

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Δημήτριος-Άλκης Καφώρος

Επιβλέπων: Νικόλαος Μαμάσης

Αθήνα, 2017

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική ολοκληρώνεται μια μεγάλη περίοδος της ζωής, η περίοδος του σπουδαστή-φοιτητή, και ξεκινάει η περίοδος του επαγγελματία.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον καθηγητή μου κ. Νικόλαο Μαμάση, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, που παρόλο το πιεσμένο του πρόγραμμα μου ανέθεσε αυτή τη διπλωματική και ήταν παρών κάθε στιγμή με τις γνώσεις και την καθοδήγησή του να με βοηθήσει να φέρω εις πέρας την αποστολή μου.

Επιπλέον, ευχαριστώ όλους τους καθηγητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που αυτά τα πέντε χρόνια έκαναν ότι μπορούσαν να μας μεταλαμπαδεύσουν τις γνώσεις τους ώστε να βγούμε άξιοι μηχανικοί στην αγορά εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου που με στήριξε σε αυτή την δύσκολη περίοδο στο φοιτητικό μου έργο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή	1
1.1. Αντικείμενο και σκοπός μελέτης.....	1
1.2. Διάρθρωση εργασίας	3
2. Μέθοδος RUSLE.....	4
2.1. Ιστορική ανασκόπηση μεθόδου RUSLE.....	4
2.2. Συντελεστές της μεθόδου RUSLE.....	5
2.3. Ο συντελεστής R.....	7
2.4. Ο συντελεστής διαβρωτικότητας R στη μέθοδο RUSLE2.....	9
3. Ανάπτυξη εφαρμογής στο Matlab.....	12
3.1. Γενικές αρχές προγράμματος Matlab	12
3.2. Κυρίως πρόγραμμα υπολογισμού συντελεστή R	13
4. Διερεύνηση του R σε σταθμούς.....	26
4.1. Κλιματολογικές συνθήκες περιοχής μελέτης.....	26
4.2. Σταθμοί μετρήσεων.....	27
4.3. Διαγράμματα συσχέτισης.....	33
4.4. Διερεύνηση έμμεσων υπολογισμών συντελεστή R.....	46
4.5. Η διαβρωτικότητα στην Ευρώπη και η βάση REDES.....	55
4.6. Η διαβρωτικότητα στην Ελλάδα-σύγκριση αποτελεσμάτων..	61
5. Συμπεράσματα.....	70
6. Αναφορές.....	72
7. Παράρτημα.....	74

Περίληψη

Η επίδραση που έχει η διάβρωση και η στερεομεταφορά στην αγροτική παραγωγή, στα αντιπλημμυρικά έργα και στο σχεδιασμό ταμειυτήρων οδήγησαν την επιστημονική κοινότητα να αναπτύξει διάφορα εμπειρικά μοντέλα για τον ποσοτικό υπολογισμό τους.

Η μέθοδος RUSLE είναι ένα απ τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα διάβρωσης, βασιζόμενη στον πολλαπλασιασμό έξι συντελεστών. Ο πρώτος από αυτούς, συντελεστής διαβρωτικότητας R, έχει πολλές αβεβαιότητες στον υπολογισμό του λόγω του όγκου υπολογισμών που απαιτούνται και της έλλειψης διαθέσιμων δεδομένων.

Με την παρούσα εργασία κατασκευάζεται ένα υπολογιστικό μοντέλο σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab το οποίο θα μειώσει τις δυσκολίες υπολογισμού της παραμέτρου χάρη στην ταχύτητα με την οποία αυτοί θα γίνονται.

Επίσης, το πρόγραμμα δοκιμάζεται σε πραγματικά δεδομένα εντός της Ελληνικής Επικράτειας και συγκρίνονται τα αποτελέσματά του με εκείνα των βιβλιογραφικών αναφορών.

Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα του προγράμματος ελέγχεται η ακρίβεια διάφορων εμπειρικών συσχετισμών της παραμέτρου R με άλλα απλούστερα μεγέθη.

Abstract

Due to the impact of erosion and sediment yield on agriculture, dam planning and flood-prevention technology, scientists have developed plenty of models in order to quantify erosion.

Rusle Method is a well known and widely utilized erosion model. The model depends on the computation and multiplication of six parameters. The first parameter, R, is the most important one and the most difficult to compute, mostly due to lack of required data.

At the current thesis a programming Matlab model was constructed in order to reduce the difficulties of computing R factor.

In addition, the program is tested in several stations of Attica Region in Greece. The results of the program are utilized to compare with those of the bibliography.

In conclusion, the program results are used to test several empirical equations that correlate R factor to other easier computed values such as annual precipitation.

1.Εισαγωγή

1.1. Αντικείμενο και σκοπός μελέτης

Διάβρωση του εδάφους καλείται η απόσπαση και μεταφορά εδαφικού υλικού υπό τη δράση κυρίως του νερού και του ανέμου (Kirkby and Morgan, 1980). Η διάβρωση διακρίνεται σε επίγεια, ενδόγεια και υπόγεια. Βασικές συνέπειες της διάβρωσης είναι: η απογύμνωση περιοχών με απότομες κλίσεις και χαλαρό έδαφος, η απώλεια καλλιεργήσιμων εδαφών και αποκάλυψη στη θέση τους του μητρικού πετρώματος, καθώς και η πρόσχωση φραγμάτων από φερτά υλικά.

Η διάβρωση περιέχει δύο φάσεις, τη φάση απόσπασης, όπου οι σταγόνες της βροχής, με την προϋπόθεση ότι μεταφέρουν ικανό ποσό κινητικής ενέργειας, μειώνουν τη συνοχή του εδάφους και συμπαρασύρουν λεπτόκοκκα υλικά, και τη φάση μεταφοράς, όπου κατά τη ροή του νερού αναπτύσσονται στροβιλισμοί λόγω της τριβής με το έδαφος οι οποίοι έχουν ανυψωτική ικανότητα και μεταφέρουν λεπτόκοκκα υλικά. Η μεταφορά των λεπτόκοκκων υλικών γίνεται συνήθως σε αιώρηση, ενώ τα πιο χονδρόκοκκα μεταφέρονται σε αναπήδηση ή με κύλιση. Συνήθεις τύποι διάβρωσης στον Ελληνικό χώρο είναι η επιφανειακή, όπου τα εδαφικά υλικά απομακρύνονται με ομοιόμορφο τρόπο, η αυλακωτή, όπου σχηματίζονται αβαθή αυλάκια στα σημεία όπου αποσπάται το έδαφος, και πιο σπάνια η χαραδρωτική, στην οποία κατά την απόσπαση του εδάφους δημιουργούνται χαραδρες.

Οι κυριότερες φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν τη διάβρωση είναι : ο χαρακτήρας της βροχόπτωσης (ένταση, ύψος ,συχνότητα), η βλάστηση, η κλίση και το μήκος της πλαγιάς, οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Η ακανόνιστη ή επιταχυνόμενη διάβρωση ευνοείται από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες και γενικότερες καταστάσεις. Μερικά παραδείγματα είναι : οι πυρκαγιές σε δασικές εκτάσεις, η υπερβόσκηση, οι εκχερσώσεις και οι κατασκευαστικές δραστηριότητες.

Οι μεσογειακές χώρες είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην εδαφική διάβρωση. Γι' αυτό το σκοπό αναπτύχθηκαν κατά καιρούς διάφορες μέθοδοι ποσοτικού υπολογισμού ή εκτίμησης της εδαφικής απώλειας που λαμβάνει χώρα σε μια περιοχή. Οι

μέθοδοι αυτοί, αν και αρχικά είχαν τοπογραφικό-αγρονομικό ενδιαφέρον, κίνησαν γρήγορα το ενδιαφέρον της επιστήμης της υδρολογίας, διότι ήταν ικανές εκτός από διάβρωση να εκτιμήσουν στερεομεταφορά, κάτι που ήταν πολύ χρήσιμο τόσο στο σχεδιασμό ταμιευτήρων και αντιπλημμυρικών έργων όσο και στην κατανόηση των υδρολογικών διεργασιών.

Μια από τις πιο ευρέως διαδεδομένες εμπειρικές μεθόδους εκτίμησης διάβρωσης είναι η μέθοδος RUSLE, ανεπτυγμένη στην τελική της μορφή από τους Renard et al, 1997. Η μέθοδος αυτή, με τη βοήθεια έξι συντελεστών, εκτιμά την εδαφική απώλεια ως το γινόμενο τους και τη μετατρέπει σε στερεομεταφορά χρησιμοποιώντας το συντελεστή στερεοαπορροής (CDR), ο υπολογισμός του οποίου είναι αρκετά περίπλοκος και δε θα μας απασχολήσει στη συγκεκριμένη εργασία.

Στην παρούσα διπλωματική σκοπός μας είναι να μελετήσουμε τη διακύμανση του βασικότερου απ τους έξι συντελεστές της μεθόδου, του συντελεστή διαβρωτικότητας βροχόπτωσης R , σε συγκεκριμένη γεωγραφική ενότητα, στο Λεκανοπέδιο της Αττικής. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε πρόγραμμα σε περιβάλλον Matlab στο οποίο, αφού εισάγουμε δεδομένα βροχογράφου χρονικού βήματος 5 έως 15 min από μετεωρολογικούς σταθμούς, υπολογίζει το μηνιαίο και μέσο ετήσιο συντελεστή R για τη συγκεκριμένη περιοχή. Οι υπολογισμοί αυτοί βοηθούν στον περιορισμό της αρκετά μεγάλης αβεβαιότητας που έχει ο υπολογισμός του συντελεστή διαβρωτικότητας R και κατά συνέπεια στη μείωση των αβεβαιοτήτων ολόκληρης της μεθόδου RUSLE.

1.2.Διάρθρωση εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, επιχειρείται ιστορική ανασκόπηση στη μέθοδο RUSLE, ενώ παράλληλα εξηγείται ο τρόπος χρήσης της. Ακολούθως, γίνεται επιγραμματική αναφορά στις παραμέτρους της μεθόδου, με ιδιαίτερη αναφορά στο συντελεστή διαβρωτικότητας R και τον αναλυτικό τρόπο υπολογισμού του. Τέλος, γίνεται αναφορά στην εξέλιξη της μεθόδου RUSLE με την πάροδο του χρόνου και την εμφάνιση της μεθόδου-λογισμικού RUSLE2.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αφού γίνει εκτενής αναφορά στις βασικές αρχές προγραμματισμού της γλώσσας Matlab, γίνεται ανάπτυξη της εφαρμογής υπολογισμού του συντελεστή διαβρωτικότητας, και πιο συγκεκριμένα: Παρουσίαση των δεδομένων εισόδου και της μορφοποίησης που πρέπει να έχουν, αναφορά στις βασικές ενότητες λειτουργίας του κώδικα του προγράμματος και του σκοπού που η κάθε ενότητα επιτελεί, παρουσίαση της μορφής των δεδομένων εξόδου και πιθανών τρόπων επεξεργασίας τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναφέρονται επιγραμματικά τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, ιδιαίτερα εκείνα που αφορούν τον υετό. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα βασικότερα αποτελέσματα από το πρόγραμμα Matlab για τους σταθμούς μελέτης, αλλά και ο σχολιασμός και η προσπάθεια ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Ακόμη, επιχειρείται έλεγχος της ορθότητας των εμπειρικών συσχετισμών του συντελεστή διαβρωτικότητας με άλλα μεγέθη, όπως ο ετήσιος υετός και το MFI. Τέλος, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με εκείνα της βάσης δεδομένων REDES, όχι μόνο στην περιοχή μελέτης της Αττικής, αλλά και σε επιπλέον περιοχές εντός του Ελλαδικού χώρου.

2. Μέθοδος RUSLE

2.1. Ιστορική ανασκόπηση μεθόδου RUSLE

Η μέθοδος RUSLE είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα μοντέλα εδαφικής διάβρωσης παγκοσμίως. Οι εντατικές μελέτες της εδαφικής διάβρωσης και της επίδρασής της στην αγροτική παραγωγή ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1930.

Περίπου το 1940 ξεκίνησαν οι προσπάθειες ανάπτυξης ενός μοντέλου για την ποσοτική εκτίμηση της εδαφικής διάβρωσης. Η εξίσωση που προέκυψε πήρε την ονομασία της από την περιοχή στην οποία έγιναν οι μελέτες, το Corn Belt των ΗΠΑ (Michigan State University, 2002). Αμέσως έγινε αντιληπτό ότι η ποσοτική εκτίμηση της διάβρωσης έχει πολλαπλά οφέλη και θα μπορούσε να γίνει και σε άλλες περιοχές ως μια γενικότερη μελέτη.

Το 1946, μια ομάδα επιστημόνων ειδικών πάνω στην εδαφική διάβρωση προχώρησαν ένα ερευνητικό πρόγραμμα στο Οχάιο στο οποίο επανεκτίμησαν τις παραμέτρους της εξίσωσης του Corn Belt και πρόσθεσαν μια παράμετρο για τη διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης. Αργότερα, με ενέργεια του υπουργείου γεωργίας των ΗΠΑ, έγιναν περαιτέρω μελέτες σε όλη την επικράτεια της χώρας και δημιουργήθηκε μια τεράστια βάση δεδομένων εδαφικής διάβρωσης.

Βασιζόμενοι σε αυτή τη βάση δεδομένων και σε άλλες επιστημονικές μελέτες, οι Wishmeier and Smith, 1965, δημοσίευσαν στο εγχειρίδιο 282 του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ την μέθοδο USLE (Universal Soil Loss Equation). Η USLE είναι το τεχνολογικό εργαλείο το οποίο θεωρείται πρόγονος της μεθόδου RUSLE. Η μέθοδος βασίζεται στον πολλαπλασιασμό έξι συντελεστών για την εκτίμηση της εδαφικής απώλειας. Αργότερα, οι Wishmeier and Smith, 1978, σε μεταγενέστερο εγχειρίδιο(537) του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ, δημοσιεύουν την αναθεώρησή της. Παρά το γεγονός ότι η USLE αποτελούσε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο εκτίμησης της εδαφικής διάβρωσης, παρουσίαζε κάποια χαρακτηριστικά τα οποία δυσχέραιναν κάπως το έργο των ερευνητών αλλά και όσους τη χρησιμοποιούσαν.

