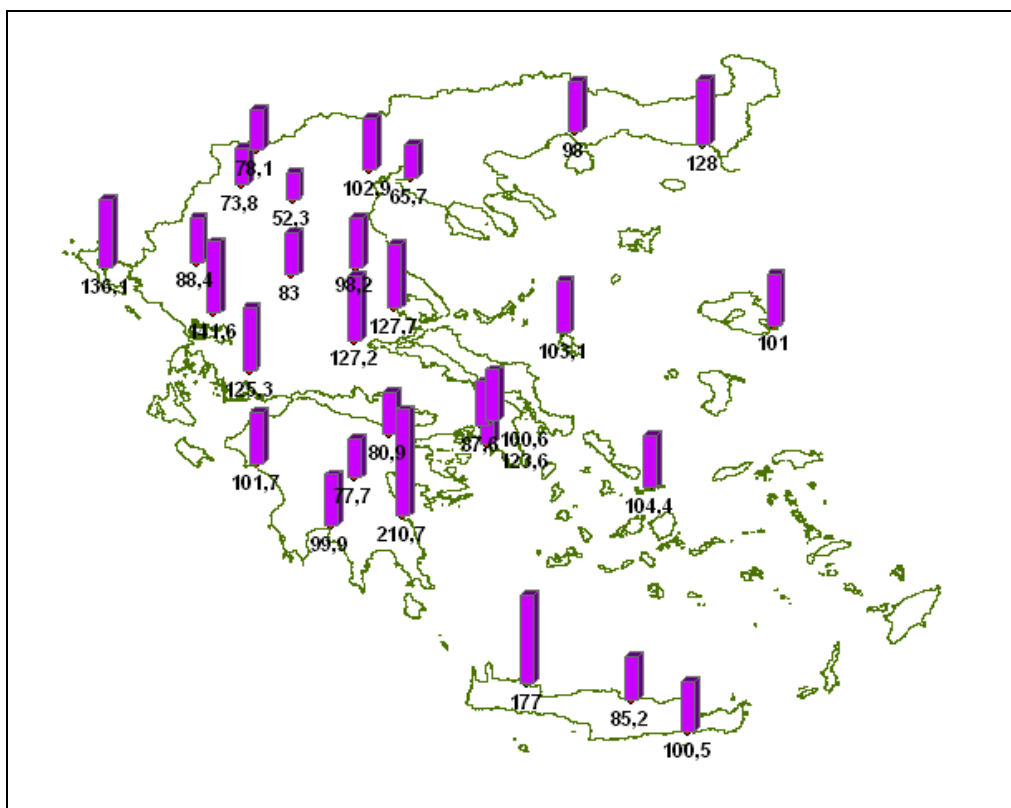


Χάρτης μεγίστων **12ωρων 5ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών ΕΜΥ)

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

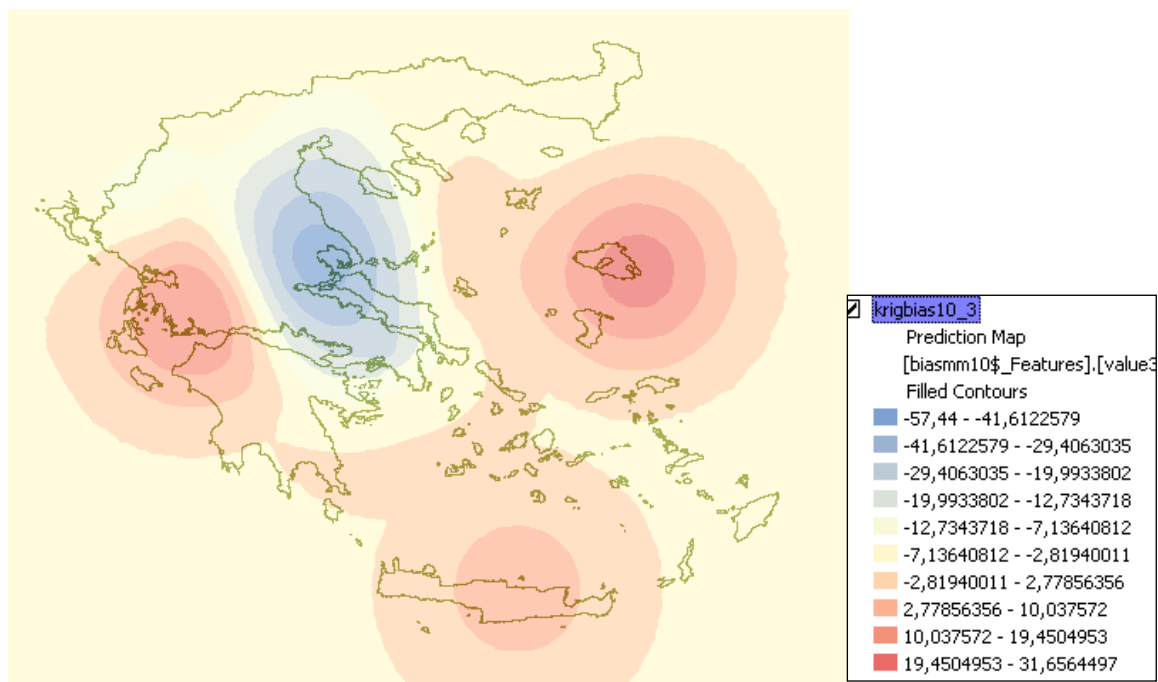


Χάρτης μεγίστων **24ωρων 5ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών EMY)

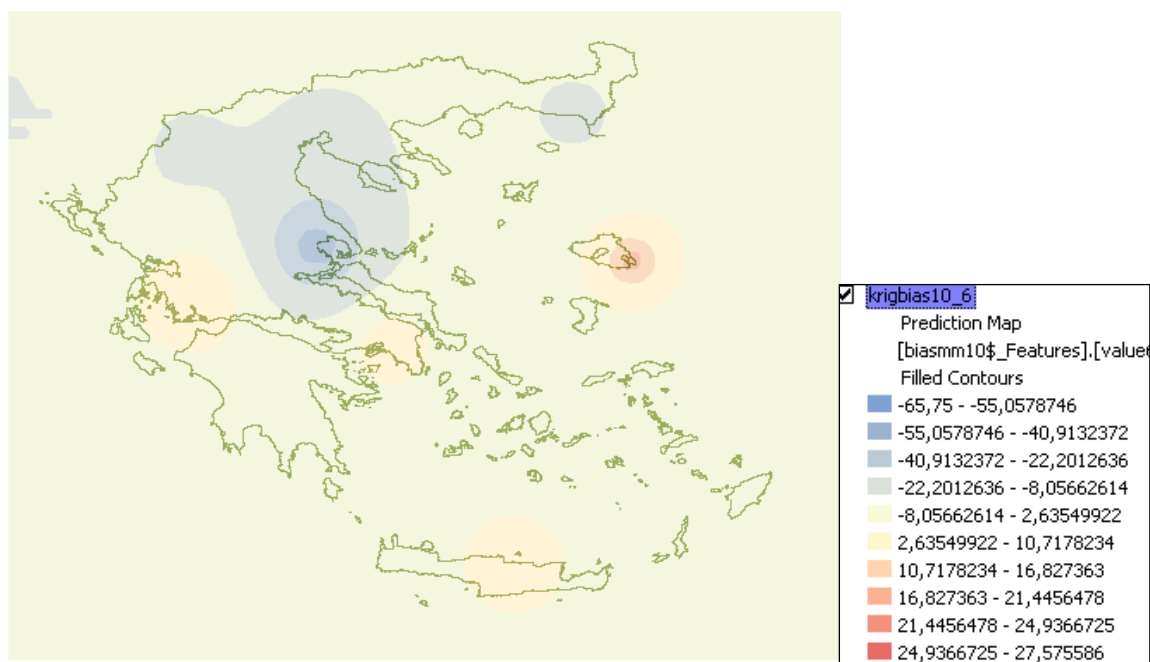


Χάρτης μεγίστων **48ωρων 5ετίας** επιγείων δεδομένων σε mm  
(1<sup>η</sup> & 2<sup>η</sup> ομάδα σταθμών EMY)

**ΧΑΡΤΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ**

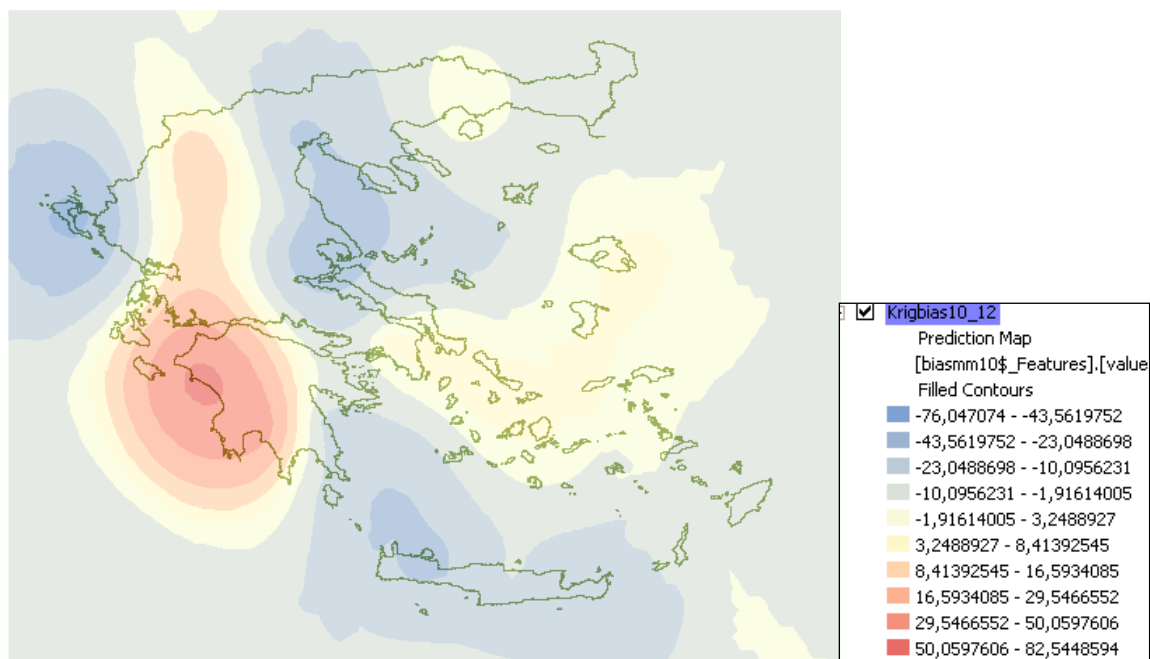


Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **3 ωρών 10ετίας** σε mm.

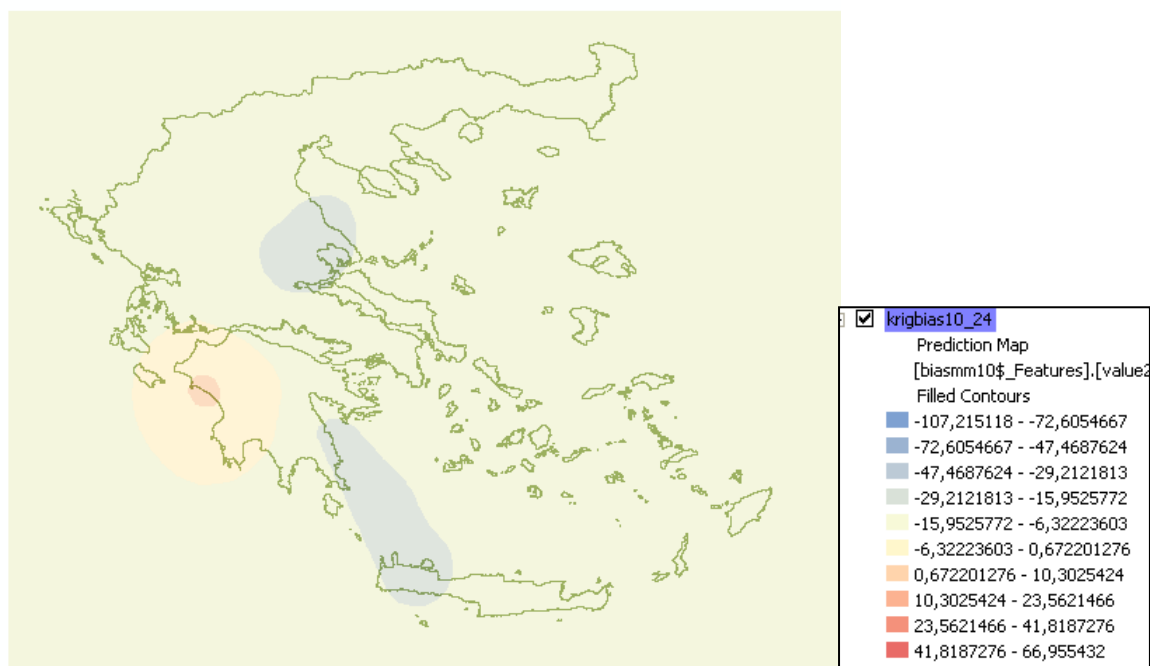


Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **6 ωρών 10ετίας** σε mm.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



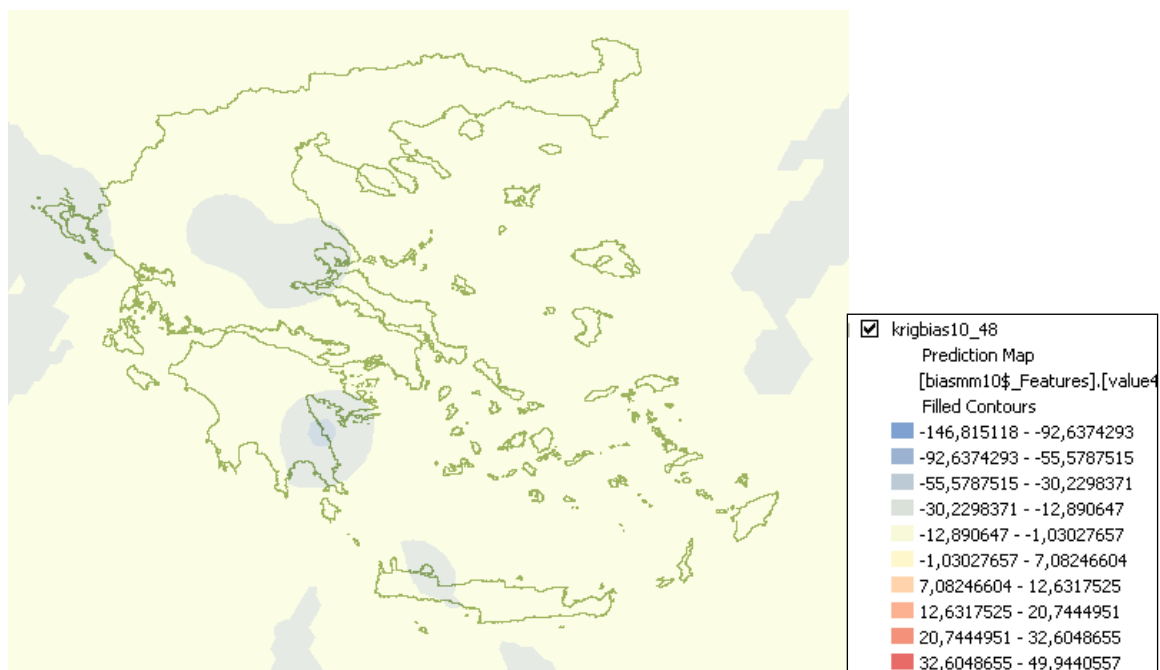
Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **12 ωρών 10ετίας** σε mm.