Συγκεκριμένα, η μέθοδος αφορούσε εδάφη με καθορισμένες χρήσεις γης και διαχειριστικές πρακτικές, αλλά και συγκεκριμένα εύρη τιμών για τις εδαφικές κλίσεις. Επίσης, η χρήση της USLE παρουσιάζει προβλήματα όταν οι συντελεστές της εξίσωσης δε μπορούν εύκολα να υπολογιστούν, όπως για παράδειγμα σε αστικές περιοχές με μικτές χρήσεις γης. Αυτό είναι φυσιολογικό αν σκεφτεί κανείς ότι η USLE δημιουργήθηκε με σκοπό να μελετήσει εναλλακτικές διαχειριστικές πρακτικές μείωσης της εδαφικής απώλειας σε καθορισμένες εκτάσεις σε επίπεδο αγρού (Βαχαβιώλος, 2014). Τέλος, με τη μέθοδο USLE είναι πολύ δύσκολη η μετατροπή διάβρωσης σε στερεοαπορροή και δεν μπορούμε να εκτιμήσουμε διάβρωση από μεμονωμένα πλημμυρικά επεισόδια.

Μια πρώτη βελτίωση της μεθόδου έγινε το στις αρχές της δεκαετίας του 1990 από τους Renard and Freimund, 1994, όπου δημοσιεύτηκαν αναλυτικές σχέσεις για τον υπολογισμό του συντελεστή χρήσης γης για εκτάσεις οι οποίες δεν ήταν καλλιεργήσιμες αλλά είχαν άλλες χρήσεις. Αργότερα, εμφανίζεται από τους Renard et al, 1997, η μέθοδος RUSLE, η αναθεωρημένη έκδοση δηλαδή της μεθόδου USLE, η οποία με τη βοήθεια πανεπιστημιακών ερευνών και περαιτέρω αναθεωρήσεων μας παρέχει πλέον ένα μοντέλο άκρως εύχρηστο για πιο απότομες κλίσεις γης, για διάφορες χρήσεις γης των εκτάσεων, και μας επέτρεψε να μελετήσουμε την εδαφική διάβρωση σε επίπεδο λεκάνης απορροής και όχι αγρού. Τέλος, με τη βοήθεια του συντελεστή SDR (Sediment Delivery Ratio), μπορούμε να συνδέσουμε την εδαφική διάβρωση με τη στερεοαπορροή.

2.2. Συντελεστές της μεθόδου RUSLE

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μέθοδος RUSLE εκτιμάει διάβρωση ως γινόμενο μιας πολλαπλασιαστικής σχέσης συντελεστών:

$$A=R*K*L*S*C*P \quad \text{όπου}$$

A: χρονικά και χωρικά μέση εδαφική απώλεια (t/ha/year)

R: Συντελεστής διαβρωτικότητας βροχόπτωσης (MJ*mm/ha/h/year)

Θα γίνει εκτενής αναφορά στο συγκεκριμένο συντελεστή στα επόμενα κεφάλαια.

K: Συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους (t*h/MJ/mm)

Ο συντελεστής μεταβάλλεται ανάλογα με τον εδαφικό και γεωλογικό σχηματισμό του εκάστοτε εδάφους. Η εκτίμησή του μπορεί να γίνει είτε μέσω νομογραφημάτων είτε μέσω επιλογής τιμών από τη βιβλιογραφία. Συνήθεις τιμές του είναι από 0.01-0.04.

L*S: Συντελεστής μήκους κλίσης και βαθμού κλίσης

Χρησιμοποιούνται διάφορες σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών. Οι περισσότερες εμπεριέχουν το μήκος κλίσης πλαγιάς λ (σε m), και το βαθμό κλίσης πλαγιάς β (σε μοίρες). Στο εγχειρίδιο της RUSLE χρησιμοποιείται η σχέση (Mc Cool et al, 1987) :

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^n * (10.8\sin\beta + 0.03) \quad , S < 9\%$$

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^n * (16.8\sin\beta - 0.59) \quad , S > 9\%$$

C: Συντελεστής κάλυψης-διαχείρισης γης

Υπολογίζεται από τη σχέση $C=PLU \cdot CC \cdot SC \cdot SR \cdot SM$

PLU: συντελεστής πρότερης χρήσης γης (Prior Land Use) – εύρος 0~1

CC: συντελεστής φυτοκάλυψης (Canopy Cover) – εύρος 0~1

SC: συντελεστής επιφανειακής κάλυψης (Surface Cover) – εύρος 0~1

SR: συντελεστής εδαφικής τραχύτητας (Surface Roughness) – εύρος 0~1

SM: συντελεστής εδαφικής υγρασίας (Soil Moisture) – εύρος 0~1

P: Συντελεστής ελέγχου της διάβρωσης

Ο συντελεστής ελέγχου της διάβρωσης λαμβάνει τιμές από 0~1, και αντικατοπτρίζει την επίδραση που μπορούν να έχουν διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές στην

απομείωση της εδαφικής διάβρωσης. Τέτοιες τεχνικές αποτελούν:
η καλλιέργεια παράλληλα με τις ισοϋψείς ($P=0.6-0.9$),
η καλλιέργεια με λωρίδες εναλλασσόμενων καλλιεργειών ($P=0.3-0.45$),
και η καλλιέργεια με χρήση αναβαθμίδων ($P=0.12-0.18$)

Για καθένα από τους συντελεστές της μεθόδου ο ερευνητής πρέπει να κάνει αναλυτική μελέτη βιβλιογραφικών αναφορών και χρησιμοποιώντας ορθά την κρίση του να κάνει τις κατάλληλες παραδοχές και προσαρμογές και να επιλέξει σωστά τις εκάστοτε παραμέτρους.

Ο βασικότερος όμως από τους έξι συντελεστές στον οποίο υπάρχουν αρκετές ασυμφωνίες στον υπολογισμό αλλά και έλλειψη απαιτούμενων δεδομένων είναι ο συντελεστής R, ή συντελεστής διαβρωτικότητας βροχόπτωσης.

2.3. Ο συντελεστής R

Ο αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή διαβρωτικότητας βροχόπτωσης είναι απ τα βασικότερα στοιχεία για να χρησιμοποιηθεί σωστά η μέθοδος RUSLE. Η διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης είναι υψίστης σημασίας στο μοντέλο εδαφικής διάβρωσης της μεθόδου RUSLE, καθώς οι βροχοπτώσεις είναι η κινητήρια δύναμη της διάβρωσης και έχουν άμεσο αντίκτυπο για την απόσπαση των σωματιδίων του εδάφους και τη μεταφορά των διαβρωμένων σωματιδίων μέσω της απορροής.

Αρχικά, αντί της σημερινής μορφής του συντελεστή, είχε προταθεί η απευθείας σύνδεση της διάβρωσης με τις μέγιστες τιμές έντασης βροχόπτωσης στα ακραία πλημμυρικά επεισόδια, κάτι που στη συνέχεια φάνηκε πως δεν έβγαζε ορθά αποτελέσματα. Πιο ακριβής θεωρήθηκε η αθροιστική επιρροή στη διάβρωση τόσο των σημαντικών όσο και των πιο ήπιων πλημμυρικών επεισοδίων. Να επισημάνουμε πως οι διαβρωτικές δυνάμεις της απορροής λόγω τήξεως των χιονιών, της βροχής στο παγωμένο έδαφος, ή της άρδευσης δεν περιλαμβάνονται σε αυτό το συντελεστή.

Η μεθοδολογία υπολογισμού του R απαιτεί πολυετή δεδομένα, μεγαλύτερα των είκοσι ετών, από μετεωρολογικούς σταθμούς και πιο συγκεκριμένα από βροχογράφους που βρίσκονται όσο το δυνατόν πλησίον των εκτάσεων που μελετώνται. Επίσης, τα δεδομένα αυτά πρέπει να είναι διαθέσιμα σε μικρά χρονικά βήματα (από 1 έως 30 λεπτά), για να είναι δυνατός ο υπολογισμός της μέγιστης έντασης 30 λεπτών (I30), που όπως θα δούμε παρακάτω είναι βασική παράμετρος στους υπολογισμούς. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι αποδεκτά και δεδομένα βήματος 60 min, όπου ο υπολογισμός της I30 γίνεται εμμέσως μέσω συσχέτισης με την I60, τη μέγιστη ωριαία ένταση.

Αναλυτικότερα, για τον υπολογισμό του ετήσιου συντελεστή διαβρωτικότητας πρέπει να υπολογιστούν οι επιμέρους συντελεστές διαβρωτικότητας για κάθε επεισόδιο βροχής μεγαλύτερο από 12.7 mm και να αθροιστούν. Εάν κατά τη διάρκεια κάποιου επεισοδίου βροχόπτωσης εμφανιστεί χρονικό διάστημα 5 έως 7 ωρών με μηδενικό υετό, το επεισόδιο χωρίζεται σε δύο επεισόδια. Για τον υπολογισμό R σε επίπεδο επεισοδίου αρκεί να υπολογίσουμε την ενέργεια του επεισοδίου (E) και να την πολλαπλασιάσουμε με τη μέγιστη ένταση μισάωρου I30, με μονάδες μέτρησης MJ/ha/year και mm/h αντίστοιχα. Ας δούμε πιο αναλυτικά τις σχέσεις με τις οποίες υπολογίζουμε το R.

Ο μέσος ετήσιος συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχής R προκύπτει:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (EI_{30})_k \quad \text{όπου:}$$

n: έτη μετρήσεων

j: δείκτης αριθμού ετών μετρήσεων

m: συνολικά επεισόδια βροχής

k: δείκτης αριθμού επεισοδίων βροχής

E: συνολική κινητική ενέργεια βροχής (MJ/ha)

I30: μέγιστη ένταση μισάωρου (mm/h)

Ακόμη, για τον υπολογισμό του R χρειάζονται οι σχέσεις που διέπουν τον υπολογισμό της κινητικής ενέργειας του κάθε επεισοδίου βροχής

$$E = \sum_{r=1}^m er * \Delta Vr \quad \text{Όπου:}$$

m: επιμέρους διάστημα επεισοδίου βροχής με σταθερή βροχόπτωση

r: δείκτης επιμέρους διαστήματος

er: ειδική κινητική ενέργεια επιμέρους διαστήματος επεισοδίου βροχής

(MJ/ha/mm)

ΔVr : ύψος βροχής επιμέρους διαστήματος (mm)

Τέλος, για τον υπολογισμό της ειδικής κινητικής ενέργειας της βροχής κάθε επιμέρους διαστήματος χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$er = 0.29[1 - 0.72 \exp(-0.05ir)] \quad \text{Όπου:}$$

ir: ένταση βροχής επιμέρους διαστήματος (mm/h)

2.4. Ο συντελεστής διαβρωτικότητας R στη μέθοδο RUSLE2

Σήμερα, η μέθοδος RUSLE είναι από τα πιο διαδεδομένα μοντέλα διάβρωσης παγκοσμίως, αλλά καθώς η επιστήμη εξελίσσεται συνεχώς, τείνει να αντικατασταθεί από μια πιο σύγχρονη έκδοσή της, τη RUSLE2. Η RUSLE2 είναι μια μεθοδολογικό που διατίθεται με δωρεάν πρόσβαση στην ιστοσελίδα του υπουργείου γεωργίας των ΗΠΑ (www.ars.usda.gov), και αποτελεί εξέλιξη της κλασικής μεθόδου RUSLE, καθώς η λογική του πολλαπλασιασμού έξι συντελεστών παραμένει ίδια, ενώ αλλάζει κάπως ο τρόπος που υπολογίζονται οι συντελεστές. Επίσης, ο υπολογισμός των συντελεστών και της συνολικής διαβρωτικότητας δε γίνονται πλέον σε όρους μέσω ετήσιων τιμών αλλά σε όρους μέσω ημερήσιων τιμών.

Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούμε μόνο στις αλλαγές που επέφερε η RUSLE2 στον υπολογισμό του συντελεστή διαβρωτικότητας. Η βασική αλλαγή που επέφερε η εξέλιξη της μεθόδου είναι ότι δεν έχουμε πια ένα ενιαίο συντελεστή διαβρωτικότητας βροχόπτωσης (R), αλλά τέσσερις παραμέτρους, καλούμενοι και ως παράμετροι κλίματος (USDA, Science documentation-RUSLE2, Washington 2013). Οι παράμετροι αυτοί είναι:

1. Παράμετρος μηνιαίας διαβρωτικότητας
2. Παράμετρος μηνιαίας βροχόπτωσης
3. Παράμετρος θερμοκρασίας
4. Παράμετρος καταιγίδας 10ετών 24ωρών

Η πρώτη από τις τέσσερις παραμέτρους είναι η ίδια που χρησιμοποιείται και στην κλασική μέθοδο RUSLE, το γνωστό R, όμως ο υπολογισμός του πλέον έχει προταθεί να γίνεται με τον πολλαπλασιασμό της Μέσης Μηνιαίας Πυκνότητας Διαβρωτικότητας και του Μέσου Μηνιαίου Υετού, δηλαδή ισχύει η σχέση :

$R = a * P$ όπου:

R: Μέσος μηνιαίος συντελεστής διαβρωτικότητας (MJ*mm/ha/hr/year)

a: Μέση μηνιαία πυκνότητα διαβρωτικότητας (MJ/ha/hr/year)

P: Μέσος μηνιαίος Υετός (mm)

Η πυκνότητα διαβρωτικότητας είναι μια νέα έννοια που εισάγεται στους υπολογισμούς. Σαν μέγεθος έχει τη φυσική σημασία ότι όσο μεγαλύτερη είναι τόσο το καθεστώς βροχοπτώσεων μιας περιοχής χαρακτηρίζεται από δυνατές καταιγίδες μικρής διάρκειας, ενώ όταν είναι μικρή σημαίνει ότι στην περιοχή έχουμε πιο ομαλά και μεγαλύτερης διάρκειας επεισόδια βροχής. Οι παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό είναι σε μέσες μηνιαίες τιμές, ενώ εκείνο τις μετατρέπει σε μέσες ημερήσιες.

Οι υπόλοιπες δύο παράμετροι εισαγωγής είναι πιο εύκολες στη διαχείριση, καθώς η μέση μηνιαία βροχόπτωση και η θερμοκρασία είναι συνήθως γνωστές από διαθέσιμα δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών.

Η τέταρτη παράμετρος (Παράμετρος καταιγίδας 10 ετών 24 ωρών), εισάγεται στη RUSLE2 για να συνυπολογίσει επιδράσεις μιας ακραίας καταιγίδας στη διάβρωση. Η παράμετρος, έστω $R_{καταιγίδας}$ μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$R_{καταιγίδας} = 2 * a_m * P_{καταιγίδας}$

Όπου a_m : Μέγιστη μηνιαία πυκνότητα διαβρωτικότητας

$P_{καταιγίδας}$: Υετός της καταιγίδας 10ετών/24ωρών

Ως υετό καταιγίδας 10 ετών/24 ωρών εννοούμε τον μέγιστο υετό που θα φέρει στη διάρκεια 24 ωρών η καταιγίδα σχεδιασμού με περίοδο επαναφοράς 10 έτη.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι παρά την εξέλιξη της μεθόδου RUSLE και την εισαγωγή νέων παραμέτρων στο λογισμικό RUSLE2, είναι ακόμα ύψιστης σημασίας η γνώση του συντελεστή διαβρωτικότητας R , τόσο σε επίπεδο μηνιαίο όσο και σε επίπεδο ακραίων πλημμυρικών επεισοδίων.

3.Ανάπτυξη εφαρμογής στο Matlab

3.1. Γενικές αρχές προγράμματος Matlab

Το Matlab είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλών επιδόσεων. Σχεδιασμένη από τον Αμερικανό Cleve Moler στη δεκαετία του 1970, κυκλοφόρησε στην αγορά για πρώτη φορά από την εταιρία Mathworks, το 1984. Κατατάσσεται στις γλώσσες προγραμματισμού τέταρτης γενιάς. Η ονομασία του προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Matrix Laboratory και δηλώνει ότι είναι ειδικά σχεδιασμένο για υπολογισμούς με πίνακες, όπως η επίλυση γραμμικών συστημάτων, η εύρεση ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων, η αντιστροφή τετραγωνικού πίνακα κλπ.

Παρόλο που το Matlab χρησιμοποιείται κυρίως για την επίλυση δύσκολων μαθηματικών προβλημάτων, αποτελεί μια καλή επιλογή για την ανάπτυξη προγραμμάτων καθώς περιέχει εντολές από τη C++, όπως τη while, την if και τη switch, ενώ είναι γρήγορο στην εκμάθηση αλλά και εύκολο στη χρήση. Παράλληλα, είναι εφοδιασμένο με ένα εκτενές σύστημα βοήθειας όπου κάθε εντολή επεξηγείται αναλυτικά και ακολουθείται από αντιπροσωπευτικά παραδείγματα. Ακόμη, το περιβάλλον εργασίας του Matlab διαθέτει ένα σύνολο χρήσιμων εργαλείων που βοηθούν το χρήστη ή τον προγραμματιστή, συμπεριλαμβανομένων των εργαλείων για την ανάπτυξη, τη διαχείριση και τον εντοπισμό σφαλμάτων. Τα προγράμματα μπορούν να εκτελούνται βήμα προς βήμα με πρόσβαση σε όλες τις μεταβλητές και λειτουργίες.

Το βασικό χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος Matlab είναι η βιβλιοθήκη συναρτήσεων. Είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή υπολογιστικών αλγορίθμων που περιλαμβάνει στοιχειώδεις συναρτήσεις (άθροισμα, ημίτονο, αριθμητική μιγαδικών αριθμών) αλλά και πιο εξελιγμένα μαθηματικά (αντιστροφή μητρώων, ιδιοτιμές μητρώων, μετασχηματισμός Fourier, επιλύσεις διαφορικών εξισώσεων). Επιπλέον, το Matlab διαθέτει μια οικογένεια από συγκεκριμένες εφαρμογές λύσεων που ονομάζονται εργαλειοθήκες. Οι εργαλειοθήκες αποτελούν ολοκληρωμένες συλλογές συναρτήσεων που επεκτείνουν το περιβάλλον του Matlab με σκοπό την επίλυση κάποιων ειδικών κατηγοριών προβλημάτων. Τέλος, το σύστημα γραφικών του Matlab περιλαμβάνει εντολές υψηλού επιπέδου, όπως για παράδειγμα

δισδιάστατη και τρισδιάστατη αναπαράσταση δεδομένων σε γραφήματα, επεξεργασία εικόνας και animation, ενώ μπορεί να το χρησιμοποιήσει κανείς ως εργαλείο στατιστικής υλοποιώντας ραβδογράμματα, ιστογράμματα, εμβοδογράμματα. Τα βασικά μέρη του περιβάλλοντος Matlab, τα οποία αξιοποιεί ο χρήστης για την εκτέλεση των πράξεων, είναι: το Παράθυρο διαχείρισης(Command Window) και ο Βασικός χώρος λειτουργίας(Workspace) .

Στο παρών πρόγραμμα που αναπτύχθηκε χρειάστηκαν βασικά προγραμματιστικά εργαλεία όπως η χρήση πολλαπλών βρόχων for, η χρήση των εντολών if και break, βασικές πράξεις μεταξύ μητρώων και αριθμών και βασικές εντολές για τη μορφοποίηση των δεδομένων εξόδου. Για την καλύτερη κατανόηση του προγράμματος από τον αναγνώστη έχουν προστεθεί σε διάφορα σημεία σχόλια-επικεφαλίδες που δε μετέχουν στους υπολογισμούς και χωρίζουν το πρόγραμμα σε διάφορα τμήματα – υπορουτίνες.

3.2.Κυρίως πρόγραμμα υπολογισμού συντελεστή R στη μέθοδο RUSLE

Όπως είπαμε και προηγουμένως, η μέθοδος RUSLE είναι ένα βασικό εργαλείο στα χέρια της επιστήμης του μηχανικού που βοηθά στον υπολογισμό της εκτιμώμενης εδαφικής απώλειας ανά έτος και κατ' επέκταση στην εκτίμηση στερεομεταφοράς. Για τον υπολογισμό των παραπάνω μεγεθών είναι απαραίτητη η γνώση των συντελεστών : R, K, L, S, C, P, τους οποίους πολλαπλασιάζουμε μεταξύ τους ώστε να υπολογίσουμε την εκτιμώμενη εδαφική απώλεια.

Το παρόν πρόγραμμα είναι γραμμένο σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab και στοχεύει στον αναλυτικό υπολογισμό του συντελεστή R ή συντελεστή διαβρωτικότητας βροχόπτωσης έχοντας ως δεδομένα μακροχρόνια ιστορικά βροχοπτώσεων με μικρό χρονικό βήμα. Ο κώδικας που γράφτηκε παρουσιάζεται στο Παράρτημα.

α) Δεδομένα εισόδου: Η σωστή εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα αποτελείται από δύο σκέλη. Στο πρώτο και πιο σημαντικό σκέλος ο χρήστης καλείται να εισάγει τα δεδομένα βροχοπτώσεων σε ένα κείμενο μορφής txt, και συγκεκριμένα στο αρχείο archive.txt. Συνήθως ο χρήστης έχει στην κατοχή του ένα άλλο κείμενο txt, καλούμενο και ως χρονοσειρά, κατεβασμένο απ το διαδίκτυο ή από άλλη πηγή, το οποίο θα δούμε παρακάτω ότι οφείλει να τηρεί ορισμένες προδιαγραφές. Για την ορθή λειτουργία του προγράμματος, η χρονοσειρά που έχει στην κατοχή του ο χρήστης θα υποστεί μορφοποίηση, και μόνο όταν πληροί τις προδιαγραφές θα μεταφερθούν με αντιγραφή επικόλληση τα δεδομένα στο αρχείο archive.txt, το οποίο είναι και το αρχείο που αναγνωρίζει το Matlab ως αρχείο εισόδου. Είναι αυτονόητο πως εάν ο χρήστης ξεχάσει να μεταφέρει τα δεδομένα στο αρχείο εισόδου και τρέξει το πρόγραμμα με δεδομένα προηγούμενου αρχείου-χρονοσειράς, το Matlab θα βγάλει εσφαλμένα αποτελέσματα.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το κείμενο μορφής txt πρέπει να είναι σε συγκεκριμένη μορφοποίηση, δηλαδή

- i) να μην περιέχει κείμενο παρά μόνο αριθμούς
- ii) οι αριθμοί να περιέχονται σε μορφή μητρώου $N \times 6$, όπου οι N γραμμές είναι ο αριθμός των επιμέρους χρονικών βημάτων (πχ δεκάλεπτα) της χρονοσειράς, ενώ οι 6 στήλες περιέχουν τα εξής στοιχεία: Έτος, Μήνας, Ημέρα, Ώρα, Λεπτά, Συνολικός Υετός Χρονικού Βήματος σε mm.

Κάτι πολύ βασικό είναι όλοι οι αριθμοί της κάθε στήλης να είναι διαχωρισμένοι μεταξύ τους με κόμμα (comma delimited) είτε με κενό (space delimited), ενώ τα δεκαδικά ψηφία να συμβολίζονται οπωσδήποτε με τελεία (.). Αφού ο χρήστης έχει ενημερώσει το αρχείο εισόδου με τα σωστά δεδομένα, τότε και μόνο μπορεί να τρέξει το πρόγραμμα. Ένα παράδειγμα χρονοσειράς με τη συγκεκριμένη μορφοποίηση που προαναφέρθηκε φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 3.1:

```
2005,02,25 12,00,0,  
2005,02,25 12,10,0,  
2005,02,25 12,20,0,  
2005,02,25 12,30,0,  
2005,02,25 12,40,0,  
2005,02,25 12,50,0,  
2005,02,25 13,00,0,  
2005,02,25 13,10,0,  
2005,02,25 13,20,0,  
2005,02,25 13,30,0,  
2005,02,25 13,40,0,  
2005,02,25 13,50,0,  
2005,02,25 14,00,0,  
2005,02,25 14,10,0,  
2005,02,25 14,20,0,  
2005,02,25 14,30,0,  
2005,02,25 14,40,0,  
2005,02,25 14,50,0,  
2005,02,25 15,00,0,
```

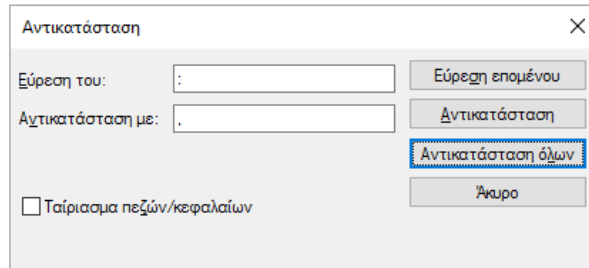
Εικόνα 3.1: Παράδειγμα Χρονοσειράς

Στην παρούσα εργασία οι χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν κυρίως από την ιστοσελίδα hoa.ntua.gr, όπου είχαμε δεκάλεπτα δεδομένα από σταθμούς στην Αττική, με μορφοποίηση αρκετά καλή. Δοκιμάστηκαν όμως και χρονοσειρές από άλλους σταθμούς, όπως του Καρπενησίου, της Λήμνου, της Κω, με δεδομένα πεντάλεπτα και δεκαπεντάλεπτα, ενώ η μορφοποίηση των δεδομένων εισόδου χρειάστηκε αρκετή επεξεργασία για να μπορέσει να διαβαστεί από το πρόγραμμα.

Πιθανά προβλήματα που παρουσιάστηκαν στη μορφοποίηση της χρονοσειράς και πως αντιμετωπίστηκαν:

Από τις χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι αξιοσημείωτο πως καμία δεν αναγνωρίστηκε από το Matlab χωρίς να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία. Το βασικότερο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν η αντικατάσταση κάποιων χαρακτήρων με κάποιους άλλους στο αρχείο txt, χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα ctrl+h, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.

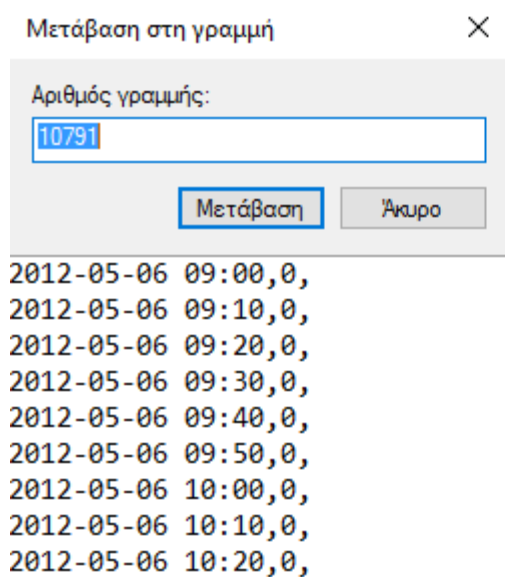
2005-02-25 12,00,0,
 2005-02-25 12,10,0,
 2005-02-25 12,20,0,
 2005-02-25 12,30,0,
 2005-02-25 12,40,0,
 2005-02-25 12,50,0,
 2005-02-25 13,00,0,
 2005-02-25 13,10,0,
 2005-02-25 13,20,0,
 2005-02-25 13,30,0,
 2005-02-25 13,40,0,
 2005-02-25 13,50,0,
 2005-02-25 14,00,0,
 2005-02-25 14,10,0,
 2005-02-25 14,20,0,
 2005-02-25 14,30,0,
 2005-02-25 14,40,0,
 2005-02-25 14,50,0,
 2005-02-25 15,00,0,
 2005-02-25 15,10,0,
 2005-02-25 15,20,0,
 2005-02-25 15,30,0,



Εικόνα 3.2: Αντικατάσταση χαρακτήρων στο αρχείο txt

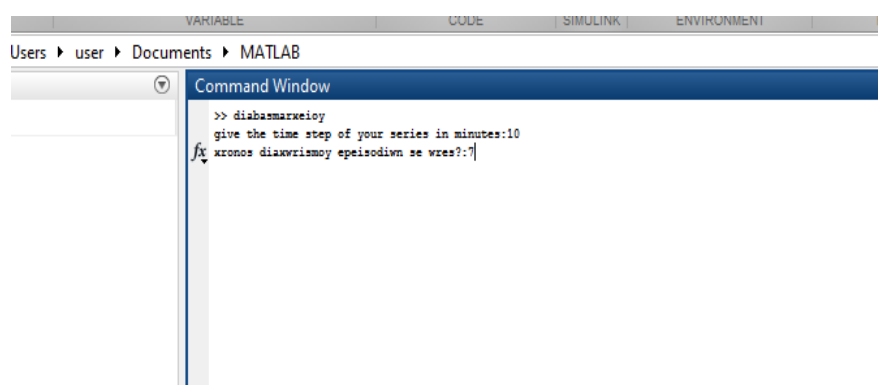
Συνήθεις χαρακτήρες που θέλουν αντικατάσταση είναι το (:) που υπάρχει μεταξύ της ώρας και των λεπτών και το (-) που βρίσκεται μεταξύ της ημερομηνίας, ενώ σε κάποιες άλλες περιπτώσεις χρειάστηκε αντικατάσταση του χαρακτήρα (,,) με τον χαρακτήρα (,0,) για να είναι συμμετρικός ο πίνακας. Τέλος, υπήρχαν χρονοσειρές όπου είχαν σε διάφορες θέσεις μη αριθμητικούς χαρακτήρες(όπως Α,Β,Κ) οι οποίοι διαγράφηκαν ή αντικαταστάθηκαν με το (0), διότι το πρόγραμμα αναγνωρίζει μόνο αριθμητικούς χαρακτήρες και όχι κείμενο.