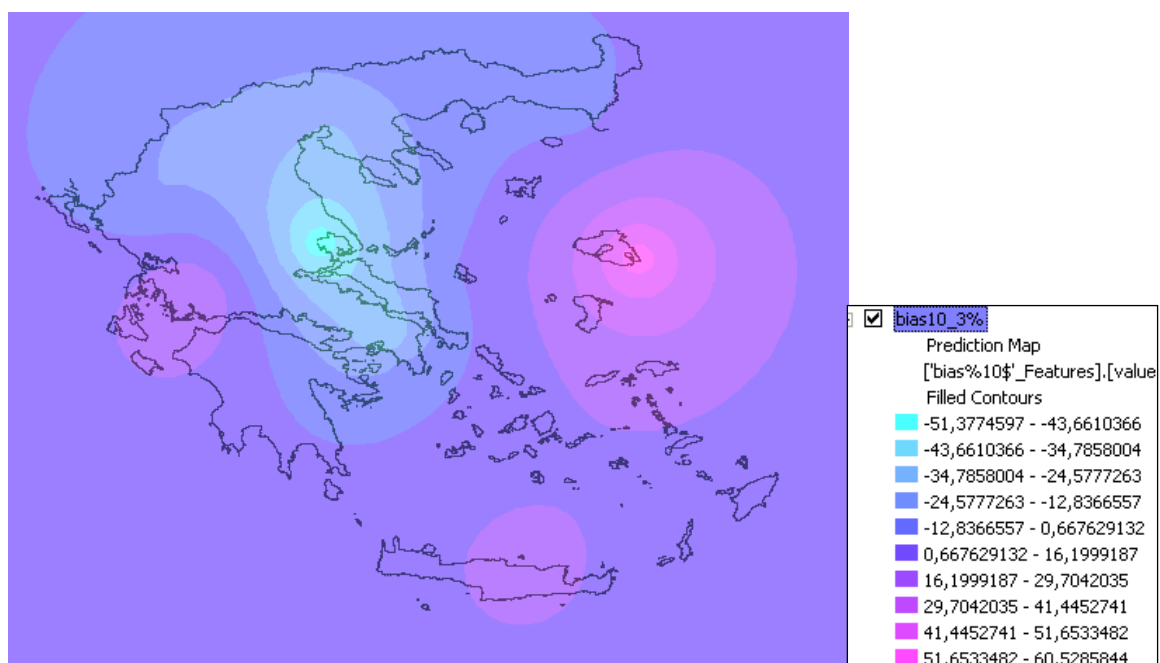
Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **24 ωρών 10ετίας** σε mm.



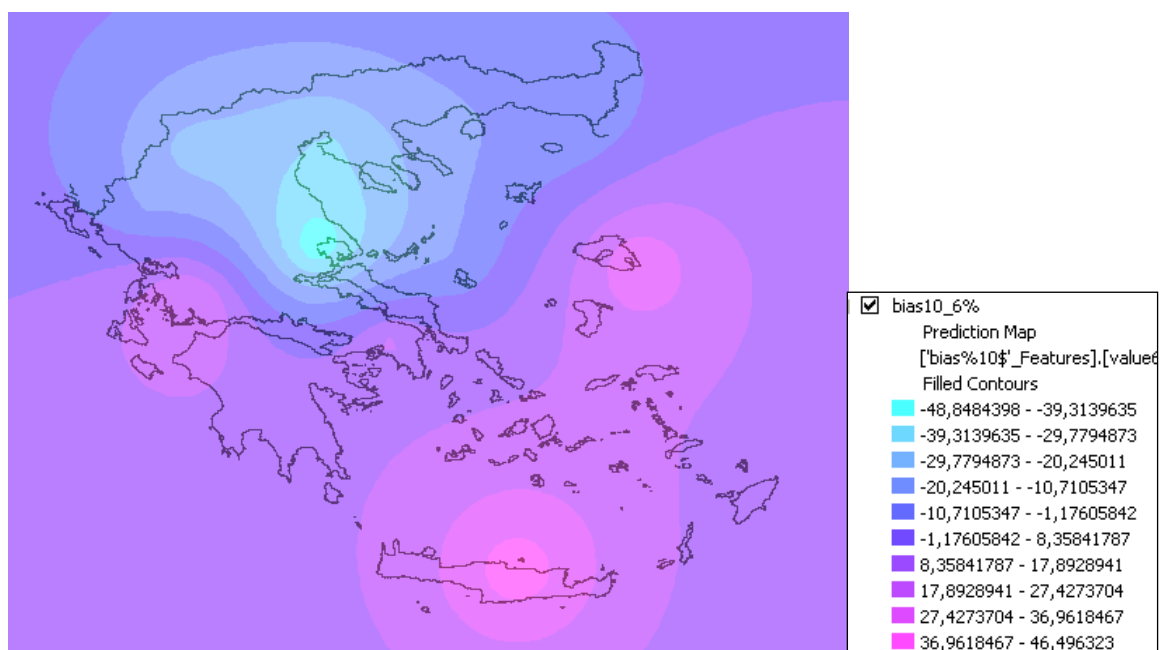
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



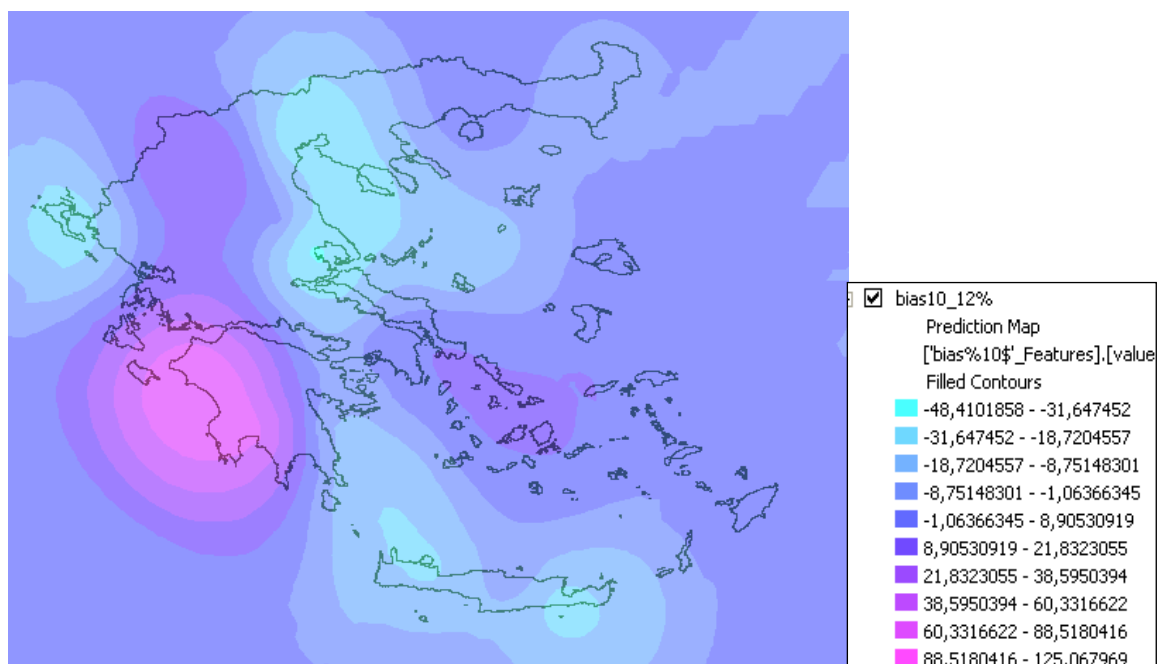
Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **48 ωρών 10ετίας** σε mm.



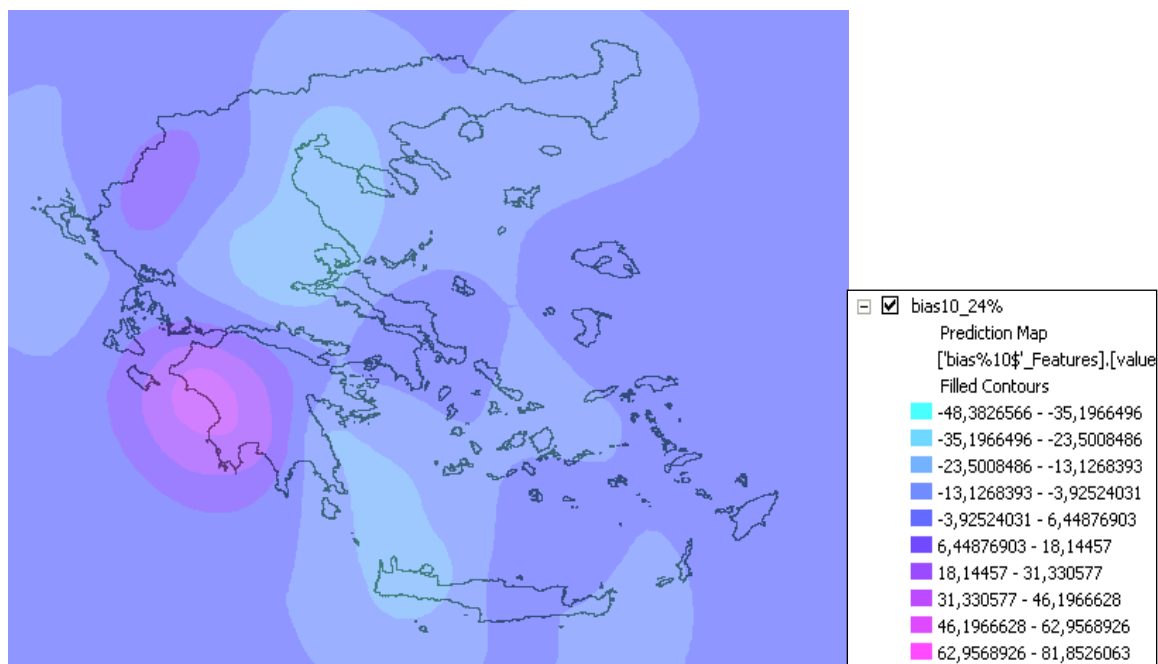
Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **3 ωρών 10ετίας**.



Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **6 ωρών 10ετίας**.



Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **12 ωρών 10ετίας**.

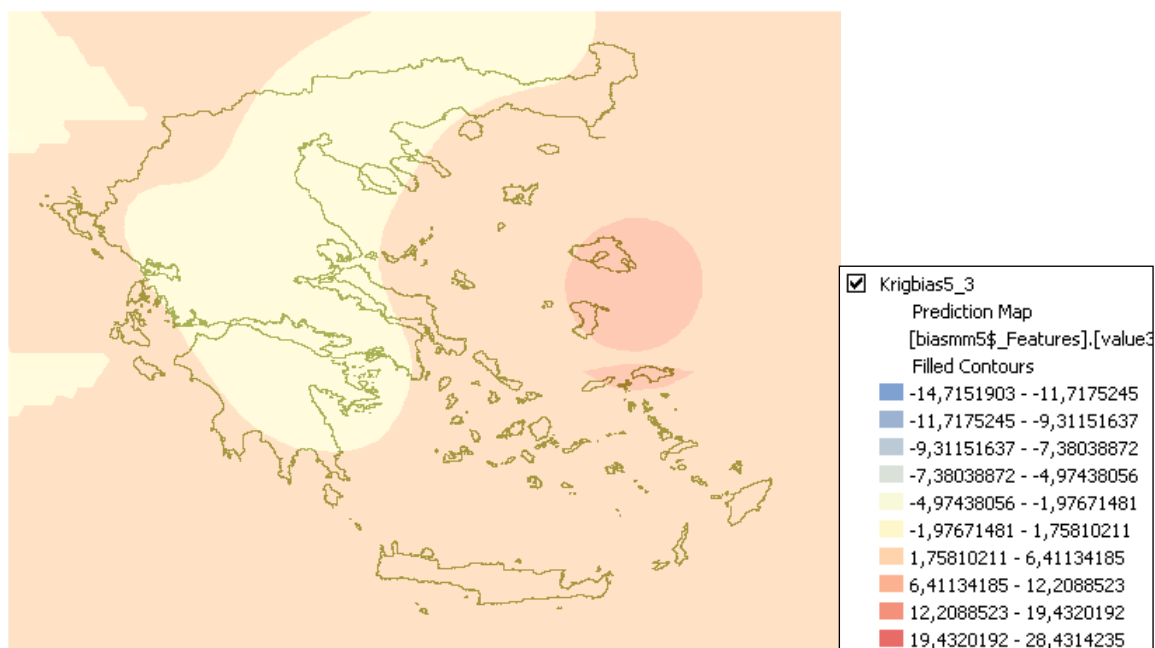


Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **24** ωρών **10ετίας**.

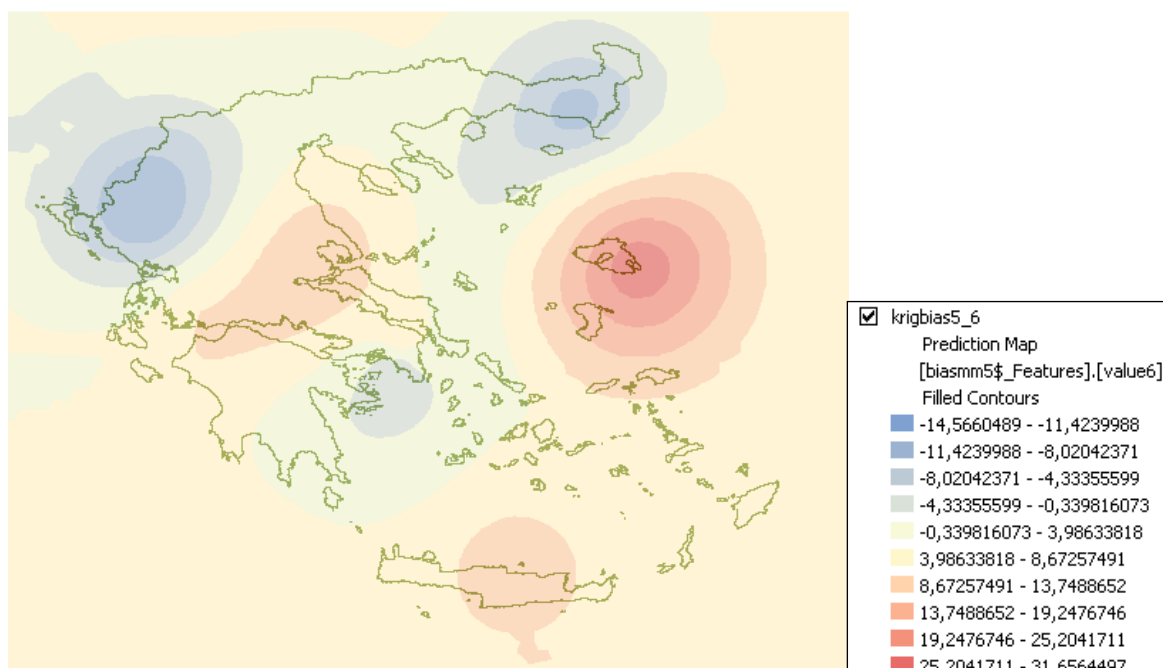


Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **48** ωρών **10ετίας**.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

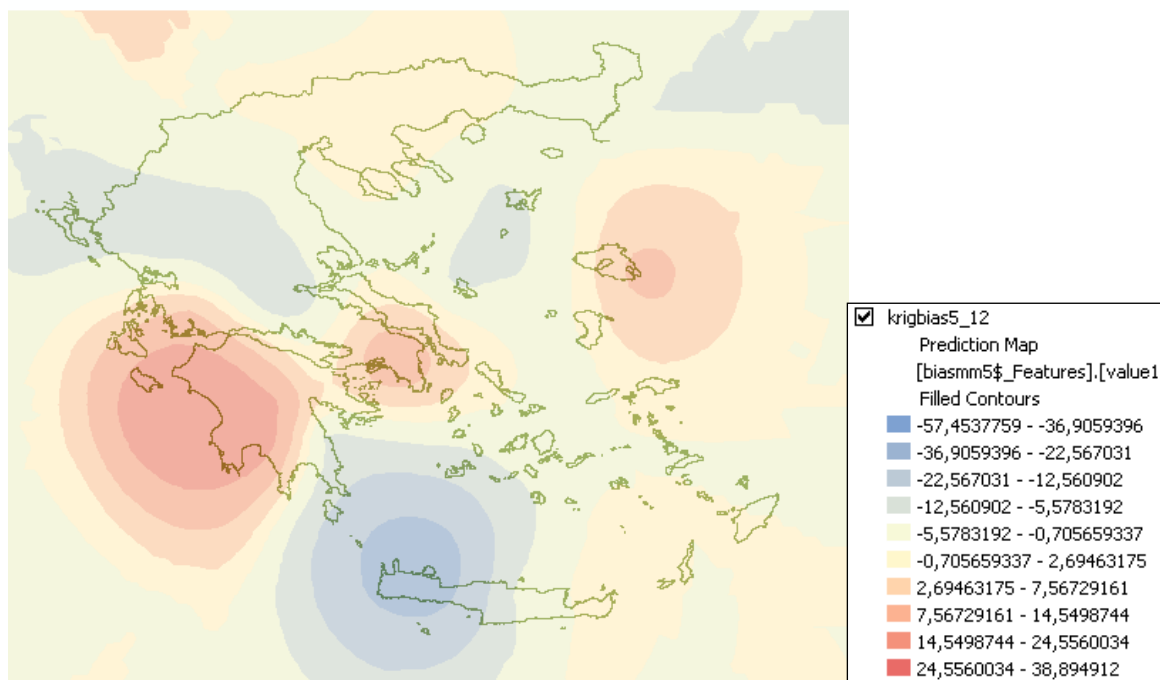


Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **3 ωρών 5ετίας** σε mm.