Εάν για οποιοδήποτε λόγο παρουσιαστεί πρόβλημα κατά την εκτέλεση της ανάγνωσης του αρχείου txt απ το Matlab, διότι έχουμε ξεχάσει να αντικαταστήσουμε κάποιο χαρακτήρα, εμφανίζεται στο workspace η ακριβής γραμμή του κειμένου που εμφανίστηκε το πρόβλημα, και εμείς, πηγαίνοντας στο αρχείο κειμένου, με τη βοήθεια των πλήκτρων ctrl+g (μετάβαση) μεταβαίνουμε στην αντίστοιχη γραμμή όπου εμφανίστηκε το πρόβλημα, βλέπε εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3: Μετάβαση στη γραμμή όπου εμφανίστηκε πρόβλημα ανάγνωσης

Στο δεύτερο πιο απλό σκέλος εισαγόμενων δεδομένων θα ζητηθούν απ το χρήστη δύο μεταβλητές στο workspace, απ' τις οποίες η πρώτη δηλώνει το χρονικό βήμα των δεδομένων που μπορεί να είναι 5, 10, είτε 15 λεπτά, και η δεύτερη δηλώνει το χρόνο διαχωρισμού των επεισοδίων βροχόπτωσης(σε ώρες), δηλαδή πόσες ώρες συνεχόμενες πρέπει να υπάρχει μηδενική βροχόπτωση ώστε να θεωρηθεί ότι αρχίζει το επόμενο επεισόδιο βροχής, με συνήθη τιμή από 5 έως 7 ώρες. Βλέπουμε και τις δύο μεταβλητές εισόδου στην εικόνα 3.4.

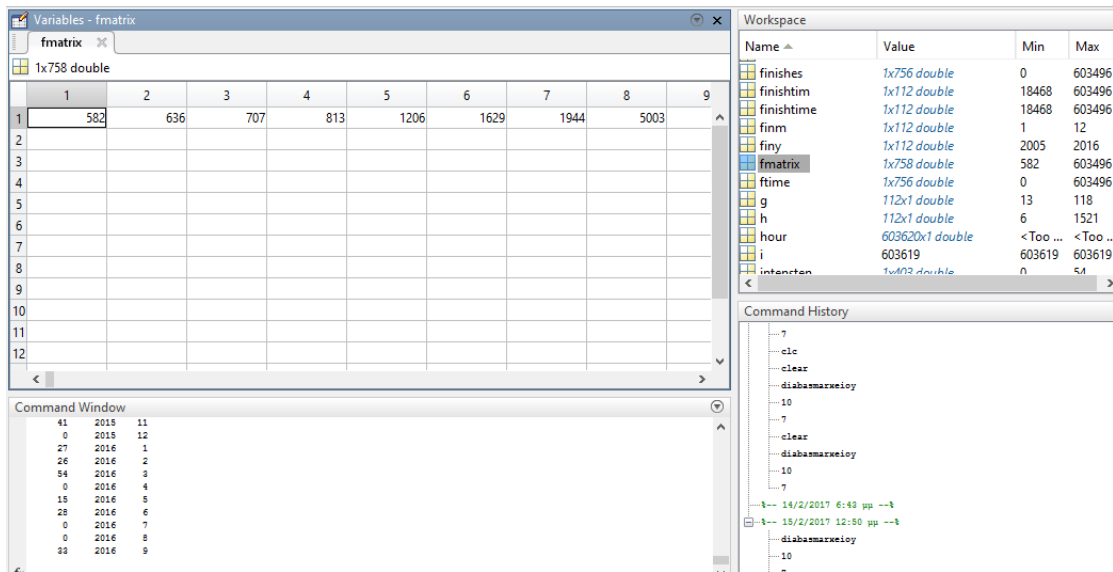


Εικόνα 3.4: Εισαγωγή μεταβλητών εισόδου στο Matlab

β) Κυρίως πρόγραμμα: Ας δούμε πιο αναλυτικά τη λειτουργία του προγράμματος. Αρχικά το πρόγραμμα φορτώνει δεδομένα από το κείμενο txt και αποθηκεύει σε 6 διαφορετικά μητρώα τα δεδομένα, 5μητρώα για την ημερομηνία (έτος, μήνας, ημέρα, ώρα, λεπτά) και 1 για το συνολικό υετό του επιμέρους χρονικού διαστήματος.

Επειδή το αρχείο εισόδου txt που αναγνωρίζει το Matlab είναι συγκεκριμένο, για να μην επέμβουμε εσωτερικά στο πρόγραμμα να το αλλάξουμε κάθε φορά που τρέχουμε δεδομένα διαφορετικού μετεωρολογικού σταθμού, κάνουμε copy-paste μια χρονοσειρά στο συγκεκριμένο αρχείο txt το οποίο θα αλλάζει κάθε φορά δεδομένα.

Ακολούθως, το πρόγραμμα ζητάει τα δεδομένα εισόδου, και αφού τα εισάγουμε ξεκινάει να διαχωρίζει τα επεισόδια ως εξής: Ως αρχή του πρώτου επεισοδίου αναγνωρίζει το πρώτο χρονικό βήμα στο οποίο παρατηρείται συνολικός υετός μεγαλύτερος από 0.1mm, ενώ ως τέλος του πρώτου επεισοδίου αναγνωρίζει το πρώτο χρονικό βήμα μετά την αρχή του επεισοδίου στο οποίο παρατηρείται ο υετός να μηδενίζεται και να διατηρείται μηδενικός για αρκετές ώρες, συνήθως 5-7 ώρες (είναι ένα από τα δεδομένα εισόδου). Μετά, το πρόγραμμα υπολογίζει την αρχή του επόμενου επεισοδίου και το τέλος του, και συνεχίζει έως ότου υπολογίσει όλα τα επεισόδια παράγοντας δύο μητρώα, απ τα οποία το πρώτο αποθηκεύει τα χρονικά βήματα που αρχίζουν όλα τα επεισόδια και το δεύτερο τα χρονικά βήματα που τελειώνουν όλα τα επεισόδια. Τα μητρώα αυτά αποθηκεύονται εσωτερικά στο περιβάλλον του Matlab και δεν εμφανίζονται κατά την εκτέλεση του προγράμματος, παρά μόνο εάν αναζητήσουμε τις συγκεκριμένες μεταβλητές smatrix και fmatrix, όπως στην εικόνα 3.5.



Εικόνα 3.5: Μεταβλητές στο workspace

Επόμενο βήμα της ρουτίνας είναι να απαλείψει τα επεισόδια τα οποία έχουν συνολικό υετό μικρότερο των 12.7 mm, ένα απ' τα πιο σύνθετα κομμάτια του προγράμματος. Στην εικόνα 3.6 φαίνεται τμήμα του κώδικα:

```

62
63 %ΑΠΑΛΟΙΦΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΕΤΟ <12.7mm
64 - a=size(smatrix);
65 - b=a(1,2);
66 - for i=1:b
67 -     yet=0;
68 -     k=episodest(i);
69 -     l=episodefim(i);
70 -     for m=k:l
71 -         yet=yet+milimeters(m);
72 -     end
73 -     yeto(i)=yet;
74 - end
75 - yetos=yeto;
76
77
78
79 - for i=1:b
80 -     if yetos(i)>12.7
81 -         starts(i)=episodest(i);
82 -         finishes(i)=episodefim(i);
83 -     end
84 - end
85 - stime=starts;
86 - ftime=finishes;
87 - j=0;
88 - a=size(stime);

```

Εικόνα 3.6: Απαλοιφή επεισοδίων(τμήμα κώδικα)

Ως αποτέλεσμα της διαδικασίας παράγεται το τελικό μητρώο που περιέχει τις ημερομηνίες αρχής και τέλους του κάθε επεισοδίου, το οποίο χρησιμοποιείται για βάση στον υπολογισμό του R.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο υπολογισμός της ενέργειας του κάθε επεισοδίου, ο υπολογισμός του μέγιστου μισάωρου, και ο παραγόμενος συντελεστής R, χρησιμοποιώντας τις παρακάτω σχέσεις

$$1. er(i) = 0.29 - 0.209 \exp(-0.05ir), \text{ όπου}$$

i: επιμέρους χρονικά βήματα

$$2. E_j = \sum er(i) * \Delta Vr(i), \text{ όπου}$$

j: αριθμός επεισοδίου,

ΔVr : υετός επιμέρους χρονικού βήματος

$$3. R_j = E_j * I30, \text{ όπου}$$

I30: η μέγιστη ένταση μισάωρου

$$4. R_{\text{ετησιο}} = \sum R_j / n, \text{ όπου}$$

n: έτη μέτρησης

Αφού παραχθούν τα μητρώα που περιέχουν την ημερομηνία, τον συνολικό υετό και το συντελεστή R του κάθε επεισοδίου ακολουθεί μια μικρή υπορουτίνα που υπολογίζει το συντελεστή R ανά μήνα καθ' όλο το εύρος του διαστήματος που έχουν γίνει οι μετρήσεις.

γ) Δεδομένα εξόδου: Τα δεδομένα εξόδου χωρίζονται σε δύο σκέλη, στα δεδομένα που εμφανίζονται στο workspace του Matlab και σε εκείνα που εξάγονται υπό μορφή αρχείου txt. Τα δεδομένα εξόδου στο workspace με τη σειρά τους χωρίζονται και εκείνα στα δεδομένα που αφορούν υπολογισμό R σε συγκεκριμένα επεισόδια

και σε εκείνα που αφορούν υπολογισμό R μηνιαίως. Η μορφή στην οποία εμφανίζεται στο workspace ο αναλυτικός υπολογισμός του R για κάθε ένα επεισόδιο βροχής που σημειώθηκε είναι η εξής:

Έτος Επεισοδίου βροχόπτωσης(αρχής και τέλους),

Μήνας Επεισοδίου βροχόπτωσης(τιμές από 1 έως 12),

Ημέρα αρχής επεισοδίου(τιμές από 1 έως 31),

Ημέρα τέλους επεισοδίου(τιμές από 1 έως 31),

Ώρα αρχής επεισοδίου(τιμές από 1 έως 24),

Ώρα τέλους επεισοδίου(τιμές από 1 έως 24),

Συνολικός υετός επεισοδίου(σε mm),

Συντελεστής R(σε MJ*mm/ha/h/year).

Στην εικόνα 3.7. φαίνεται παράδειγμα των δεδομένων εξόδου των αναλυτικών επεισοδίων βροχής ενός σταθμού.

```
>> clear
>> diabasmarkeioy
give the time step of your series in minutes:10
xronos diakwris moy epeisodiwn se wres?:7
      EPISODES CALENDAR WITH CALCULATED ACCUMULATED RAINFALL AND R FACTOR OF EACH EPISODE
      YEAR      MONTH      DAYST      DAYFIN      HOURST      HOURFIN      MILIM      Ri
2005         7         3         3         14         17         23         144
2005         9         16        16         4         10         14         5
2005         9         22        22        20        21         39        587
2006         1         5         5         5         13         30         82
2006         1         6         6         18        21         17         30
2006         1         22        23        10         1         16         9
2006         2         5         6         16         3         32        304
2006         3         7         8         22        11         17         22
2006         6         10        10         16        18         23         152
2006         10        7         8         20         0         19         110
2006         10        9         10         18         6         39         44
2006         10        30         2         11        17         35         11
2007         2         11        12         6         0         28        117
2007         3         22        23        10         1         41         38
2007         5         19        19         14        21         23        120
2007         5         24        25         14        12         15         26
2008         11        17        17         17        20         15         25
2009         2         8         8         3         7         19         32
2009         9         11        12         23        10         15         21
2009         12         2         3         13         0         14         28
2009         12         5         6         12         5         19         25
2009         12         11        11         2         7         25         53
2010         10        17        18         21         1         15         23
2010         10        18        18         9         18         21         29
2010         10        27        27         17        20         19        111
2010         11        12        13         14         7         20        120
2011         1         2         2         10        18         17         35
2011         1         12        13         13         3         17         31
2011         2         3         4         2         7         72        184
2011         4         26        27         19        10         29         45
```

Εικόνα 3.7: Αναλυτικά Επεισόδια στο workspace

Για το σκέλος δεδομένων όπου υπολογίζονται από το πρόγραμμα μηνιαίες τιμές του συντελεστή R για κάθε μήνα η μορφή των δεδομένων έχει ως εξής :

Έτος στο οποίο ανήκει ο μήνας που μας ενδιαφέρει,

Μήνας τον οποίο εξετάζουμε (τιμή από 1 έως 12),

Μηνιαίος συντελεστής R (σε MJ*mm/ha/h/year).

Ένα παράδειγμα φαίνεται στην εικόνα 3.8:

month	year	R
7	2005	144
8	2005	0
9	2005	592
10	2005	0
11	2005	0
12	2005	0
1	2006	121
2	2006	304
3	2006	22
4	2006	0
5	2006	0
6	2006	152
7	2006	0
8	2006	0
9	2006	0
10	2006	165
11	2006	0
12	2006	0

Εικόνα 3.8: Μηνιαίοι Συντελεστές R στο workspace

Τέλος, για την καλύτερη διαχείριση των δεδομένων, εμφανίζονται δύο τιμές πολύ σημαντικές για την εξαγωγή συμπερασμάτων, που εμφανίζονται μόνο στο workspace και όχι στα αρχεία txt. Αυτές είναι:

η Μέση Ετήσια Βροχόπτωση (σε mm) και

ο Μέσος Ετήσιος Συντελεστής R (σε MJ*mm/ha/hr/year),

βλέπε την εικόνα 3.9.

```

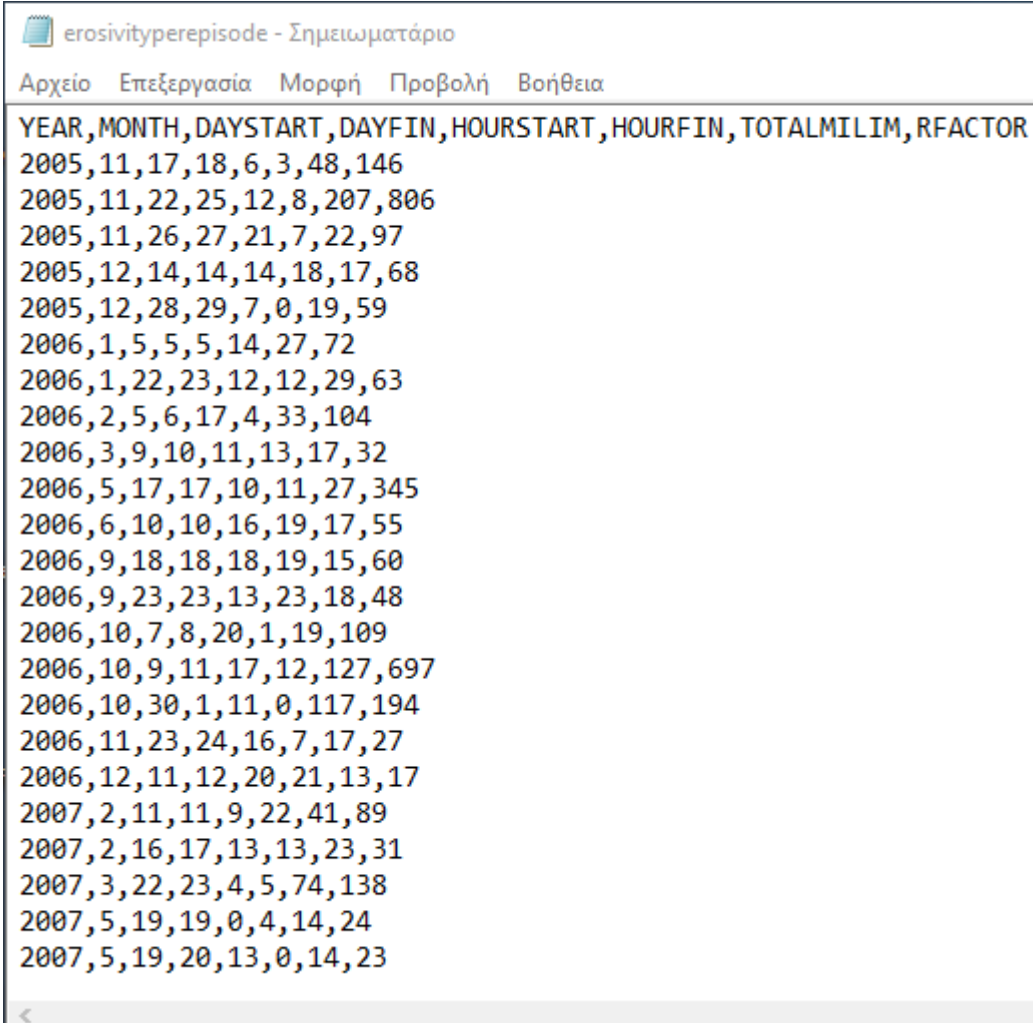
      5      2016      0
      6      2016     233
      7      2016      0
      8      2016      0
      9      2016     94
     10      2016      0
     11      2016     97

RANNUAL =
      1.4016e+03

meshethsiavrokoptwsh =
      404.4706
  
```

Εικόνα 3.9: Μέση Ετήσια Βροχόπτωση και Συντελεστής R στο workspace

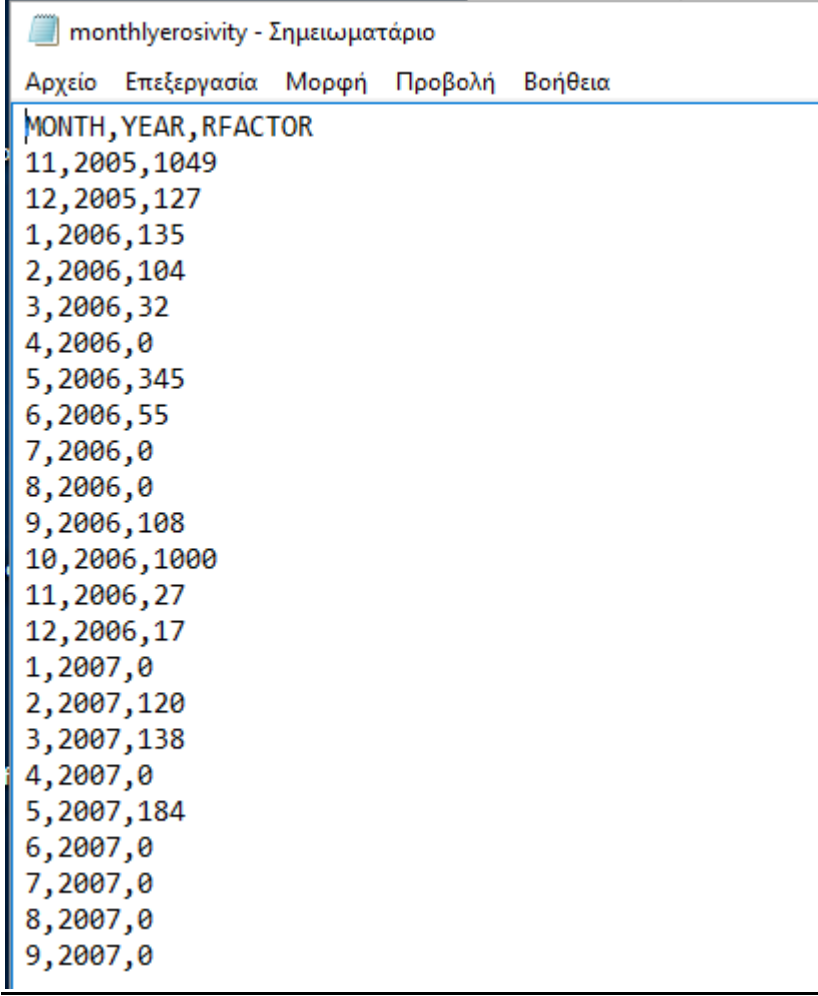
Εκτός από τα δεδομένα που εμφανίζονται στο workspace κάθε φορά που τρέχει το πρόγραμμα, για να έχουμε μια πιο εύχρηστη μορφή δεδομένων εύκολη να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο άλλο πρόγραμμα, δημιουργούνται δύο κείμενα μορφής txt που δεν περιέχουν κάτι παραπάνω από τα στοιχεία που περιγράψαμε προηγουμένως. Πιο συγκεκριμένα, στο κείμενο erosivityreperisodet.txt αποθηκεύονται σε μητρώο NX8 όλα τα στοιχεία των επιμέρους επεισοδίων που βγαίνουν και στο workspace output, πχ για τα δεδομένα του σταθμού Πεντέλης προκύπτει το κείμενο της εικόνας 3.10:



```
erosivityreperisodet - Σημειωματάριο
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια
YEAR,MONTH,DAYSTART,DAYFIN,HOURSTART,HOURFIN,TOTALMILIM,RFACOR
2005,11,17,18,6,3,48,146
2005,11,22,25,12,8,207,806
2005,11,26,27,21,7,22,97
2005,12,14,14,14,18,17,68
2005,12,28,29,7,0,19,59
2006,1,5,5,5,14,27,72
2006,1,22,23,12,12,29,63
2006,2,5,6,17,4,33,104
2006,3,9,10,11,13,17,32
2006,5,17,17,10,11,27,345
2006,6,10,10,16,19,17,55
2006,9,18,18,18,19,15,60
2006,9,23,23,13,23,18,48
2006,10,7,8,20,1,19,109
2006,10,9,11,17,12,127,697
2006,10,30,1,11,0,117,194
2006,11,23,24,16,7,17,27
2006,12,11,12,20,21,13,17
2007,2,11,11,9,22,41,89
2007,2,16,17,13,13,23,31
2007,3,22,23,4,5,74,138
2007,5,19,19,0,4,14,24
2007,5,19,20,13,0,14,23
```

Εικόνα 3.10: Διαβρωτικότητα ανά επεισόδιο στο αρχείο txt

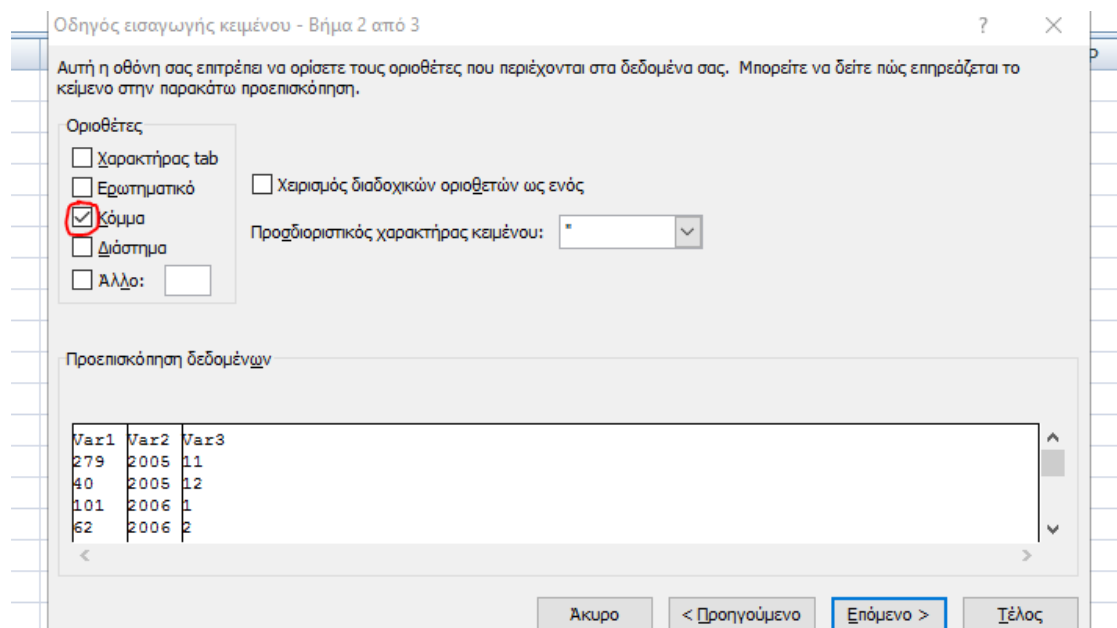
Στο κείμενο `monthlyerosivity.txt` αποθηκεύονται σε μητρώο NX3 τα στοιχεία που αφορούν μηνιαίο υπολογισμό του R(Εικόνα 3.11). Και τα δύο αρχεία κειμένου περιέχουν επικεφαλίδες στην πρώτη γραμμή για τον προσδιορισμό των εκάστοτε παραμέτρων.



```
monthlyerosivity - Σημειωματάριο
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια
MONTH, YEAR, RFACTOR
11, 2005, 1049
12, 2005, 127
1, 2006, 135
2, 2006, 104
3, 2006, 32
4, 2006, 0
5, 2006, 345
6, 2006, 55
7, 2006, 0
8, 2006, 0
9, 2006, 108
10, 2006, 1000
11, 2006, 27
12, 2006, 17
1, 2007, 0
2, 2007, 120
3, 2007, 138
4, 2007, 0
5, 2007, 184
6, 2007, 0
7, 2007, 0
8, 2007, 0
9, 2007, 0
```

Εικόνα 3.11: Μηνιαία διαβρωτικότητα στο αρχείο txt

Εάν θέλει κανείς να επεξεργαστεί τα δεδομένα των κειμένων το μόνο που πρέπει να κάνει είναι να αντιγράψει τα δεδομένα σε ένα αρχείο excel, προσέχοντας πάντα στη μορφοποίηση προορισμού οι αριθμοί να είναι `comma delimited`, όπως στην εικόνα 3.12:



Εικόνα 3.12: Μορφοποίηση προορισμού σε αρχείο excel

4.Διερεύνηση του R σε σταθμούς

4.1.Κλιματολογικές συνθήκες περιοχής μελέτης

Το κλίμα του Λεκανοπεδίου Αττικής ονομάζεται μεσογειακό. Το μεσογειακό κλίμα είναι ένα μεταβατικό κλίμα που επηρεάζεται από δύο κέντρα κλιματικής ατμοσφαιρικής δράσης, άλλοτε απ' το υποτροπικό ξηρό προς νότο κλίμα και άλλοτε από το κλίμα των 'Δυτικών επικρατούντων ανέμων προς βορρά (Γιαλαμάς Ιωάννης, η Κλιματολογία του Υετού στην Αττική). Η θέση της Μεσογείου είναι τέτοια που επηρεάζεται με συγκεκριμένη περιοδικότητα πότε απ το ένα και πότε απ το άλλο κλίμα, έχοντας ως αποτέλεσμα τους θερμούς μήνες να έχει αρκετά σταθερό καιρό τύπου Βορείου Αφρικής, ενώ τους ψυχρούς μήνες να υπάρχουν έντονες μεταβλητότητες τύπου Κεντρικής Ευρώπης.

Το μεσογειακό κλίμα ανήκει στα θαλάσσια κλίματα, επηρεάζεται δηλαδή πλήρως από τις αέριες μάζες θαλάσσιας προέλευσης. Ο υετός σε αυτό το κλίμα παρουσιάζει πλειοψηφικά το μέγιστό του κατά τη φθινοπωρινή/χειμερινή περίοδο, ενώ τη θερινή περίοδο ο υετός είναι πολύ χαμηλός έως αμελητέος.

Σε έναν από τους πλέον αντιπροσωπευτικούς μετεωρολογικούς σταθμούς του Λεκανοπεδίου της Αττικής, εκείνο του αστεροσκοπείου Αθηνών στο Λόφο Νυμφών, μετρήσεις πάνω από 100ετών έχουν δώσει μέσο ετήσιο υετό 401mm. Το ύψος αυτό τοποθετεί την περιοχή της Αττικής σε μια απ' τις φτωχότερες περιοχές της χώρας σε κατακρημνίσεις. Επειδή οι υφειακές αέριες μάζες μεταδίδονται σχεδόν πάντα από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά, η οροσειρά της Πίνδου αποτελεί τροχοπέδη για την ανάπτυξη έντονων υετικών φαινομένων περιορίζοντάς τα στο Δυτικό κομμάτι της Ελλάδος. Τα έντονα φαινόμενα κατακρημνίσεων στην Αττική παρατηρούνται μόνο κάτω από ιδιαίτερες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές δημιουργούνται όταν Νοτιοδυτικοί Άνεμοι πνέουν και κάποια ύφεση από τη Σαχάρα μεταδίδεται μέσω του Κόλπου της Σύρτης προς τα Βορειοανατολικά.