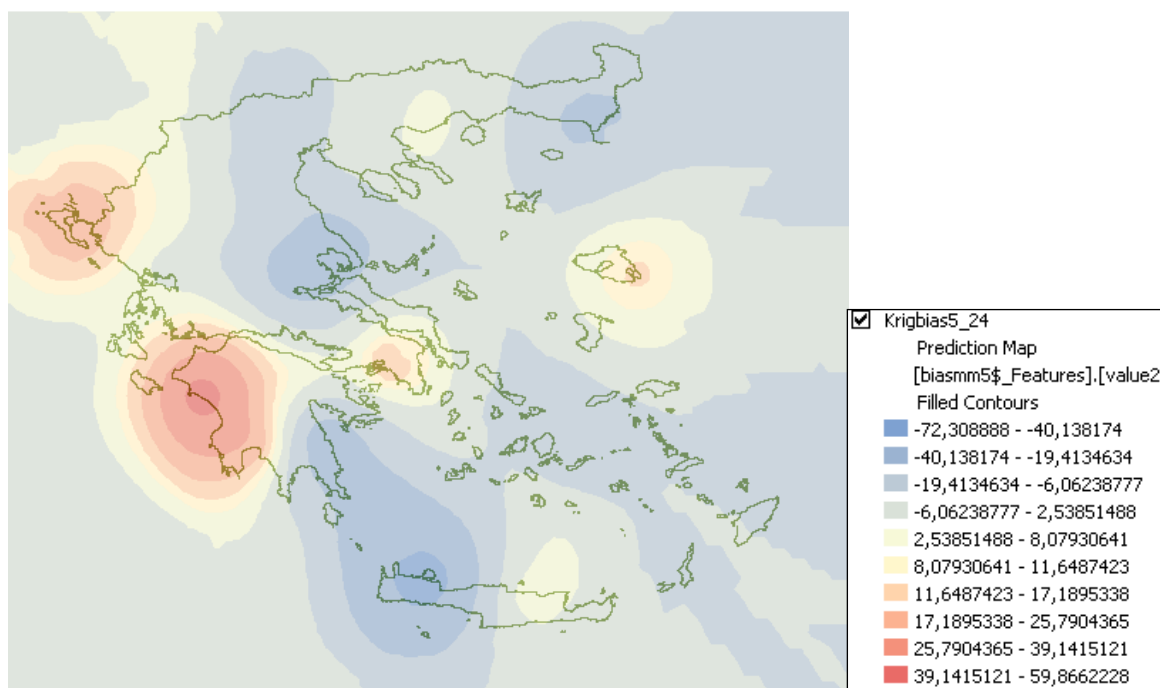


Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **6 ωρών 5ετίας** σε mm.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

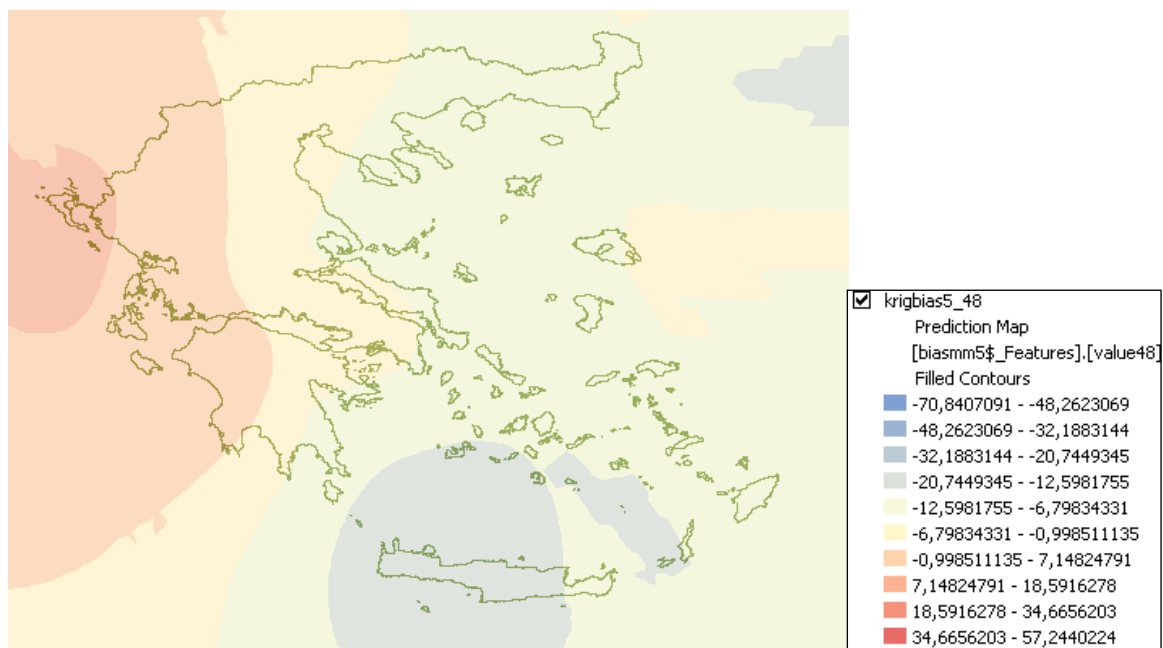


Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **12 ωρών 5ετίας** σε mm.

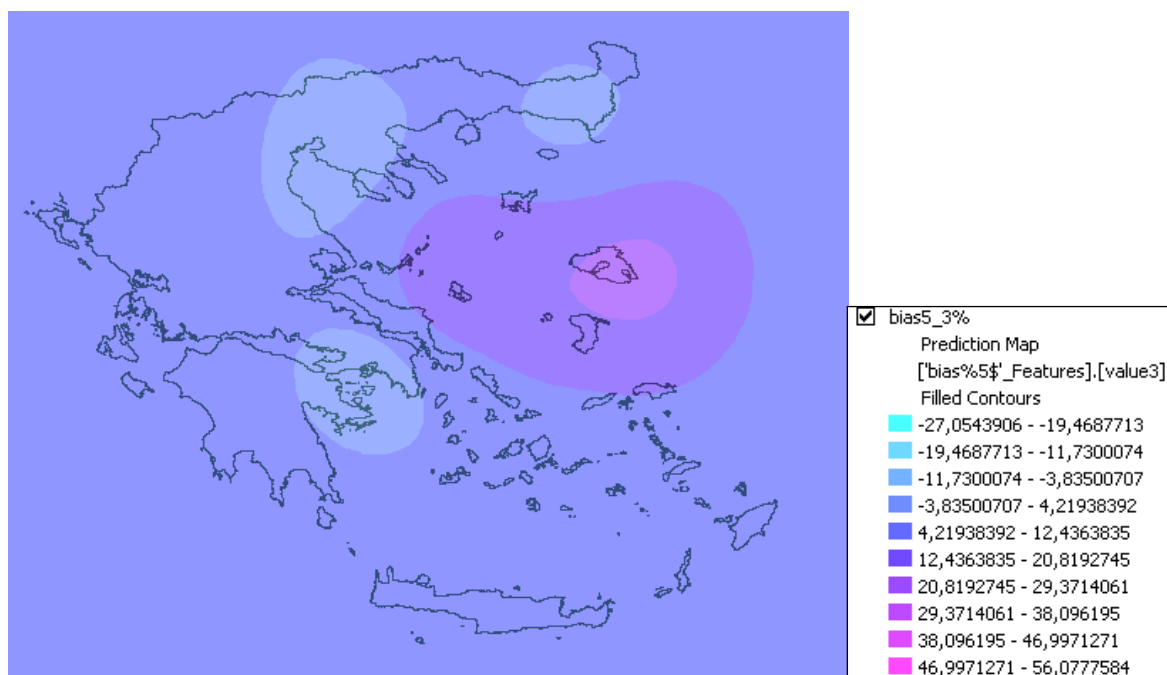


Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **24 ωρών 5ετίας** σε mm.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

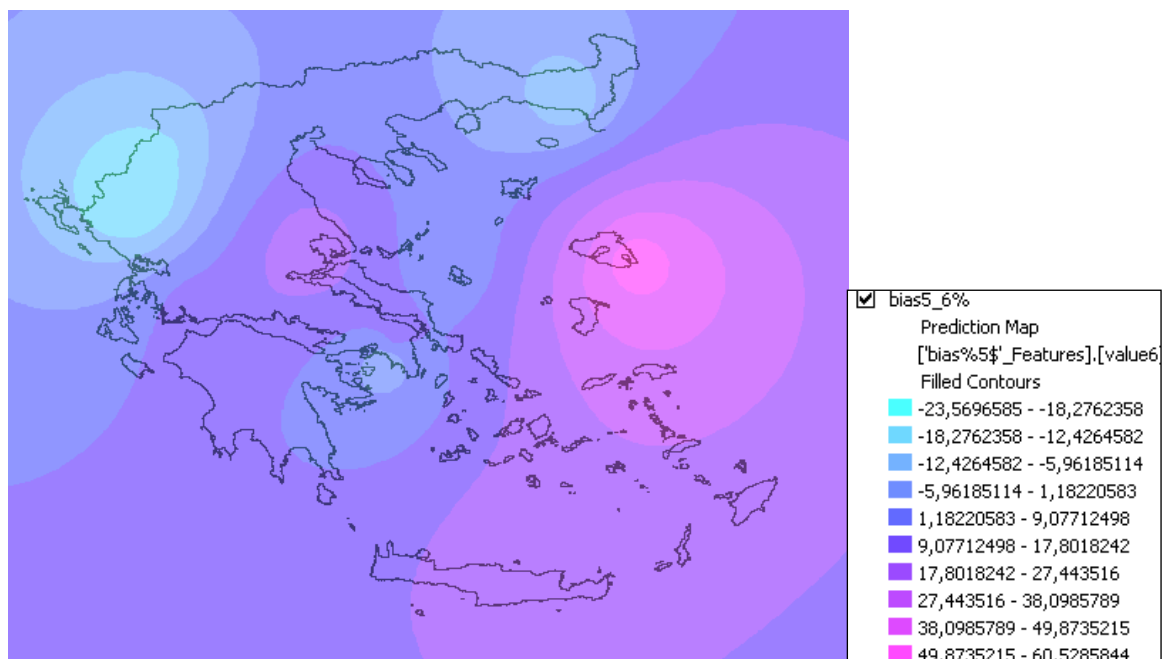


Χάρτης μεροληψίας μεγίστων **48 ωρών 5ετίας** σε mm.

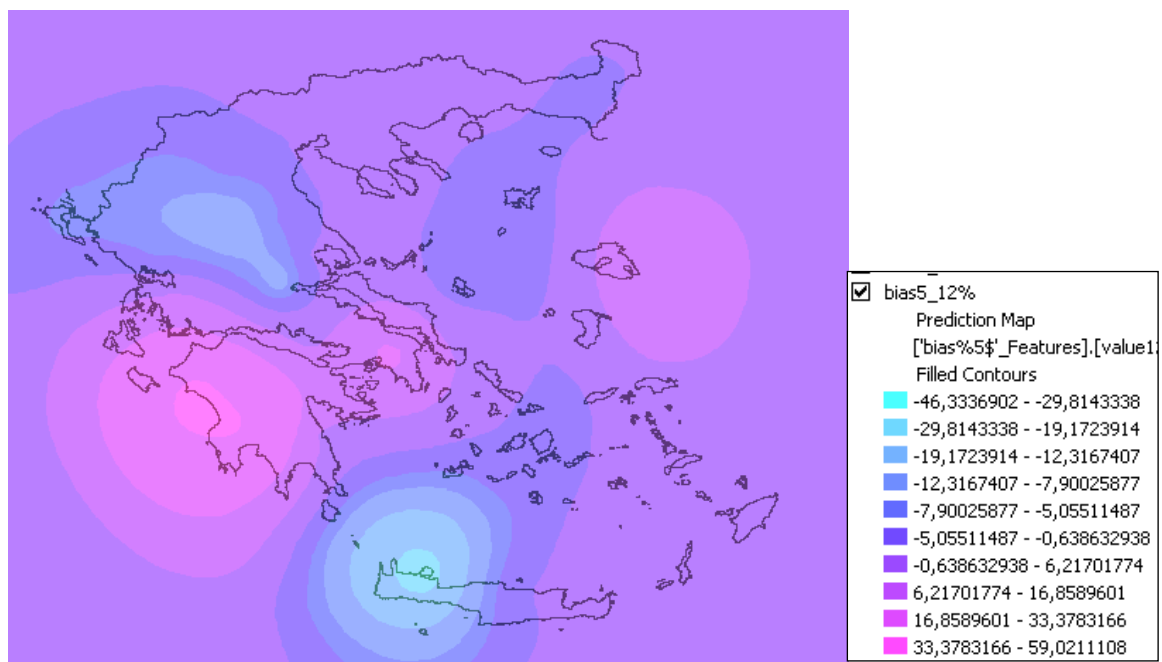


Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **3 ωρών 5ετίας**.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

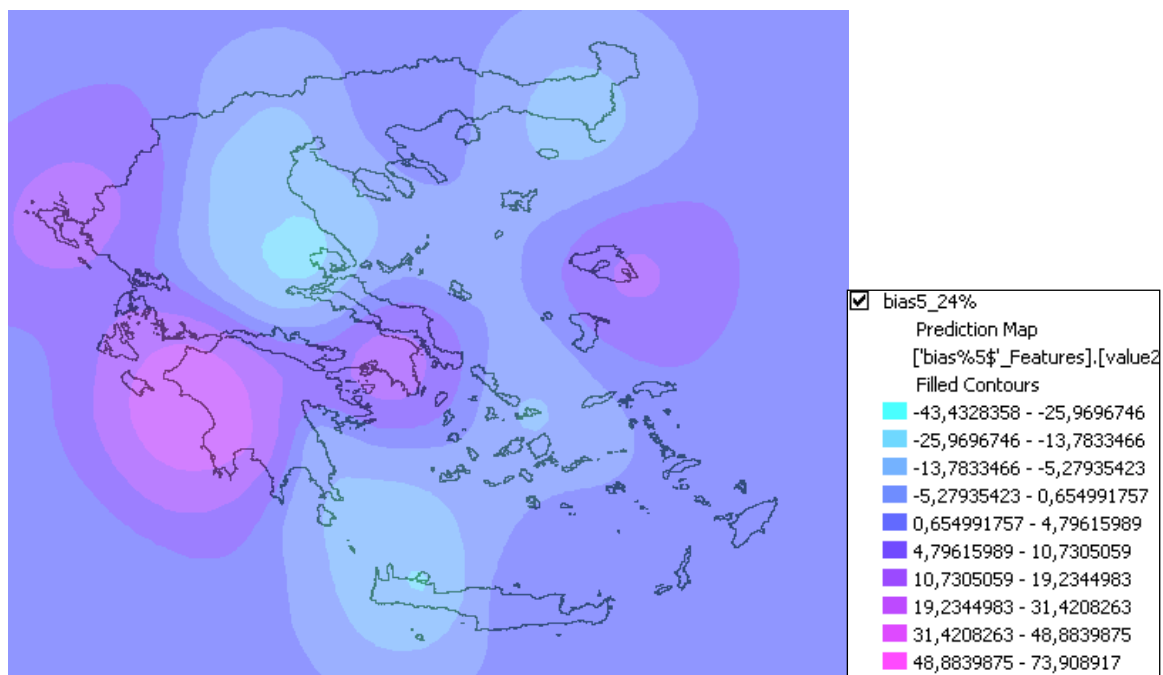


Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **6 ωρών 5ετίας**.