Ως προς την ποσοτική διακύμανση του υετού στην Αττική, οι μετρήσεις χρονοσειρών έχουν δείξει ότι σπάνια έως καθόλου η ετήσια βροχόπτωση ξεπερνάει τα 600mm, ενώ η ελάχιστη τιμή που έχει παρατηρηθεί ετησίως είναι περί

τα 120mm. Ο υετός όμως δε μεταβάλλεται μόνο από έτος σε έτος αλλά και χωρικά. Για παράδειγμα στο σταθμό του Άγιου Κοσμά, που βρίσκεται σε πολύ κοντινή απόσταση από τη θάλασσα, οι μετρήσεις δίνουν μέσο ετήσιο υετό μόλις 390mm. Ο υετός αυξάνεται όσο προχωρούμε από τη θάλασσα προς το εσωτερικό του Λεκανοπεδίου και ακόμα περισσότερο όταν αυξάνεται απότομα το υψόμετρο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί μέτρηση στο βουνό της Πάρνηθας όπου σε υψόμετρο 800 m ο μέσος ετήσιος υετός υπερβαίνει τα 800 mm.

Ένα εξίσου σημαντικό στοιχείο για τα βροχομετρικά δεδομένα του Λεκανοπεδίου Αττικής είναι η ραγδαιότητα της βροχής. Η ραγδαιότητα δεν είναι τόσο συνδεδεμένη ποσοτικά όσο ενεργειακά με τη βροχή. Επιγραμματικά μπορεί να πει κανείς ότι ραγδαίο θεωρείται ένα επεισόδιο βροχής που θα παρουσιάσει υψηλή ένταση σε σχέση με τη διάρκειά του. Στην Αθήνα η ραγδαιότητα παρουσιάζεται μέγιστη το μήνα Νοέμβριο, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδας όπου εμφανίζεται τον Οκτώβριο. Η ραγδαιότητα και η διαβρωτικότητα είναι δύο όροι στενά συνδεδεμένοι όταν αναφερόμαστε σε βροχοπτώσεις, αφού απότομες και ισχυρές καταιγίδες αποκολλούν μεγάλες ποσότητες εδαφικού υλικού. Ενώ δεν υπάρχει συγκεκριμένος τρόπος μέτρησης της ραγδαιότητας, συνηθισμένοι τρόποι να αναφερθούμε σε αυτήν είναι μετρώντας μέσο όρο χιλιοστών βροχόπτωσης ανά υετίσιμη μέρα, είτε με πιο εξειδικευμένους δείκτες όπως ο συντελεστής R του Wisniewski, που είναι και το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

4.2. Σταθμοί μετρήσεων

Ένας απ τους στόχους της παρούσας εργασίας είναι να εκτιμήσει βάσει μακροχρόνιων δεδομένων βροχόπτωσης μια μέση τιμή για το συντελεστή διαβρωτικότητας βροχόπτωσης στην περιοχή της Αττικής.

Γι αυτό το σκοπό έχει γίνει επιλογή οκτώ σταθμών εντός του Λεκανοπεδίου στους οποίους υπάρχουν εγκατεστημένοι βροχογράφοι στους οποίους έχουν καταγραφεί δεδομένα βροχόπτωσης 15-20 ετών με χρονικό βήμα δεκαλέπτου. Οι σταθμοί αυτοί είναι οι εξής: Άγιος Κοσμάς, Ζωγράφου, Ψυτάλλεια, Πεντέλη, Μενίδι, Ηλιούπολη, Άνω Λιόσια, Άνω Γλυφάδα*

*Στο σταθμό της Άνω Γλυφάδας έχουμε ελλιπή δεδομένα μόλις 5 ετών.



Εικόνα 4.1.Χάρτης Μετεωρολογικών Σταθμών

Στον πίνακα 4.1 παρατίθενται αρχικά τα αναγνωριστικά δεδομένα για κάθε σταθμό, συγκεκριμένα: Ονομασία, Ενεργοποίηση, Υψόμετρο, Συντεταγμένες.

Πίνακας 4.1: Στοιχεία μετεωρολογικών σταθμών

Σταθμός	Ημερομηνία Ενεργοποίησης	Υψόμετρο (m)	Τετμημένη (ΕΓΣΑ87)	Τεταγμένη (ΕΓΣΑ87)
1. Άγιος Κοσμάς	25-02-2005	6	475537,3	4194336,4
2. Ζωγράφου	05-08-2005	181	481137,0	4203010,6
3. Ψυτάλλεια	25-02-2005	20	463569,2	4199167,6
4. Πεντέλη	08-11-2005	729	487886,13	4215140,08
5. Μενίδι	25-02-2005	210	476525,5	4217394,2
6. Ηλιούπολη	20-05-2005	206	478845,12	4196491,25
7. Άνω Λιόσια	21-02-2006	184	470969,29	4213921,93
8. Άνω Γλυφάδα	21-02-2012	185	23.7770(wgs)	37.9031(wgs)

Ακολούθως, στους πίνακες 4.2.1 έως 4.2.8. παρατίθενται αναλυτικοί υπολογισμοί ανά έτος για τις μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R κάθε σταθμού, αποτελέσματα που εξάγονται από το πρόγραμμα υπολογισμού Matlab.

Πίνακας 4.2.1: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Άγιος Κοσμάς

Μέσος ετήσιος συντελεστής R=1402 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ												
2004-05										141	0	583
2005-06	0	780	0	331	340	79	0	0	178	0	0	67
2006-07	464	91	0	0	165	190	0	308	0	0	0	0
2007-08	358	0	130	0	0	137	322	0	0	0	0	0
2008-09	0	82	131	198	121	83	50	0	0	0	0	100
2009-10	94	60	420	0	67	0	0	113	82	0	0	188
2010-11	510	209	0	259	518	0	179	531	0	0	0	0
2011-12	281	0	345	44	438	0	112	0	0	0	0	0
2012-13	0	324	370	31	1643	0	0	0	0	0	0	0
2013-14	0	203	69	46	0	13	24	0	0	453	0	0
2014-15	0	160	483	77	62	269	0	0	0	0	0	672
2015-16	290	316	0	0	34	38	0	0	233	0	0	94
2016-17	0	97										

Πίνακας 4.2.2: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Ζωγράφου

Μέσος ετήσιος συντελεστής R=2022 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ												
2004-05												84
2005-06	0	1241	1797	251	509	77	0	0	69	0	0	882
2006-07	547	76	39	0	234	306	0	284	0	0	151	0
2007-08	508	0	163	42	0	135	202	0	0	0	0	66
2008-09	0	90	277	63	59	250	7	35	0	0	0	27
2009-10	240	194	163	52	41	0	0	0	450	685	0	24
2010-11	757	0	14	40	132	47	60	46	528	0	0	0
2011-12	51	0	386	8	666	0	36	12	0	0	0	75
2012-13	0	1002	241	378	993	0	0	0	0	0	0	0
2013-14	0	458	67	792	27	18	13	0	0	273	0	978
2014-15	29	115	391	0	102	150						

Πίνακας 4.2.3: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Ψυτάλλεια

Μέσος ετήσιος συντελεστής R=824 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ												
2004-05								48	0	451	0	185
2005-06	0	252	0	68	95	145	0	0	0	204	0	29
2006-07	125	36	0	0	43	54	0	123	0	0	0	0
2007-08	260	92	34	19	0	21	72	0	0	0	261	0
2008-09	0	428	160	13	13	199	15	0	0	0	0	0
2009-10	30	112	312	16	23	0	0	0	0	0	0	141
2010-11	944	0	0	77	141	0	0	0	0	0	0	0
2011-12	296	0	107	0	69	0	0	0	0	0	0	0
2012-13	0	234	0	199	787	0	0	303	0	0	0	0
2013-14	0	73	52	2	8	24	32	0	112	0	0	0
2014-15	130	37	276	0	165	80	0	0	0	0	0	736
2015-16	0	0	0	0	38	6	0	285	0	0	0	31

Πίνακας 4.2.4: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Πεντέλη

Μέσος ετήσιος συντελεστής R=1781 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ												
2004-05												
2005-06		1049	127	135	104	32	0	345	55	0	0	108
2006-07	1000	27	17	0	120	138	0	184	0	0	0	0
2007-08	195	78	138	42	50	119	75	0	159	0	0	0
2008-09	0	227	235	128	110	34	9	0	0	657	0	234
2009-10	201	21	256	95	14	27	0	0	750	525	0	41
2010-11	878	102	24	55	535	47	69	0	32	0	0	0
2011-12	53	12	191	18	173	0	35	33	0	0	0	0
2012-13	26	626	1243	183	959	128	0	83	786	0	0	0
2013-14	110	219	69	261	16	44	184	0	109	40	0	0
2014-15	214	76	406	24	30	299	18	88	0	0	0	138
2015-16	1484	158	13	66	48	139						
2016-17												

Πίνακας 4.2.5: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Μενίδι

Μέσος ετήσιος συντελεστής R=1888 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ												
2004-05						10	0	0	0	0	0	408
2005-06	0	416	247	121	145	53	0	0	0	96	0	24
2006-07	589	39	0	0	66	268	0	1740	0	0	0	0
2007-08	1347	74	69	92	17	137	69	0	86	0	150	0
2008-09	0	95	249	41	0	94	0	21	0	0	432	54
2009-10	153	244	355	0	702	0	0	0	0	0	0	116
2010-11	566	72	24	71	419	43	44	313	633	0	0	0
2011-12	74	17	286	27	138	0	109	25	0	0	0	0
2012-13	0	288	312	351	620	0	0	0	121	0	0	0
2013-14	98	1373	89	149	80	79	213	0	0	88	0	153
2014-15	1151	37	1002	9	72	89	25	0	0	0	0	859
2015-16	1345	680	0	107	34	27	0	0	342	0	0	137
2016-17	0	422										

Πίνακας 4.2.6: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Ηλιούπολη

Μέσος ετήσιος συντελεστής R=2343 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ												
2004-05								68	0	280	0	199
2005-06	0	4264	380	1222	573	198	0	0	0	0	0	0
2006-07	2167	313	0	0	445	462	0	1592	0	0	0	0
2007-08	1457	0	578	198	0	556	737	0	0	0	0	0
2008-09	0	239	642	69	91	104	15	0	0	0	0	107
2009-10	158	102	238	84	76	0	0	167	0	0	0	89
2010-11	837	121	0	122	275	0	28	0	0	0	0	0
2011-12	40	0	901	24	690	0	22	20	0	0	0	0
2012-13	0	117	607	144	987	0	0	0	0	0	0	0
2013-14	0	428	74	68	20	38	0	0	0	1256	0	0
2014-15	39	169	235	0	13	65	0	0	0	0	0	485
2015-16	256	68	0	14	22	26	0	0	263	0	0	0
2016-17	290	452										

Πίνακας 4.2.7: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Άνω Λιόσια

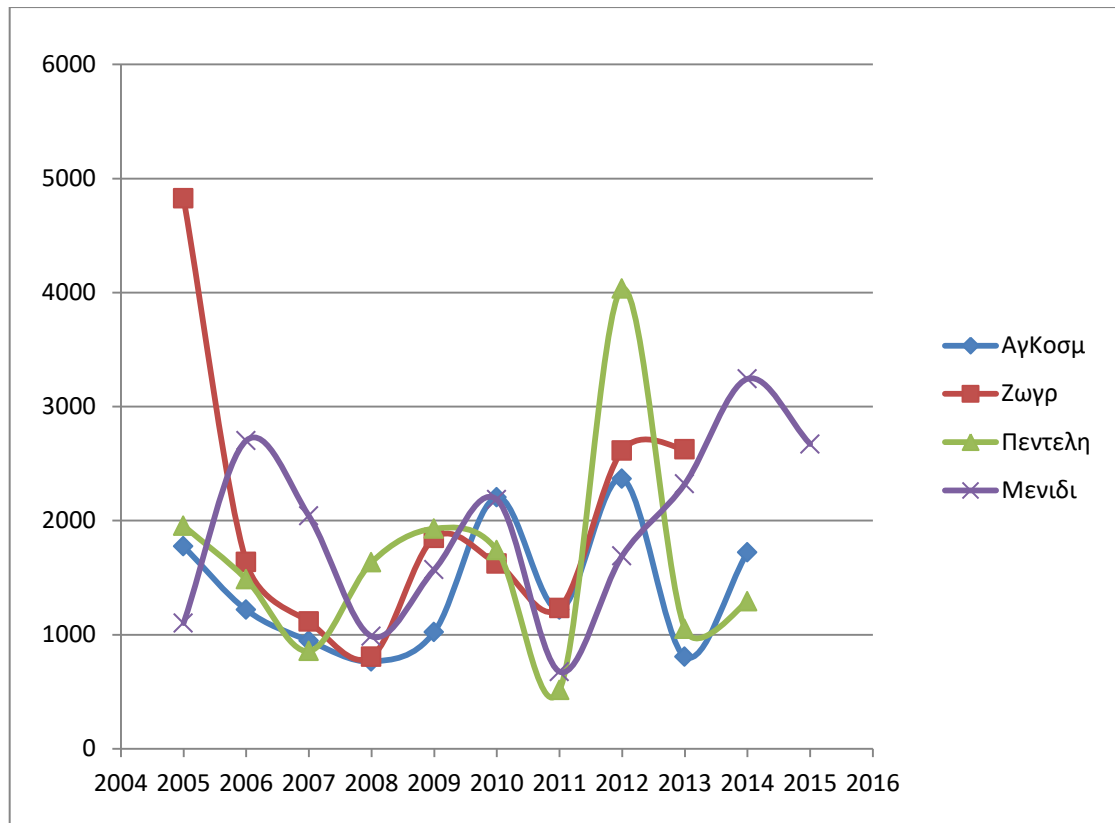
Μέσος ετήσιος συντελεστής R=1871 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ												
2005-06						23	0	0	0	84	0	563
2006-07	438	67	0	0	86	121	0	137	0	0	0	0
2007-08	1010	72	45	13	40	87	70	0	0	0	57	0
2008-09	0	352	399	45	41	43	10	53	0	0	0	29
2009-10	102	208	776	0	22	0	0	0	144	0	0	126
2010-11	1314	0	13	100	129	26	25	47	343	0	0	0
2011-12	130	0	371	13	233	0	172	0	0	0	0	105
2012-13	0	159	389	474	1486	0	0	0	10	0	0	0
2013-14	212	1363	283	307	13	92	25	0	0	114	0	207
2014-15	643	146	1205	7	145	54	16	0	129	0	0	87
2015-16	1519	873	0	145	25	14	0	0	535	0	0	0
2016-17	89	1190	12	16								

Πίνακας 4.2.8: Μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας R, Άνω Γλυφάδα