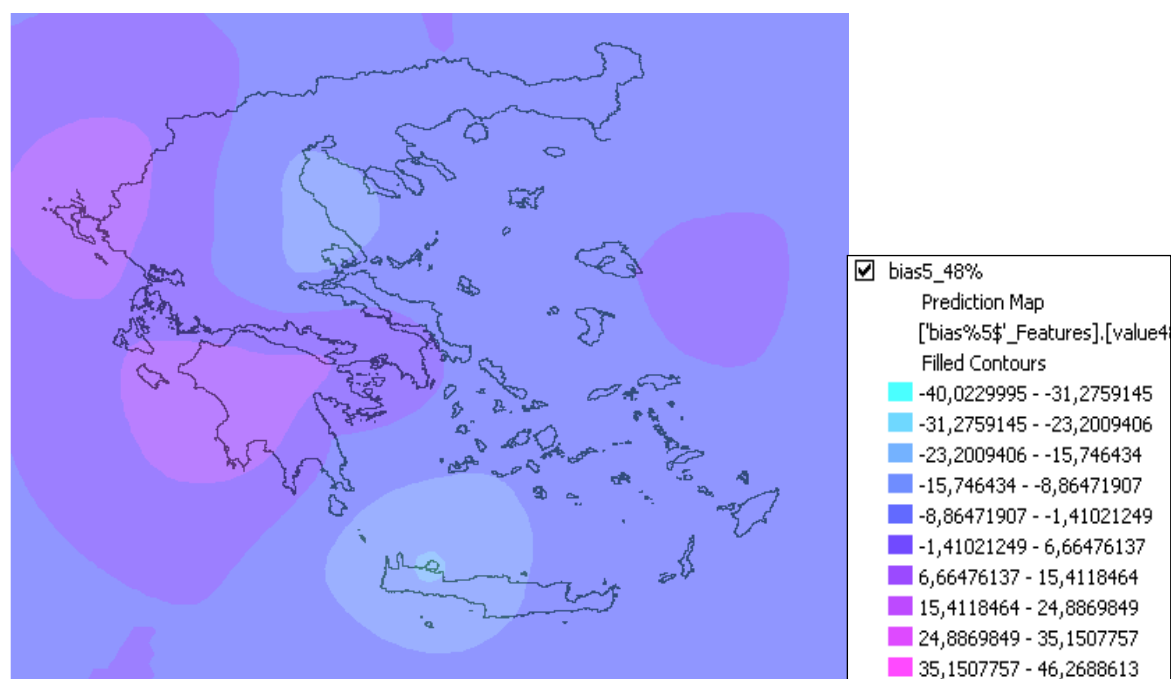


Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **12 ωρών 5ετίας**.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



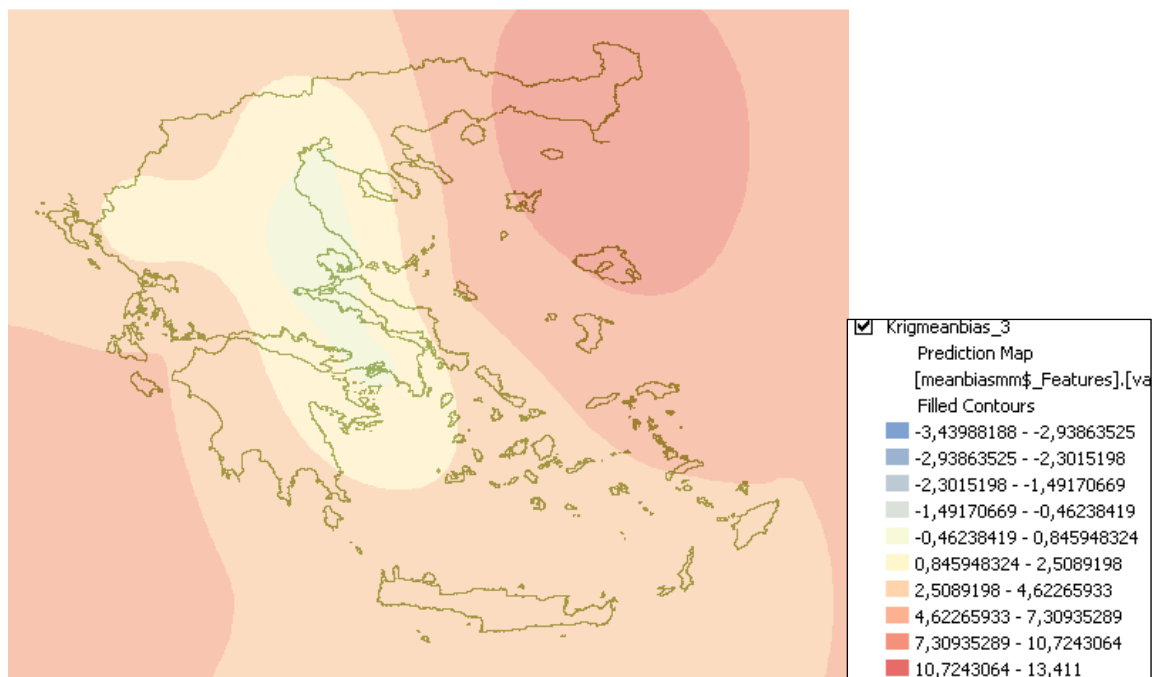
Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **24 ωρών 5ετίας**.



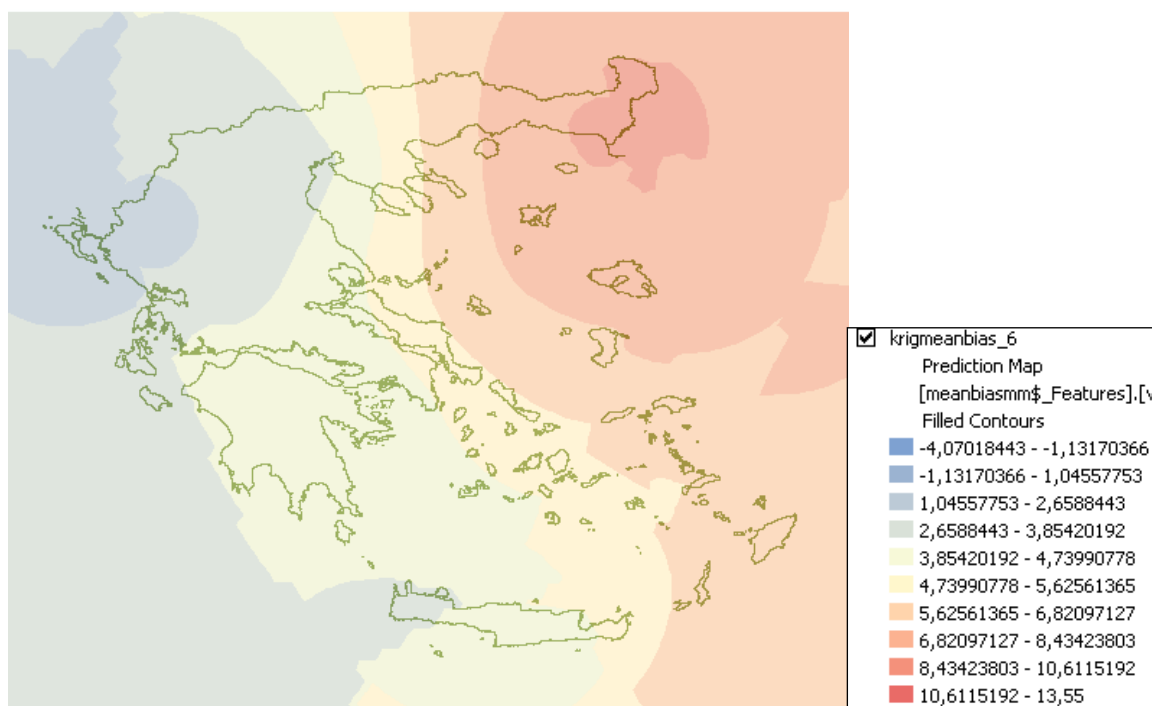
Χάρτης σφαλμάτων επί τοις εκατό (%) για τα μέγιστα **48 ωρών 5ετίας**.



Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

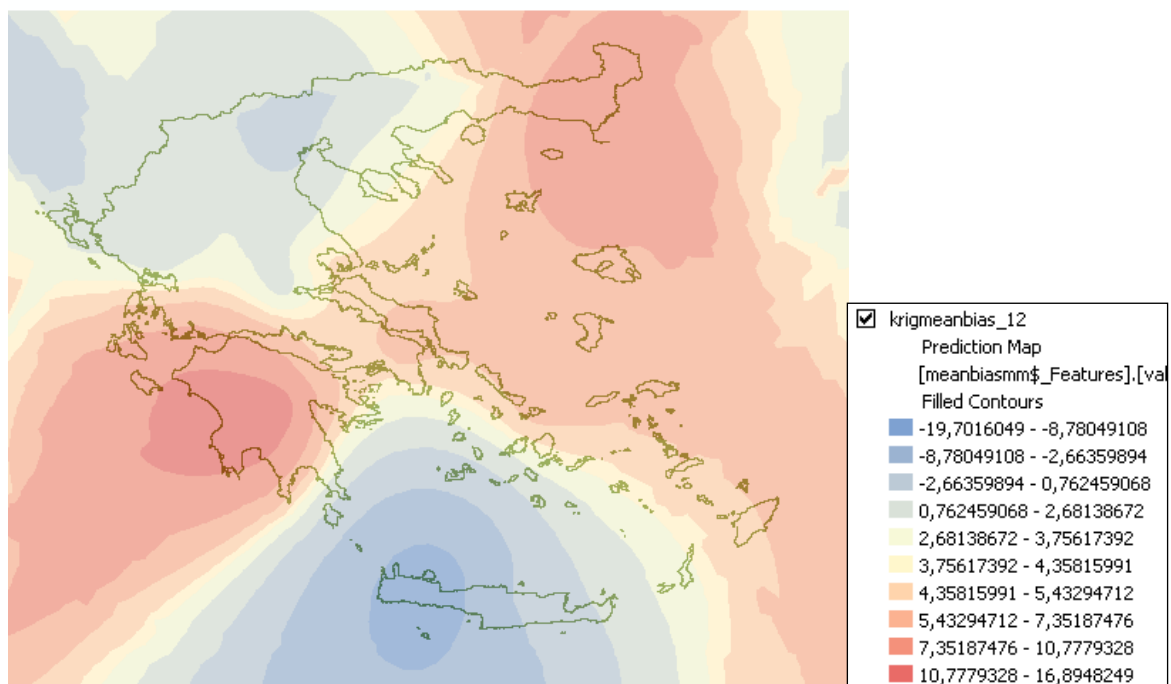


Χάρτης μέσου σφάλματος μεγίστων για τις **3 ώρες σε mm.**

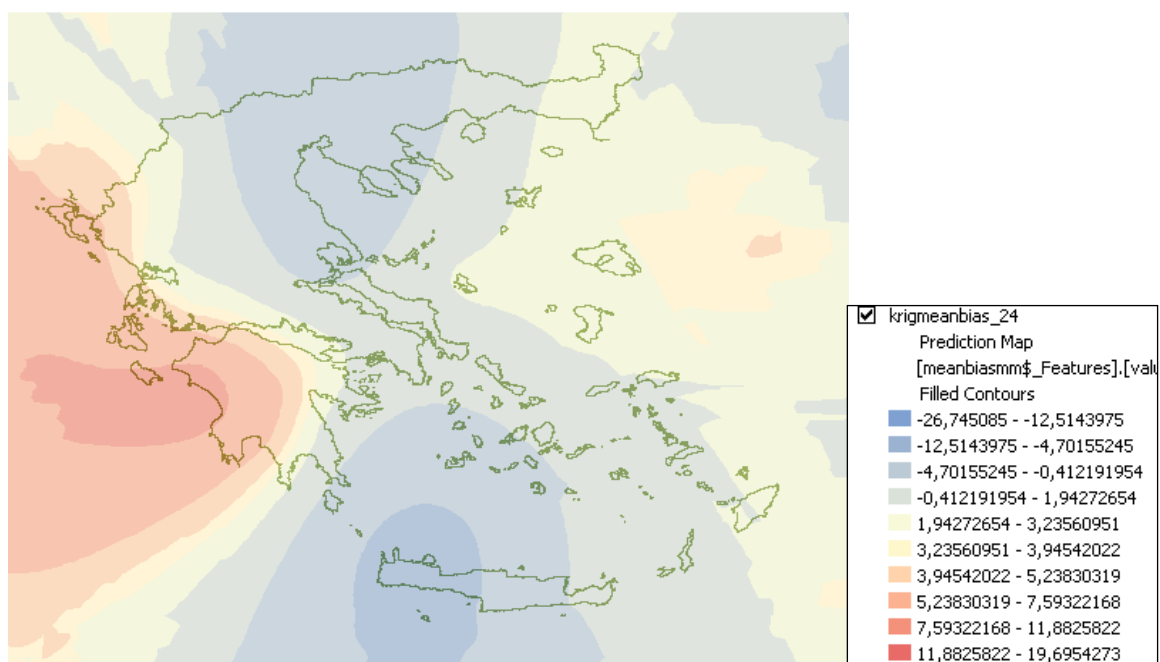


Χάρτης μέσου σφάλματος μεγίστων για τις **6 ώρες σε mm.**

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

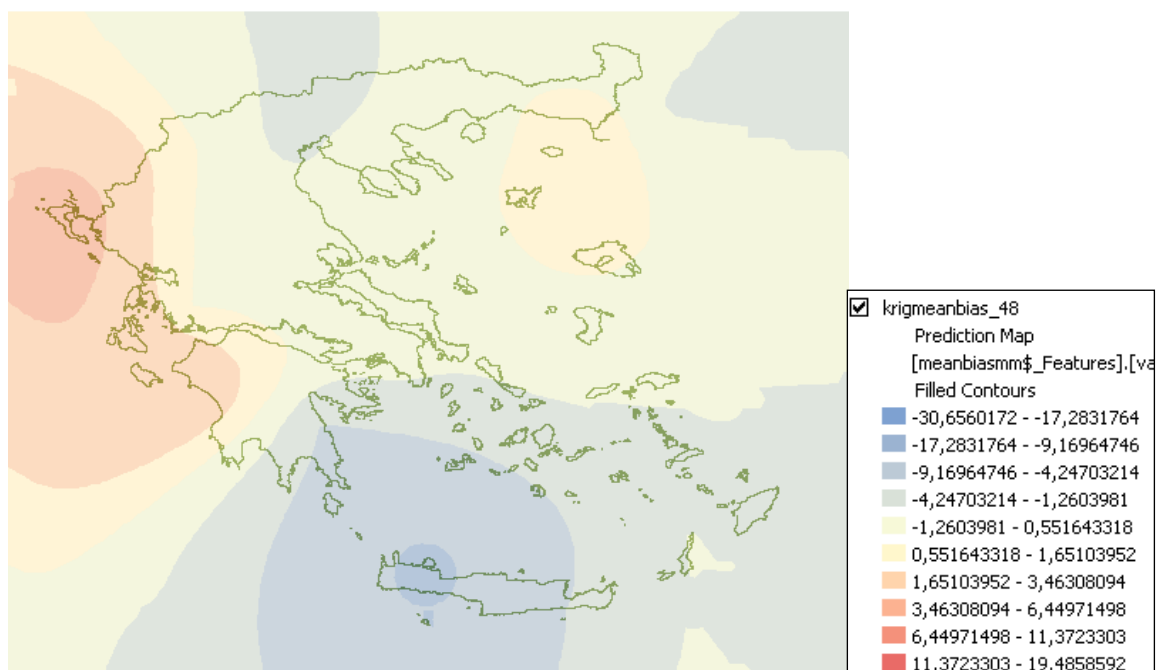


Χάρτης μέσου σφάλματος μεγίστων για τις **12 ώρες σε mm.**

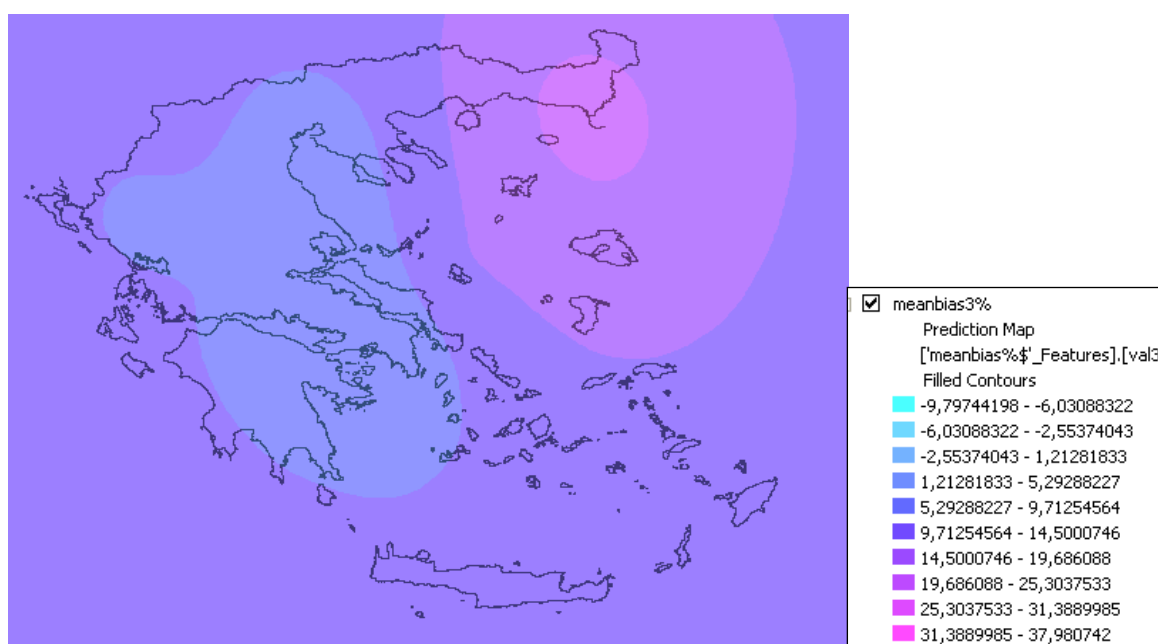


Χάρτης μέσου σφάλματος μεγίστων για τις **24 ώρες σε mm.**

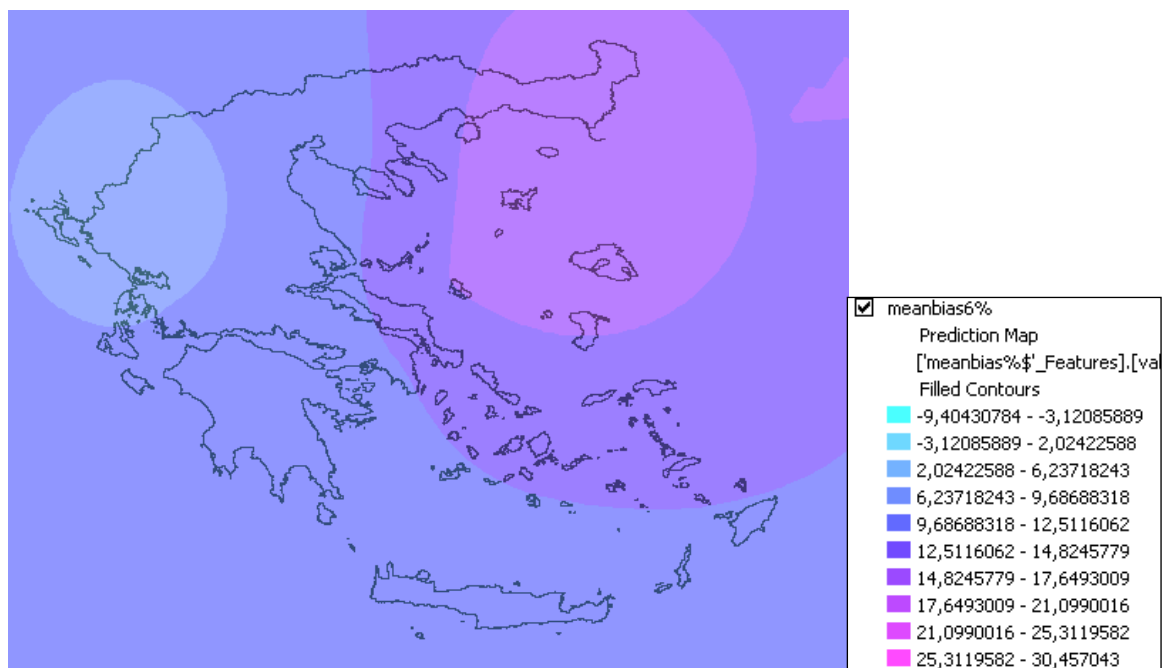
Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα



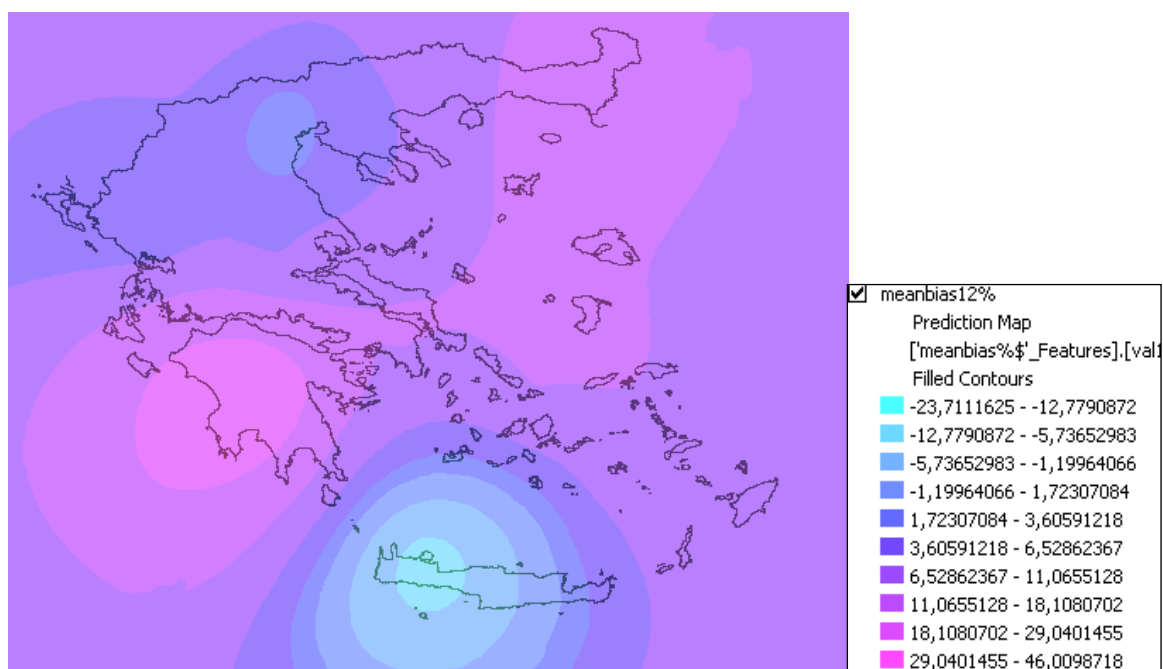
Χάρτης μέσου σφάλματος μεγίστων για τις **48 ώρες** σε mm.



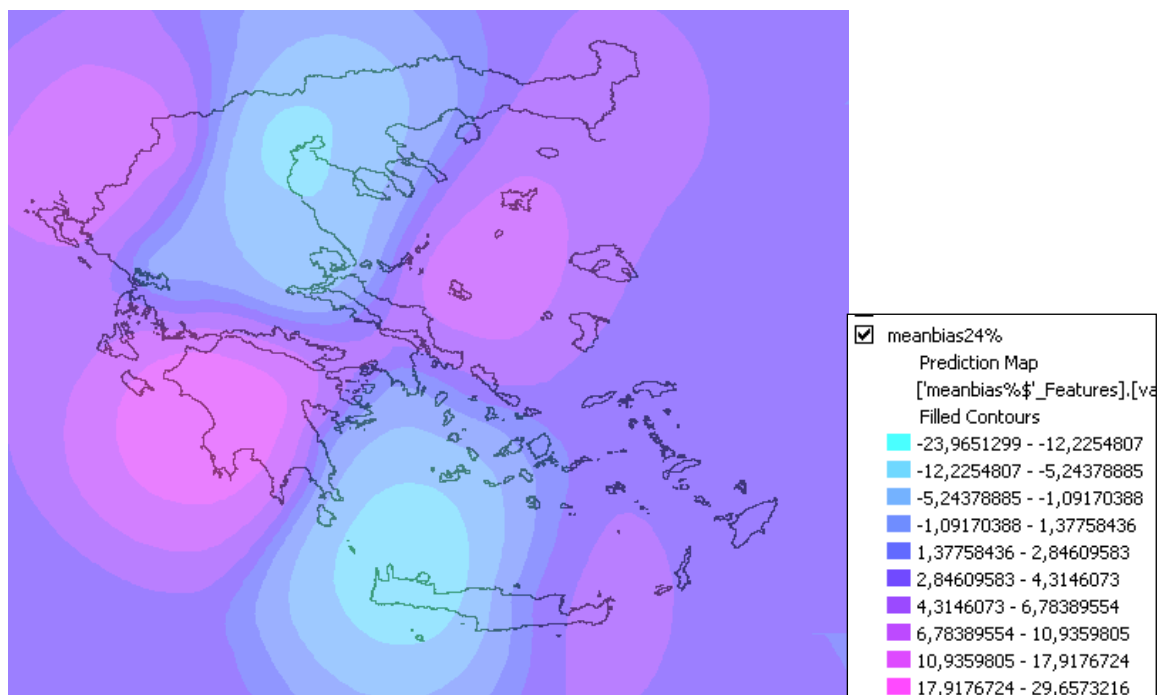
Χάρτης μέσου σφάλματος επί τοις εκατό (%) μεγίστων για τις **3 ώρες**.



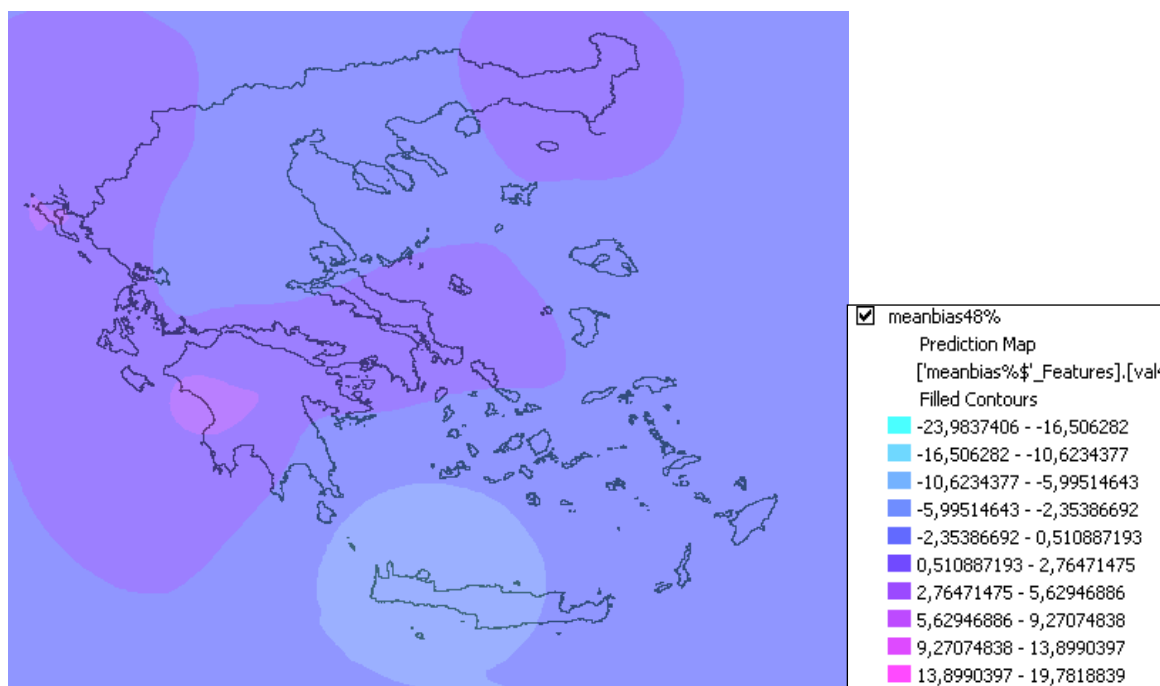
Χάρτης μέσου σφάλματος επί τοις εκατό (%) μεγίστων για τις **6 ώρες**.



Χάρτης μέσου σφάλματος επί τοις εκατό (%) μεγίστων για τις **12 ώρες**.

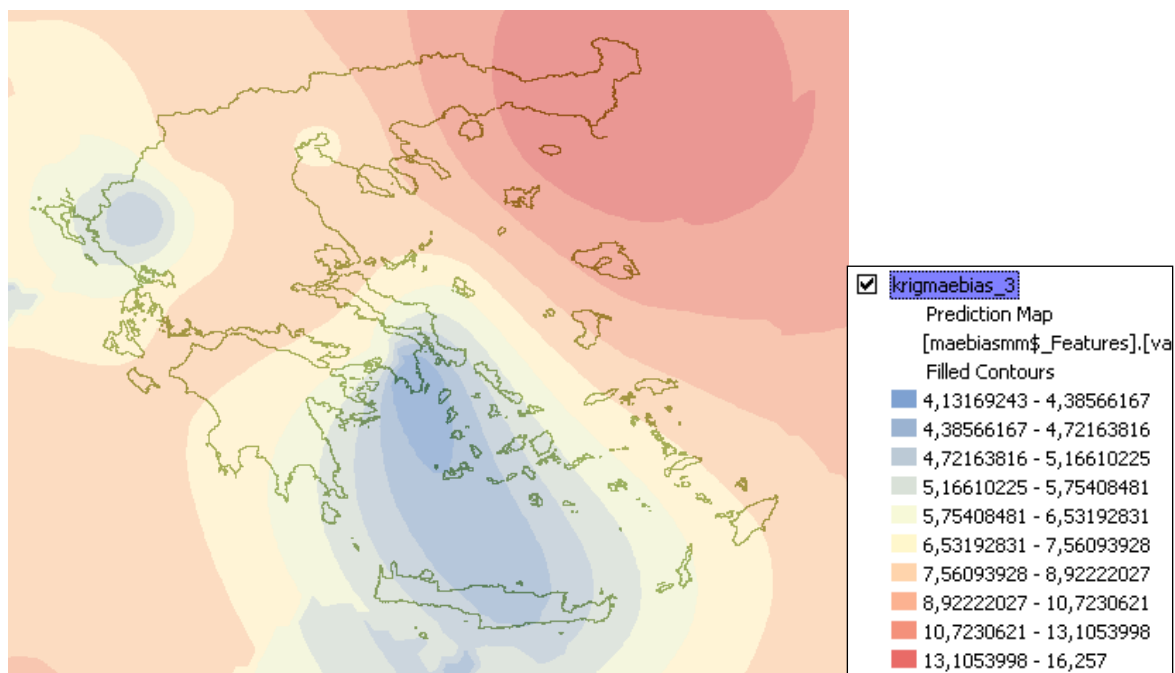


Χάρτης μέσου σφάλματος επί τοις εκατό (%) μεγίστων για τις **24 ώρες**.