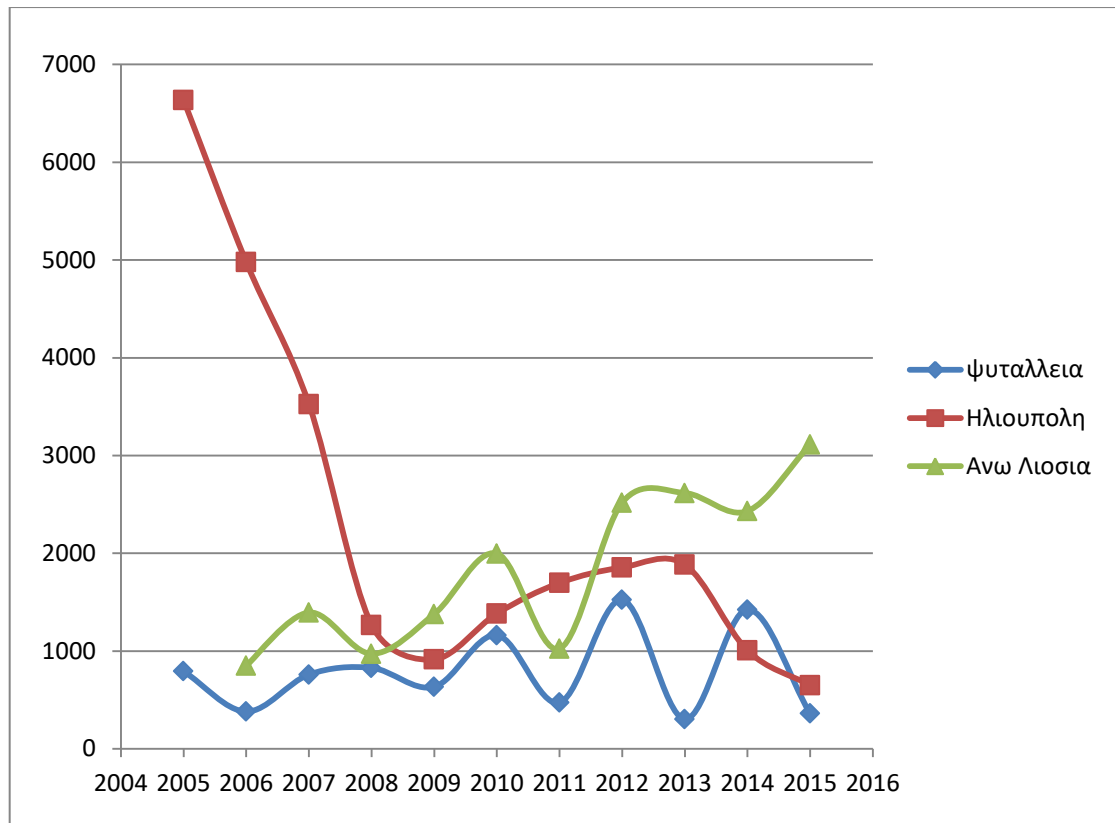
Μέσος ετήσιος συντελεστής R=776 MJmm/ha/hr/year												
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ R												
ΜΗΝΕΣ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ												
2011-12					3	0	56	10	0	0	0	0
2012-13	0	130	237	104	519	0	0	0	0	0	0	0
2013-14	0	531	52	49	23	17	54	0	0	0	0	0
2014-15	0	147	246	17	69	142	19	0	0	0	0	345
2015-16	0	0	0	22	81	39	0	0	222	0	0	0
2016-17	282	272										

4.3. Διαγράμματα συσχέτισης

Με μια πρώτη ματιά στους πίνακες βλέπει κανείς πως τόσο ο συνολικός υετός όσο και ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης μεταβάλλονται από περιοχή σε περιοχή ακόμα και για πολύ μικρές αποστάσεις μετεωρολογικών σταθμών. Η μεταβολή της παραμέτρου R από σταθμό σε σταθμό και από έτος σε έτος φαίνεται στα γραφήματα των εικόνων 4.2.α και 4.2.β.



Εικόνα 4.2.α: Γράφημα μεταβολής του δείκτη R ανά έτος ανά σταθμό (α)



Εικόνα 4.2.β: Γράφημα μεταβολής του δείκτη R ανά έτος ανά σταθμό (β)

Ακόμη, από τους πίνακες που ακολουθούν μπορεί να συμπεράνει κανείς κάποια χρήσιμα στατιστικά μεγέθη.

α) Εκτίμηση του μέσου ετήσιου R στην ευρύτερη περιοχή του Λεκανοπεδίου:

Τα αποτελέσματα του προγράμματος έδωσαν τα εξής μέσα ετήσια R για τους σταθμούς της Αττικής (Πίνακας 4.3):

Παρατηρούμε πως οι μέσες ετήσιες τιμές του συντελεστή διαβρωτικότητας κυμαίνονται στο εύρος 776-2343(MJ*mm/ha/hr/year). Εάν θεωρήσει απλοποιητικά κανείς ως μέση χωρικά τιμή για το Λεκανοπέδιο της Αττικής τη μέση τιμή των οκτώ σταθμών μελέτης της παρούσας εργασίας τότε η τιμή αυτή είναι

$R=1643 \text{ MJ*mm/ha/hr}$, με αρκετά μεγάλη τυπική απόκλιση ίση με:

$Stdev=603 \text{ MJ*mm/ha/hr}$

Πίνακας 4.3: Μέση ετήσια διαβρωτικότητα R (MJ*mm/ha/hr/year)

Άγιος Κοσμάς: R=1402
Ζωγράφου: R=2022
Ψυτάλλεια: R=824
Πεντέλη: R=1781
Μενίδι: R=1888
Ηλιούπολη: R=2343
Άνω Γλυφάδα: R=776
Άνω Λιόσια: R=1871

β) Μεταβολή του μέσου ετήσιου R ως προς το υψόμετρο:

Στον πίνακα 4.4. παρατηρούμε ότι δεν είναι ξεκάθαρη η μεταβολή προς τα πάνω του R ανάλογα με το υψόμετρο, για παράδειγμα η Πεντέλη με πολύ μεγαλύτερο υψόμετρο από όλους τους υπόλοιπους σταθμούς υπολείπεται σημαντικά του σταθμού της Ηλιούπολης που βρίσκεται στο 1/3 του υψομέτρου. Το ίδιο ισχύει και για την ελάχιστη τιμή όπου στην Ψυτάλλεια έχουμε χαμηλή τιμή του R μόλις 824 όμως στον Άγιο Κοσμά έχουμε διπλάσιο συντελεστή από την Άνω Γλυφάδα κάτι που είναι ακόμα πιο περίεργο αν σκεφτεί κανείς πως οι δύο σταθμοί απέχουν μόλις 2 km μεταξύ τους.

Πίνακας 4.4: Μεταβολή του R με το υψόμετρο

ΣΤΑΘΜΟΙ (Τοποθεσία)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R (MJ*mm/ha/hr/year)
Άγιος Κοσμάς	4	1402
Ψυτάλλεια	20	824
Ζωγράφου	181	2022
Άνω Λιόσια	184	1871
Άνω Γλυφάδα	185	776
Ηλιούπολη	206	2343
Μενίδι	248	1888
Πεντέλη	729	1781

γ) Μέγιστα ετήσια R ανά σταθμό:

Παρατηρούμε πως οι μέγιστες ετήσιες τιμές R κυμαίνονται στο εύρος 1523-4826 (εάν δε λάβει κανείς υπόψη το Σταθμό της Άνω Γλυφάδας λόγω ότι έχουμε δεδομένα μόλις από το 2012 και μετά), με μέγιστη τιμή στο σταθμό της Ηλιούπολης και ελάχιστη στον σταθμό της Ψυτάλλειας, όπως και στις μέσες ετήσιες δηλαδή. Ενδιαφέρον είναι επίσης ότι 4 από τους 8 σταθμούς συμφωνούν πως το έτος με τη μεγαλύτερη διαβρωτικότητα βροχής ήταν το 2012-13. Όλα τα μέγιστα ανά σταθμό φαίνονται στον Πίνακα 4.5 :

Πίνακας 4.5: Μέγιστα ετήσια R ανά σταθμό

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΟ R ΕΤΗΣΙΟ	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ
Άγιος Κοσμάς	2368	2012-13
Ψυτάλλεια	1523	2012-13
Ζωγράφου	4826	2005-06
Άνω Λιόσια	3111	2015-16
Άνω Γλυφάδα*	990	2012-13
Ηλιούπολη	6637	2005-06
Μενίδι	3244	2014-15
Πεντέλη	4034	2012-13

δ) Ελάχιστα ετήσια R ανά σταθμό:

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 4.6, οι ελάχιστες ετήσιες τιμές του συντελεστή R κυμαίνονται από 303-849, ανάλογα τον σταθμό, ενώ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι το έτος 2015-16, ενώ για τα Άνω Λιόσια ήταν εκείνο με την υψηλότερη διαβρωτικότητα με τιμή 3114, για την Ηλιούπολη και την Άνω Γλυφάδα ήταν το λιγότερο ραγδαίο, με τιμές 649 και 364 αντίστοιχα.

Πίνακας 4.6: Ελάχιστα ετήσια R ανά σταθμό

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΡΕΤΗΣΙΟ	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ
Άγιος Κοσμάς	765	2008-09
Ψυτάλλεια	303	2013-14
Ζωγράφου	808	2008-09
Άνω Λιόσια	849	2006-07
Άνω Γλυφάδα*	364	2015-16
Ηλιούπολη	649	2015-16
Μενίδι	676	2011-12
Πεντέλη	515	2011-12

ε) Ο μήνας με το μέγιστο R ανά σταθμό:

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.7, η μέγιστη μηνιαία τιμή του R εμφανίζεται κατά πλειοψηφία τους πρώτους μήνες του υδρολογικού έτους, δηλαδή Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο, τους μήνες δηλαδή που ο υετός είναι μέγιστος, υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις όπου λόγω ισχυρών πλημμυρικών επεισοδίων εμφανίζουν μέγιστη διαβρωτικότητα και άλλοι μήνες του έτους όπως Φλεβάρης και Μάιος. Το απόλυτο μέγιστο σημειώθηκε στο Σταθμό της Ηλιούπολης όπου ο μήνας Νοέμβριος 2005 είχε διαβρωτικότητα R=4264.

Πίνακας 4.7: Μέγιστες μηνιαίες τιμές διαβρωτικότητας ανά σταθμό

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΗΝΑΣ/ΕΤΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΝΙΑΙΟ R
Άγιος Κοσμάς	2/2013	1643
Ψυτάλλεια	10/2010	944
Ζωγράφου	12/2005	1797
Άνω Λιόσια	10/2015	1519
Άνω Γλυφάδα*	11/2013	531
Ηλιούπολη	11/2005	4264
Μενίδι	5/2007	1740
Πεντέλη	10/2015	1484

στ) Μεμονωμένα επεισόδια ανά σταθμό με το μέγιστο R:

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.8, υπάρχουν μεμονωμένα πλημμυρικά επεισόδια που μπορεί να φέρουν τεράστιο συντελεστή διαβρωτικότητας, όπως πχ στην Ηλιούπολη, στις 22/11/2005, μετρήθηκε συντελεστής 3919, περίπου 2.5 φορές μεγαλύτερος αριθμός από το μέσο ετήσιο συντελεστή του Λεκανοπεδίου που είναι 1650. Βλέπουμε επίσης ότι ο υετός που φέρουν αυτά τα επεισόδια είναι αρκετά μεγάλος, επομένως υπάρχει γενικότερη συσχέτιση του συντελεστή R με τον συνολικό υετό, τουλάχιστον σε επίπεδο ακραίων επεισοδίων.

Πίνακας 4.8: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ R

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΥΕΤΟΣ (mm)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R
Άγιος Κοσμάς	21/2/2013	85	1521
Ψυτάλλεια	21/9/2015	53	700
Ζωγράφου	27/12/2005	67	1721
Άνω Γλυφάδα*	21/2/2013	41	408
Ηλιούπολη	22/11/2005	238	3919
Μενίδι	24/5/2007	72	1466
Πεντέλη	22/10/2015	100	1326

ζ) Συσχέτιση επεισοδίων με μέγιστο R με καταγραφές πλημμυρικών συμβάντων:

Ενδιαφέρον έχει η μελέτη του προφίλ των ακραίων επεισοδίων. Εάν μελετήσει κανείς αναλυτικά τα αποτελέσματα του παρόντος προγράμματος Matlab αλλά και άλλων βιβλιογραφικών αναφορών, συμπεραίνει εύκολα ότι ένα επεισόδιο με πολύ υψηλό καταγεγραμμένο συνολικό υετό (π.χ. >50 mm), δεν είναι απαραίτητο πως θα καταγράψει υψηλό συντελεστή διαβρωτικότητας R. Ωστόσο, ένα ισχυρό πλημμυρικό συμβάν στο οποίο είναι καταγεγραμμένες ζημιές σε οδικό δίκτυο, υπερχειλίσεις χειμάρρων, καταρρεύσεις κτιρίων, απώλειες ζωών, είναι σχεδόν βέβαιο πως θα παρουσιάσει πολύ μεγάλο συντελεστή R.

Στη συνέχεια της ενότητας έχουν επιλεγεί όλα τα πλημμυρικά επεισόδια από τους οκτώ σταθμούς μελέτης που παρουσίασαν συντελεστή R >1000 MJ*mm/ha/hr/year και επιχειρείται η σύνδεσή τους με αναφορές σε βάσεις δεδομένων για συνέπειες στην οικονομία και τον ανθρώπινο πολιτισμό. Συγκεκριμένα, οι αναφορές έχουν επιλεγεί απ' την ιστοσελίδα www.meteo.gr (στην ενότητα Ακραία Φαινόμενα), όπου καταγράφονται όλα τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι επιπτώσεις τους ανά έτος.

ι)22-25/11/2005, Ηλιούπολη, R=3919

Το μεγαλύτερο επεισόδιο βροχογράφου που καταγράφηκε και στους οκτώ σταθμούς είναι στην Ηλιούπολη μεταξύ των ημερομηνιών 22/11/2005 και

25/11/2005. Ο συνολικός υετός που καταγράφηκε ήταν 238 mm, δηλαδή σε διάστημα τριών ημερών καταγράφηκε υετός ίσος με το 60% της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του Λεκανοπεδίου της Αθήνας. Εξίσου εντυπωσιακές είναι και οι τιμές του R που εξάγονται απ το συγκεκριμένο επεισόδιο, καθώς η τιμή $R=3919 \text{ MJ*mm/ha/hr}$ που καταγράφηκε είναι περίπου 2,5 φορές μεγαλύτερη από την μέση ετήσια τιμή στην Αττική, $R=1643 \text{ MJ*mm/ha/hr}$, ενώ εξαιτίας αυτού του επεισοδίου καταγράφηκαν μέγιστες τιμές στο συγκεκριμένο σταθμό τόσο μηνιαία, $R=4264$ για το μήνα Νοέμβριο 2005 (βλέπε Πίνακα 4.7), όσο και ετήσια, $R=6637$ για το υδρολογικό έτος 2005-2006 (βλέπε Πίνακα 4.5), που είναι και οι μέγιστες σε σύγκριση με τους υπόλοιπους επτά σταθμούς.