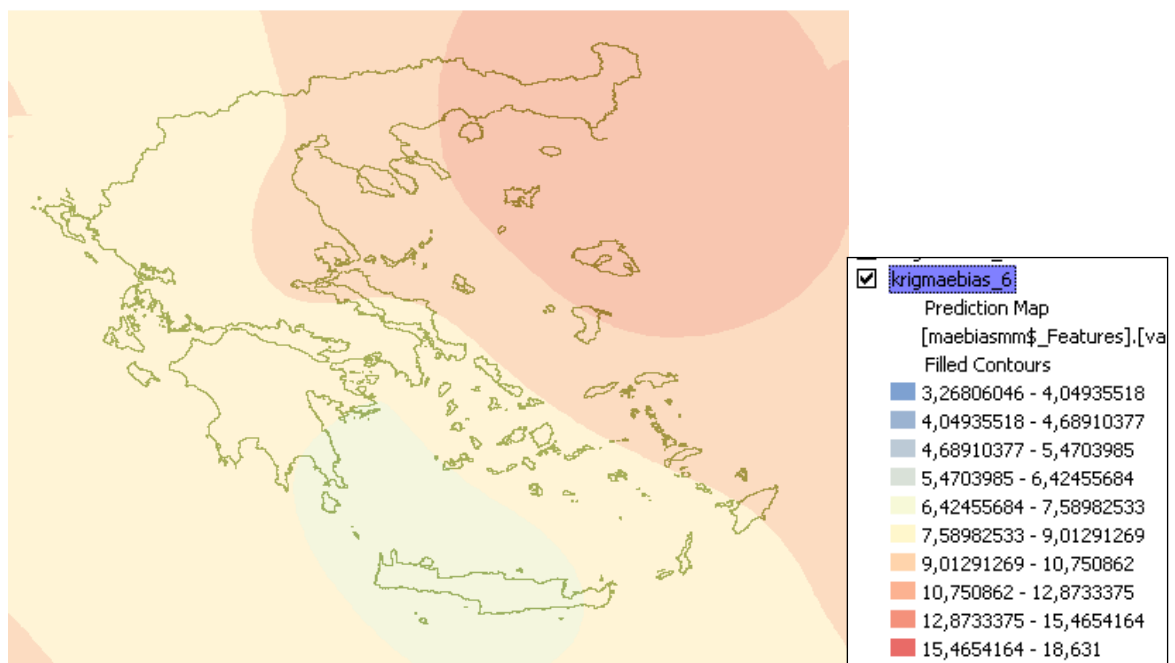


Χάρτης μέσου σφάλματος επί τοις εκατό (%) μεγίστων για τις **48 ώρες**.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

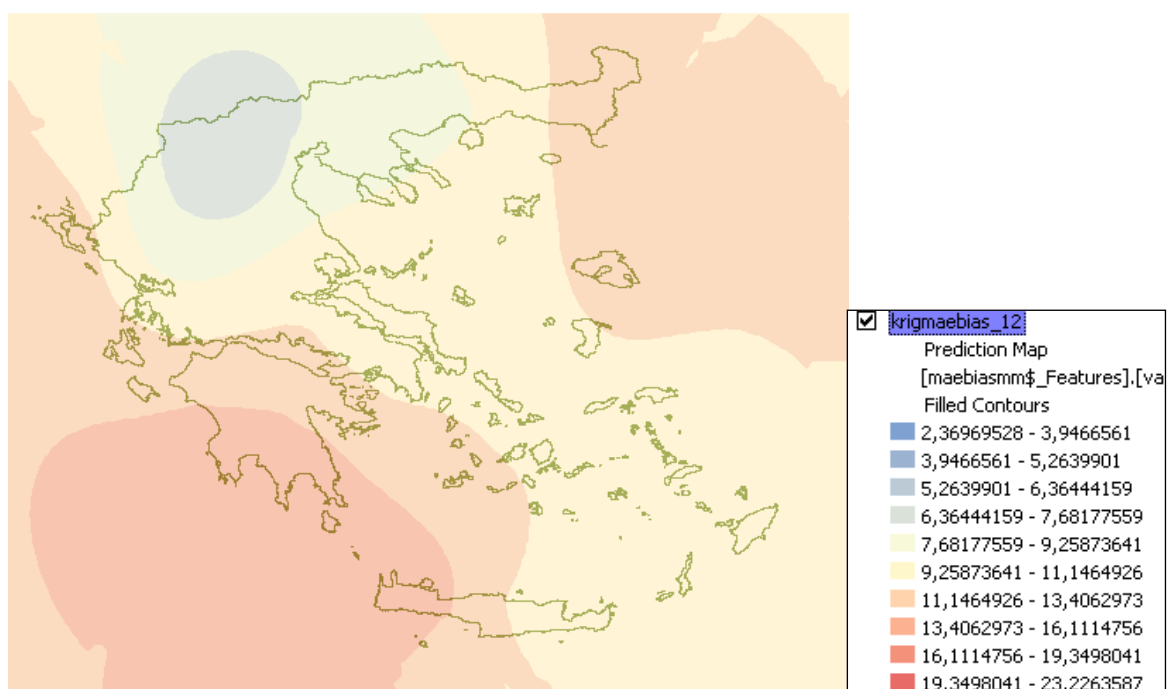


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος μεγίστων για τις **3** ώρες σε mm.

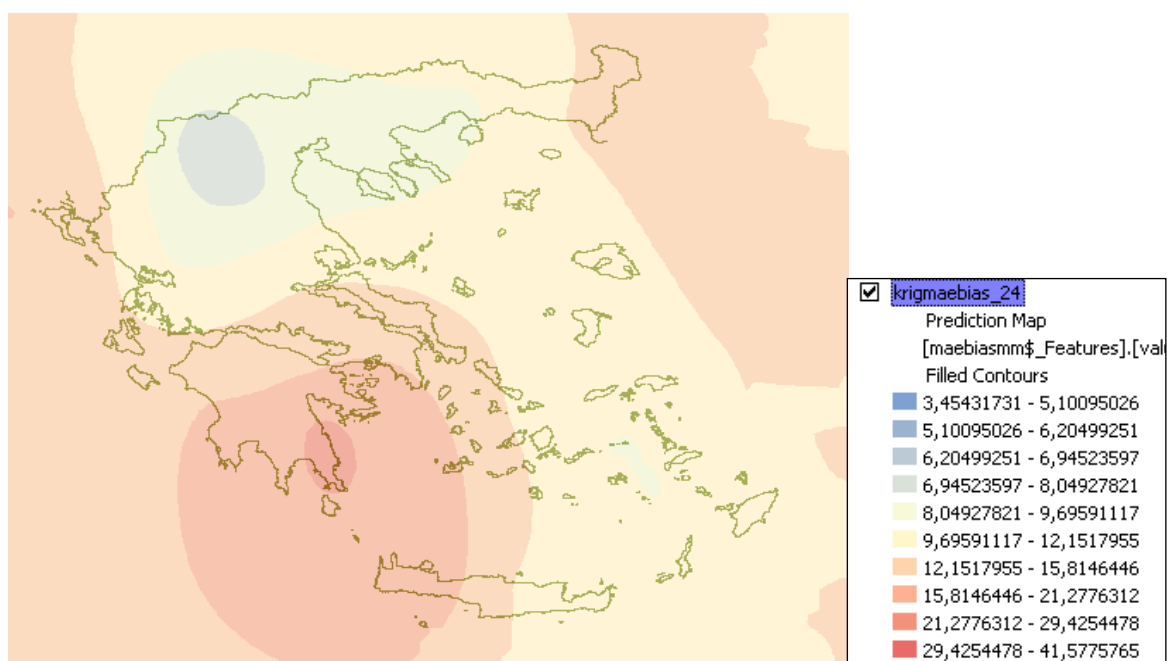


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος μεγίστων για τις **6** ώρες σε mm.

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

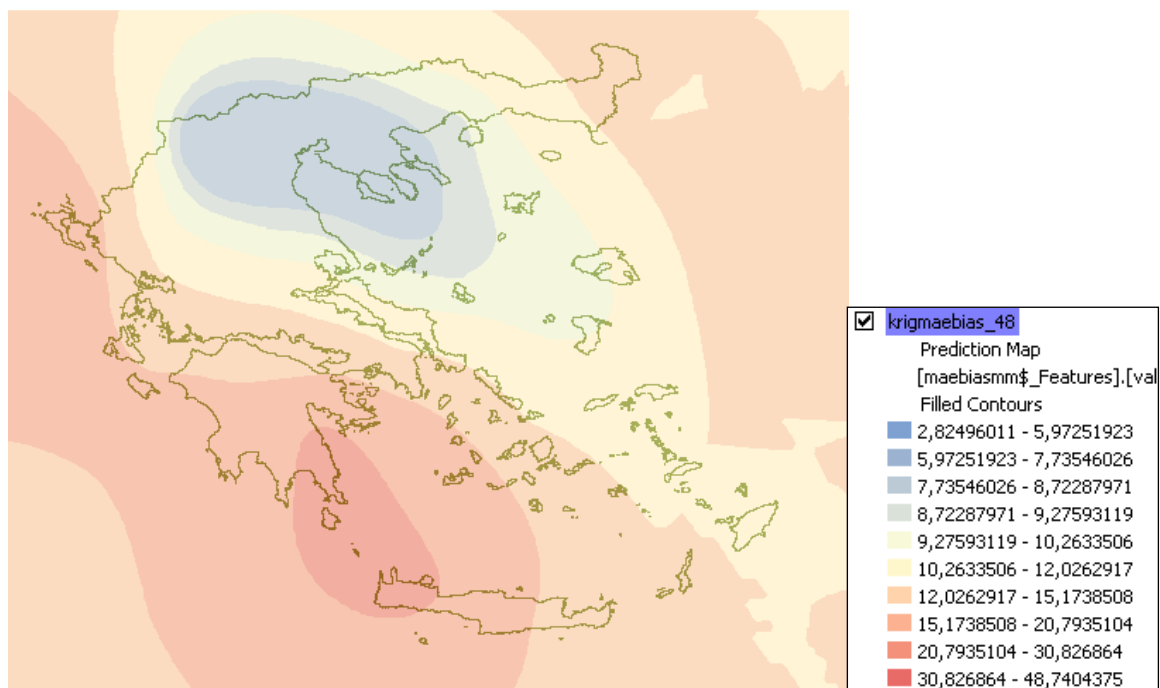


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος μεγίστων για τις **12 ώρες σε mm.**

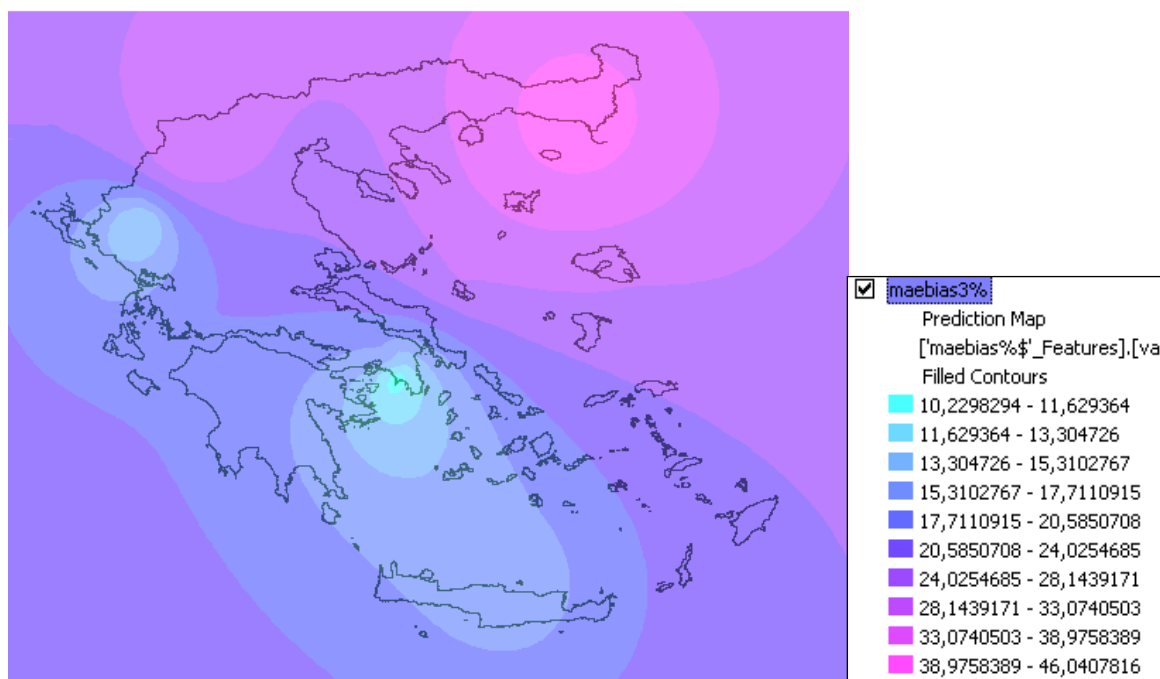


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος μεγίστων για τις **24 ώρες σε mm.**

Αξιολόγηση Δορυφορικών Προϊόντων Βροχόπτωσης σε Λεπτή Χρονική Κλίμακα

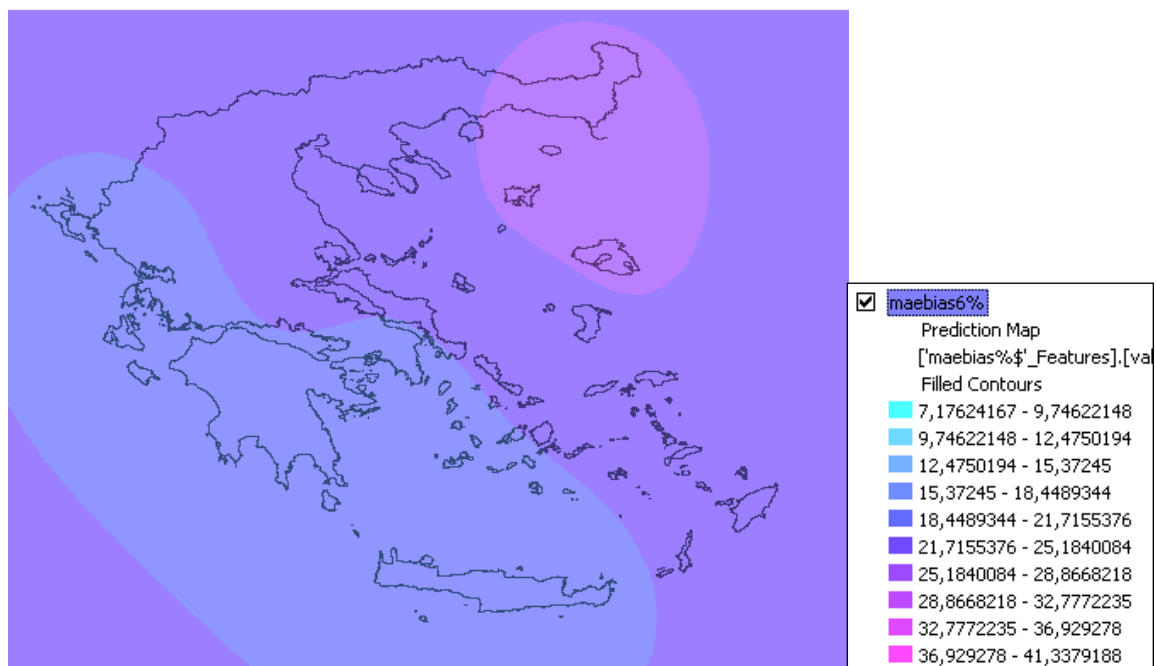


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος μεγίστων για τις **48 ώρες σε mm.**

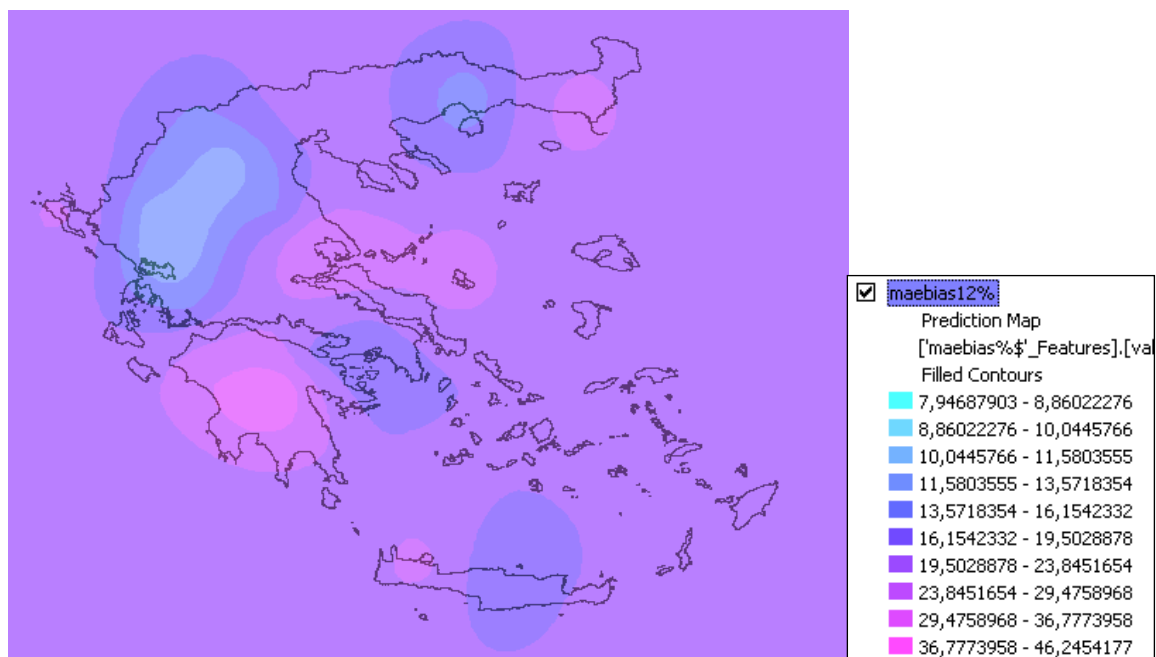


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος σε ποσοστό επί τοις εκατό (%)  
για τις τιμές μεγίστων **3 ωρών.**

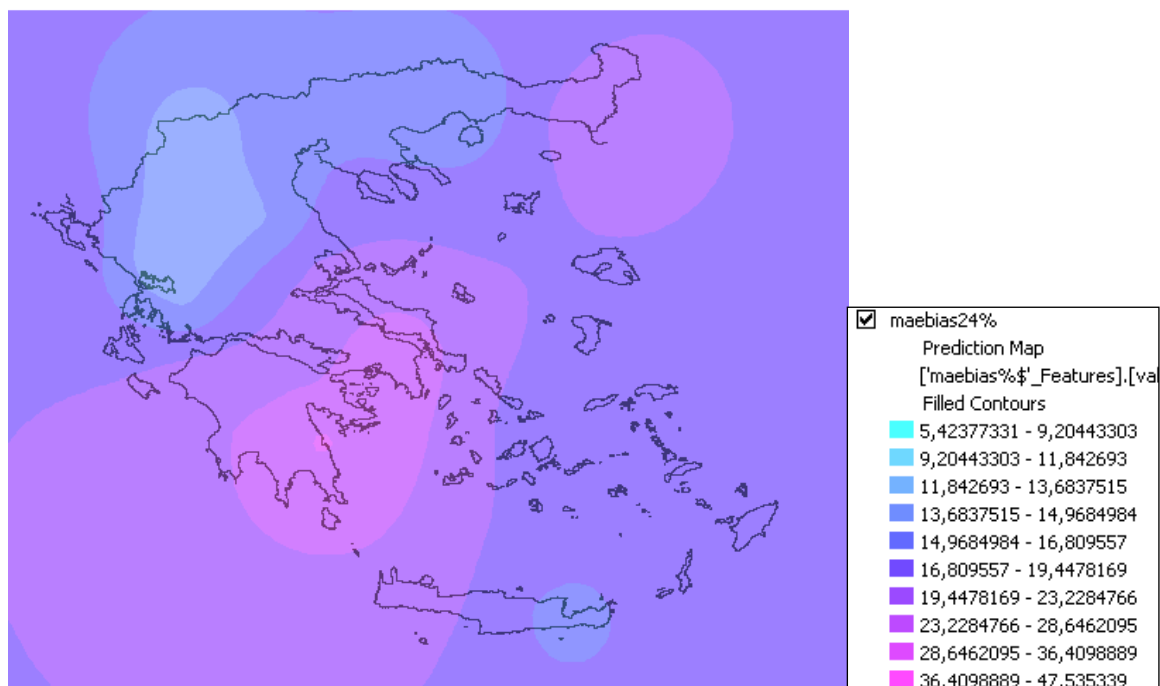




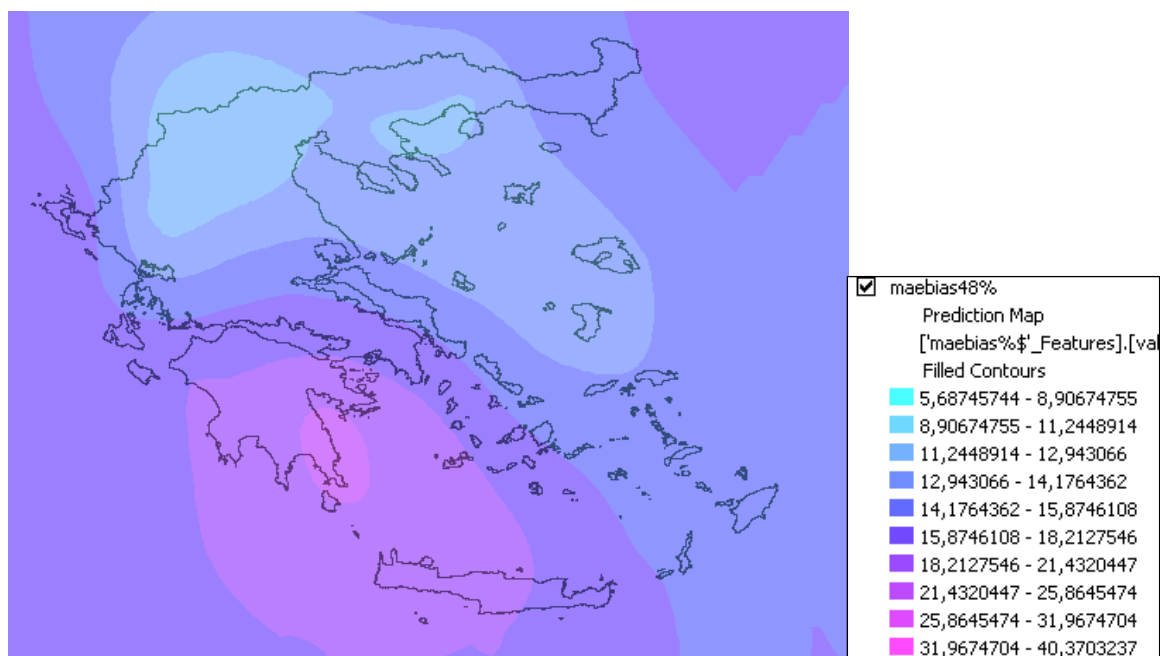
Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος σε ποσοστό επί τοις εκατό (%)  
για τις τιμές μεγίστων **6 ωρών**.



Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος σε ποσοστό επί τοις εκατό (%)  
για τις τιμές μεγίστων **12 ωρών**.

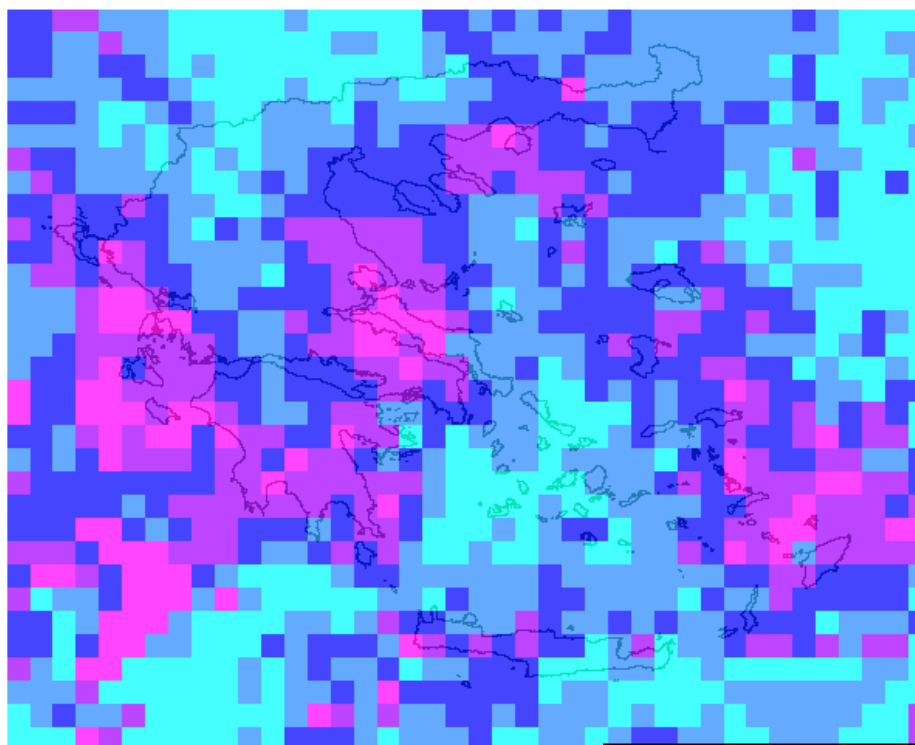


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος σε ποσοστό επί τοις εκατό (%)  
για τις τιμές μεγίστων **24 ωρών**.

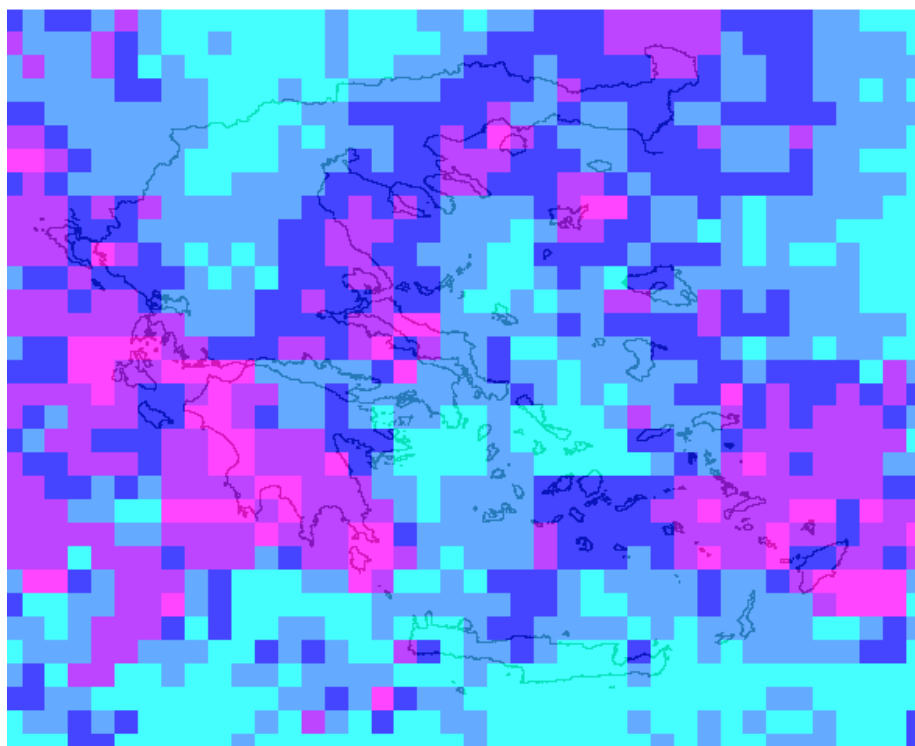
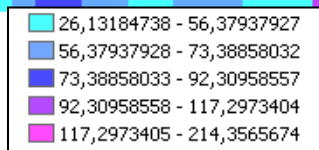


Χάρτης μέσου απόλυτου σφάλματος σε ποσοστό επί τοις εκατό (%)  
για τις τιμές μεγίστων **48 ωρών**.

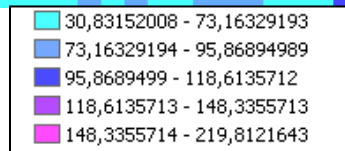
**ΤΕΛΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

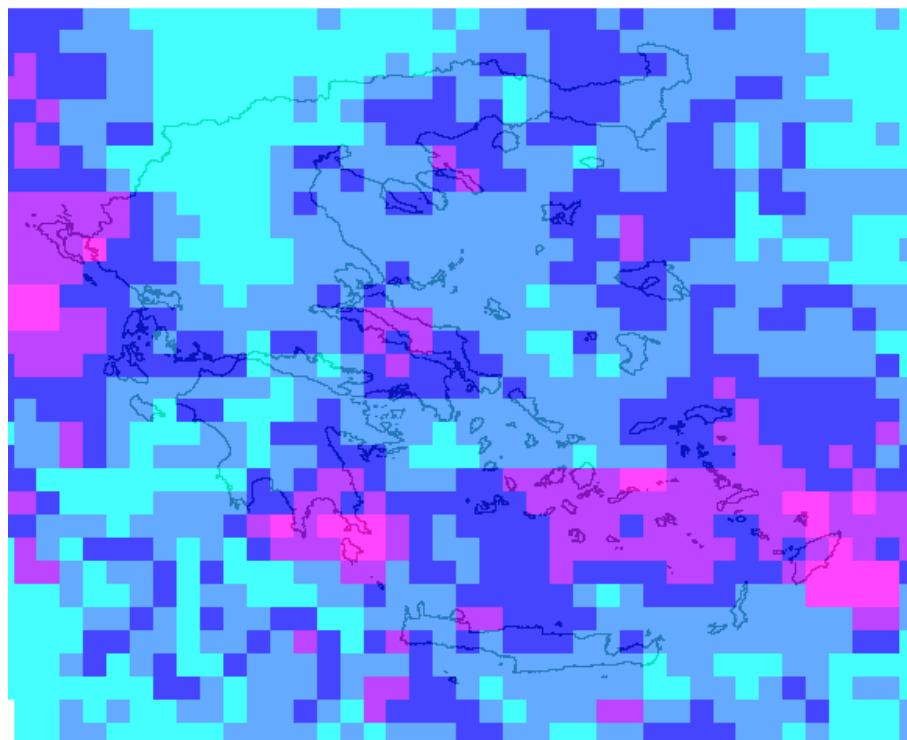


Χάρτης μεγίστων **3ωρων 10ετίας**  
διορθωμένα σε mm.

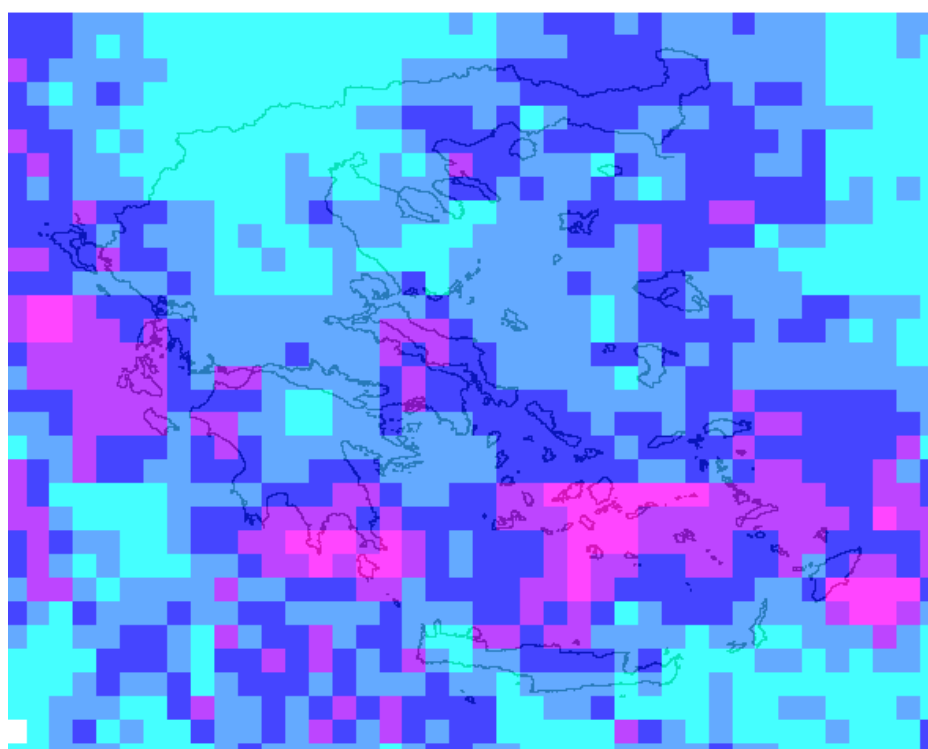
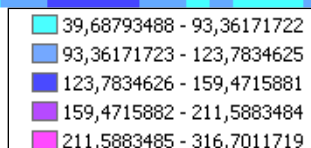


Χάρτης μεγίστων **6ωρων 10ετίας**  
διορθωμένα σε mm.

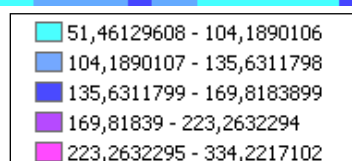


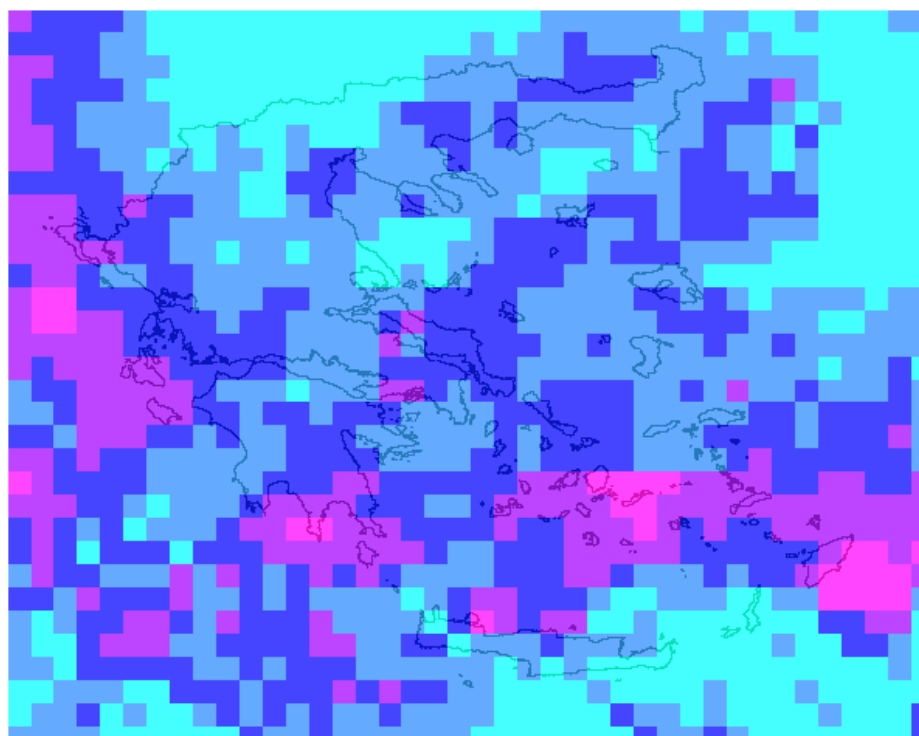


Χάρτης μεγίστων **12ωρων 10ετίας**  
διορθωμένα σε mm.

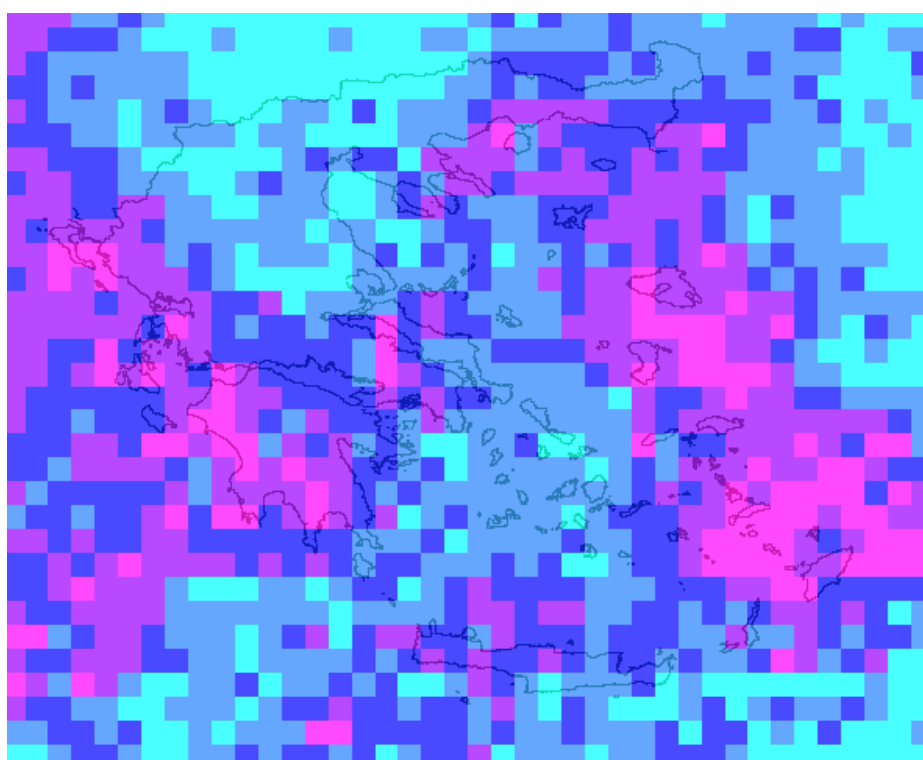
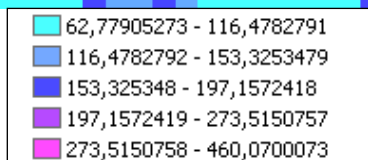


Χάρτης μεγίστων **24ωρων 10ετίας**  
διορθωμένα σε mm.

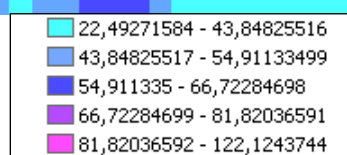


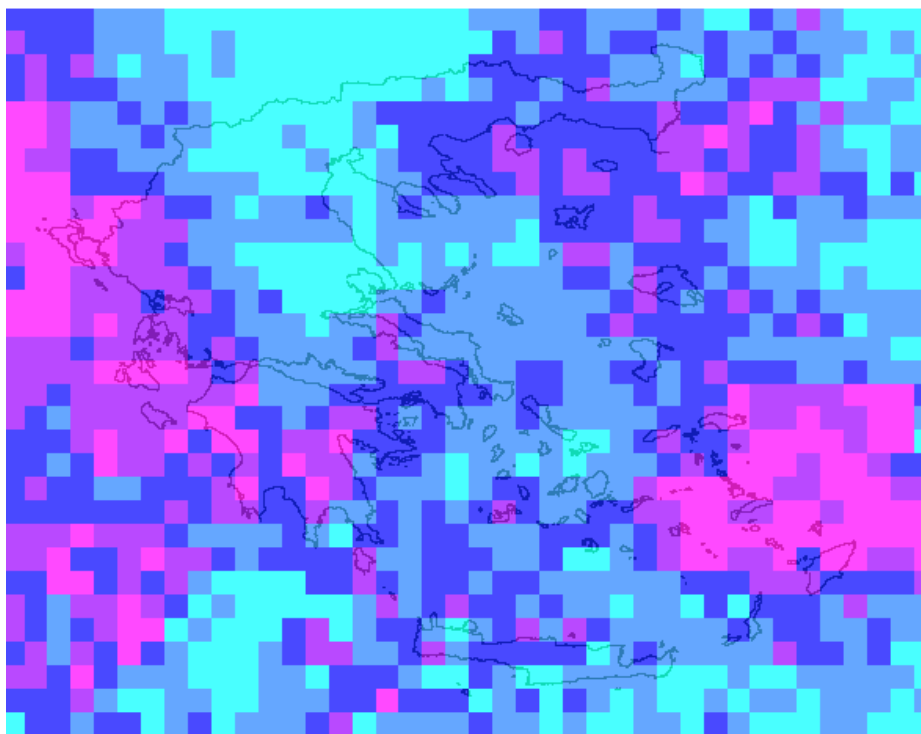


Χάρτης μεγίστων **48ωρων 10ετίας**  
διορθωμένα σε mm.



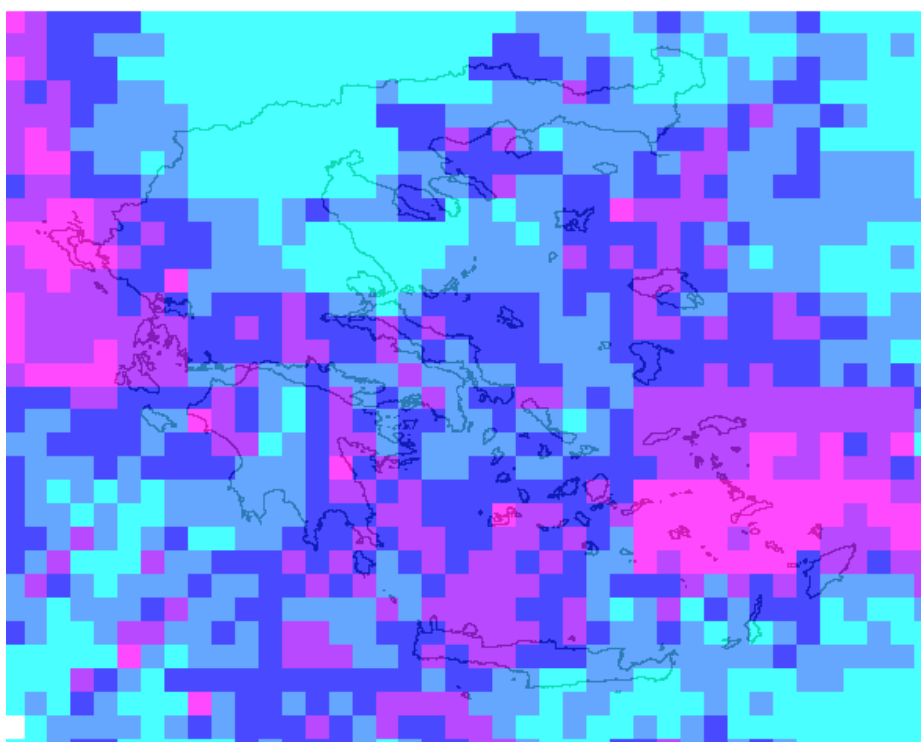
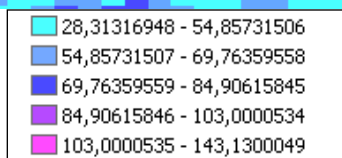
Χάρτης μεγίστων **3ωρων 5ετίας**  
διορθωμένα σε mm.





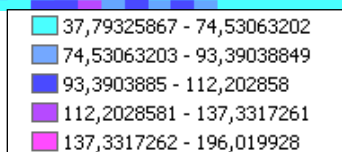
Χάρτης μεγίστων **6ωρων 5ετίας**

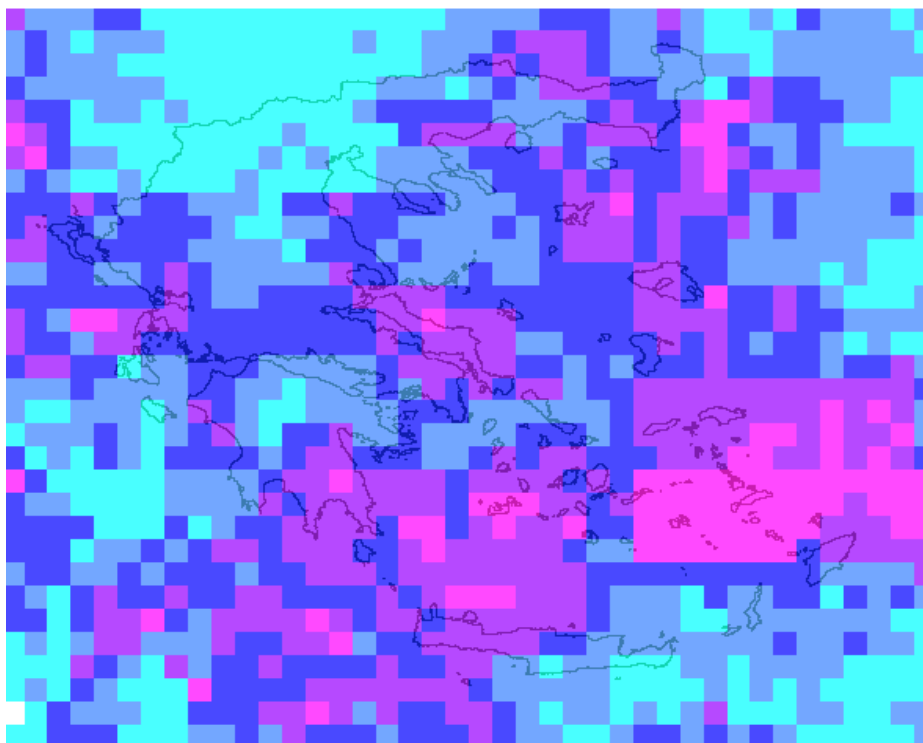
διορθωμένα σε mm.



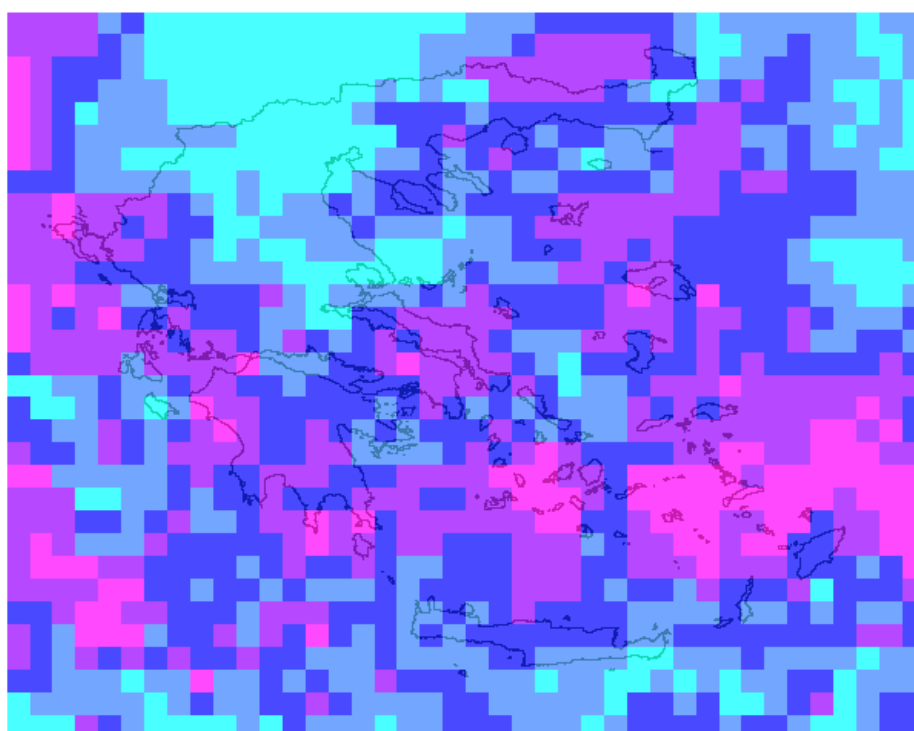
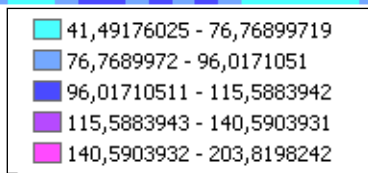
Χάρτης μεγίστων **12ωρων 5ετίας**

διορθωμένα σε mm.





Χάρτης μεγίστων **24ωρων 5ετίας**  
διορθωμένα σε mm.



Χάρτης μεγίστων **24ωρων 5ετίας**  
διορθωμένα σε mm.