Αναλυτικότερα, το επεισόδιο εμφανίζει διάρκεια 71 ώρες και συνολικό υετό 238 mm. Η μέγιστη ένταση μισάωρου 130 είναι ίση με 88.4 mm/hr, και σημειώνεται κατά τις 24/11/2005 7:10-7:40, ενώ η συνολική ενέργεια επεισοδίου είναι $E=44.3 \text{ MJ/ha}$. Κάποια αναλυτικά στοιχεία για το συγκεκριμένο επεισόδιο όπως εξάγονται από το πρόγραμμα Matlab φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 4.2

Για το συγκεκριμένο επεισόδιο υπάρχουν οι εξής αναφορές στη βάση δεδομένων: Εκτεταμένες καθιζήσεις στο οδικό δίκτυο, διακοπές κυκλοφορίας σε βασικούς οδικούς άξονες, 365 κλήσεις στην πυροσβεστική για άντληση υδάτων, γενικότερες πλημμύρες σε όλη την Αττική.

YEAR	MONTH	DAYSTART	DAYFIN	HOURLSTA	HOURLFIN	TOTALMIL	RFACTOR
2005	5	29	29	4	15	16	68
2005	7	3	3	15	23	31	280
2005	9	16	16	3	13	27	70
2005	9	22	22	20	22	21	129
2005	11	17	17	7	23	82	345
2005	11	22	25	12	11	238	3919
2005	12	14	14	14	17	23	380
2006	1	5	5	5	13	40	576
2006	1	6	6	19	21	17	239
2006	1	22	23	10	9	36	407

Εικόνα 4.2: Το επεισόδιο 22-25/11/2005 στην Ηλιούπολη

Παρατηρώντας τα παραπάνω δεδομένα το ερώτημα που προκύπτει είναι τι κατέγραψαν οι άλλοι σταθμοί στη συγκεκριμένη ημερομηνία;

Εάν κοιτάξει κανείς στη χρονοσειρά του Άγιου Κοσμά που βρίσκεται μόλις κάποια χιλιόμετρα από την περιοχή της Ηλιούπολης θα παρατηρήσει πως έχει καταγραφεί παρόμοιο επεισόδιο με αρκετά μεγάλο συνολικό υετό $P=118$ mm και διάρκεια 67 ώρες (Εικόνα 4.3). Επιπλέον, η μέγιστη ένταση μισάωρου διαφοροποιείται αρκετά και είναι ίση με 34.8mm/hr και σημειώνεται κατά τις 24/11/2005 6:30-7:00, περίπου μισή ώρα προτού εμφανιστεί στην Ηλιούπολη, πράγμα λογικό αν σκεφτεί κανείς την σχετική θέση των δύο σταθμών, καθώς οι κακοκαιρίες μεταδίδονται γενικά από Δύση προς Ανατολή, ενώ η συνολική ενέργεια επεισοδίου επίσης αρκετά μικρότερη ίση με $E=17.9\text{MJ/ha}$:

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΓΙΟΣ ΚΟΣΜΑΣ								
YEAR	MONTH	DAYSTART	DAYFIN	HOURSTART	HOURFIN	TOTALMIL	RFACTOR	
2005	7	3	3	14	17	23	141	
2005	9	16	16	3	10	15	6	
2005	9	22	22	20	22	39	577	
2005	11	17	17	6	23	54	157	
2005	11	22	25	13	8	118	623	
2006	1	5	5	4	13	30	167	
2006	1	6	6	18	21	17	95	
2006	1	22	23	10	3	18	69	
2006	2	5	6	16	3	34	340	
2006	3	7	8	22	11	18	79	

Εικόνα 4.3: το επεισόδιο 22-25/11/2005 στον Άγιο Κοσμά

Παρόμοια είναι η εικόνα για το συγκεκριμένο επεισόδιο στο σταθμό της Ζωγράφου, με συνολικό υετό $P=185\text{mm}$ και συνολική διάρκεια 68 ώρες (Εικόνα 4.4).

Η μέγιστη ένταση μισάωρου είναι αρκετά κοντά σε εκείνη του Άγιου Κοσμά $I_{30}=30.4$ mm/hr κατά την ημερομηνία και ώρα 24/11/2005 7:10-7:40. Η συνολική ενέργεια του επεισοδίου είναι $E=29.3$ MJ/ha

L	YEAR	MONTH	DAYSTART	DAYFIN	HOURSTA	HOURFIN	TOTALMIL	RFACTOR
2	2005	9	15	16	16	13	20	11
3	2005	9	22	22	12	23	25	73
4	2005	11	17	18	6	0	63	349
5	2005	11	22	25	12	8	185	892
5	2005	12	14	14	14	17	16	76
7	2005	12	27	28	17	22	67	1721
3	2006	1	5	5	5	14	37	182
9	2006	1	22	23	10	3	21	69

Εικόνα 4.4: το επεισόδιο 22-25/11/2005 στη Ζωγράφου

Στον πίνακα 4.9. φαίνονται συγκριτικά διάφορες τιμές για το συγκεκριμένο ακραίο επεισόδιο, όπως αυτό καταγράφηκε στους τρεις σταθμούς, δηλαδή:

Ημερομηνία έναρξης, Συνολική διάρκεια σε ώρες, Συνολικός υετός, Μέγιστη ένταση μισάωρου (I30) σε mm/hr, Ενέργεια επεισοδίου σε MJ/ha, Συνολικό $R=E*I30$.

Πίνακας 4.9: Σύγκριση μεταξύ σταθμών για το επεισόδιο 22-25/11/2005

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΝΑΡΞΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΥΕΤΟΣ	I30(mm/h)	E	R
Ηλιούπολη	22/11/05	71 ώρες	238 mm	88,4	44,3 MJ/ha	3919
Άγ. Κοσμάς	22/11/05	67 ώρες	118 mm	34,8	17,9 MJ/ha	623
Ζωγράφου	22/11/05	68 ώρες	185 mm	30,4	29,3 MJ/ha	892

Συμπερασματικά, βλέπει κανείς πως τα ακραία επεισόδια διαφέρουν από σταθμό σε σταθμό, δηλαδή ένα επεισόδιο που εμφανίζει μέγιστο συντελεστή διαβρωτικότητας σε συγκεκριμένο βροχογράφο μπορεί να εμφανίζει μια σημαντική τιμή αλλά μακριά απ τη μέγιστη σε βροχογράφο κοντινής απόστασης.

ii) 27/12/2005, Ζωγράφου, $R=1721$

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης ο σταθμός Ζωγράφου κατέγραψε τα εξής μεγέθη: Συνολικός υετός $P=67$ mm, διάρκεια επεισοδίου 29 ώρες, από τις 2005/12/27 17:40 έως τις 2005/12/28 22:00, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I30=92.8$ mm/hr που καταγράφηκε στις 2005/12/27 17:30-17:40. Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=18.6$ MJ/ha/year.

Στη βάση δεδομένων υπάρχουν αναφορές για χείμαρρους που ξεχείλισαν και παρέσυραν αυτοκίνητα, με ιδιαίτερη αναφορά στο ρέμα της Εσχατιάς, για εγκλωβισμούς οδηγών στα αυτοκίνητά τους, πλημμύρες σε υπόγεια, υλικές ζημιές.

iii) 24/5/2007, Μενίδι, R=1466

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης ο σταθμός Μενίδι κατέγραψε τα εξής μεγέθη: Συνολικός υετός $P=72$ mm, διάρκεια επεισοδίου 11 ώρες, από τις 2007/5/24/ 4:20 έως τις 2007/5/24/ 15:10, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I_{30}=83.6$ mm/hr που καταγράφηκε στις 2007/5/24 10:50-11:20. Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=17.5$ MJ/ha/year.

Στη βάση δεδομένων υπάρχει απλή αναφορά για πλημμύρες, με έμφαση στην τοπικότητα του φαινομένου, ότι περιορίστηκαν δηλαδή στο Μενίδι.

iv) 12/10/2007, Μενίδι, R=1025

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης ο σταθμός Μενίδι κατέγραψε τα εξής μεγέθη: Συνολικός υετός $P=44$ mm, διάρκεια επεισοδίου 0.5 ώρες, από τις 2007/10/12/ 17:50 έως τις 2007/10/12/ 18:20, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I_{30}=84$ mm/hr που καταγράφηκε στις 2007/10/12 17:50-18:20. Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=12.2$ MJ/ha/year.

Στη βάση δεδομένων είναι η μόνη αναφορά που δεν έχουμε αναφορές για πλημμύρες. Από τα βροχομετρικά δεδομένα των υπόλοιπων σταθμών συμπεραίνουμε ότι το φαινόμενο ήταν τοπικό.

v) 29/12/2012, Πεντέλη, R=1179

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης ο σταθμός Πεντέλη κατέγραψε τα εξής μεγέθη: Συνολικός υετός $P=204$ mm, διάρκεια επεισοδίου 53 ώρες, από τις 2012/12/29/ 7:10 έως τις 2012/12/31/ 12:40, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I_{30}=34$ mm/hr που καταγράφηκε στις 2012/12/30 5:20-5:50. Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=34.7$ MJ/ha/year.

Στη βάση δεδομένων έχουμε αναφορές για εκτεταμένες ζημιές σε υποδομές και κτίρια από τις πλημμύρες.

vi) 21/2/2013, Άγιος Κοσμάς, R=1400

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης ο σταθμός Άγιος Κοσμάς κατέγραψε τα εξής μεγέθη: Συνολικός υετός $P=85$ m, διάρκεια επεισοδίου 13 ώρες, από τις

2013/2/21/ 22:20 έως τις 2013/2/22/ 11:10, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I_{30}=70$ mm/hr που καταγράφηκε στις 2013/2/21 9:40-10:10 . Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=20$ MJ/ha/year.

Στη βάση δεδομένων έχουμε αναφορές για εκτεταμένες πλημμύρες στην Αττική, για χείμαρρους που ξεχείλισαν και παρέσυραν αυτοκίνητα, με μάλιστα 1 θύμα.

vii) 19/7/2014, Ηλιούπολη, $R=1256$

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης ο σταθμός Ηλιούπολη κατέγραψε τα εξής μεγέθη: Συνολικός υετός $P=56$ m, διάρκεια επεισοδίου 4 ώρες, από τις 2014/7/19/ 12:50 έως τις 2014/7/19/ 16:40, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I_{30}=82.4$ mm/hr που καταγράφηκε στις 2014/7/19 12:50-13:20 . Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=15.2$ MJ/ha/year.

Στη βάση δεδομένων έχουμε απλή αναφορά για πλημμύρες στην Αττική.

viii) 24/10/2014, Μενίδι, $R=1151$

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης ο σταθμός Μενίδι κατέγραψε τα εξής μεγέθη: Συνολικός υετός $P=74$ m, διάρκεια επεισοδίου 12 ώρες, από τις 2014/10/24/ 7:10 έως τις 2014/10/24/ 19:40, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I_{30}=71.2$ mm/hr που καταγράφηκε στις 2014/10/24 14:50-15:20 . Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=16$ MJ/ha/year.

Στη βάση δεδομένων έχουμε αναφορές για εκτεταμένες καταστροφές σε αυτοκίνητα και ακίνητα.

ix) 22/10/2015, Μενίδι, $R=1324$ και Πεντέλη, $R=1326$

Στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχόπτωσης οι σταθμοί Μενίδι και Πεντέλη κατέγραψαν τα εξής μεγέθη αντίστοιχα: Συνολικός υετός $P=121$ mm και 100mm, διάρκεια επεισοδίου 18 ώρες αμφότεροι, από τις 2015/10/22/ 1:10 έως τις 2015/10/22/ 18:50, με μέγιστη ένταση μισάωρου $I_{30}=48.4$ και 60 mm/hr που καταγράφηκε στις 2015/10/22 12:00-12:30 και 9:30-10:00 αντίστοιχα. Επίσης, η ενέργεια του επεισοδίου υπολογίστηκε $E=27.3$ και 22.3 MJ/ha/year αντίστοιχα.

Στη βάση δεδομένων έχουμε αναφορές για 4 θύματα σε Μενίδι και Καματερό, 3500 κλήσεις στην Πυροσβεστική. Είναι η πιο έντονη πλημμύρα των τελευταίων 10 ετών.

Παρακάτω, στον πίνακα 4.10 παρουσιάζονται τα στοιχεία των ακραίων επεισοδίων σε διάρκεια βροχόπτωσης και συνολικού υετού, όπως καταγράφηκαν στους σταθμούς της περιοχής μελέτης, δηλαδή εκείνα με τη μέγιστη διαβρωτικότητα κατά τη διάρκεια όλης της χρονοσειράς. Τα αναλυτικά στοιχεία του κάθε επεισοδίου βροχόπτωσης για κάθε σταθμό βρίσκονται στο παράρτημα. Παρατηρούμε πως η διάρκεια των ακραίων επεισοδίων στους σταθμούς μελέτης κυμαίνεται από 10 έως 71 ώρες, με τα επεισόδια με τη μικρότερη διάρκεια να έχουν συνήθως μεγαλύτερες εντάσεις βροχής (I30) και αντίστροφα.

Πίνακας 4.10: ΠΡΟΦΙΛ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ R

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΥΕΤΟΣ(mm)	E	I30(mm/h)	R
Ηλιούπολη	22/11/2005	238	44.3	88.4	3919
Ζωγράφου	27/12/2005	67	18.6	92.8	1721
Μενίδι	24/5/2007	72	17.5	83.6	1466
Μενίδι	12/10/2007	44	12.2	84	1025
Πεντέλη	29/12/2012	204	34.7	34	1179
Άγιος Κοσμάς	21/2/2013	85	20	70	1400
Ηλιούπολη	19/7/2014	56	15.2	82.4	1256
Μενίδι	24/10/2014	74	16	71.2	1151
Μενίδι	22/10/2015	121	27.3	48.4	1324
Πεντέλη	22/10/2015	100	22.3	60	1326

4.4. Διερεύνηση έμμεσων υπολογισμών συντελεστή R

Ο αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή ραγδαιότητας βροχόπτωσης R γίνεται χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που περιγράφονται στο κεφάλαιο 2.3. Αυτές τις σχέσεις χρησιμοποιεί και το πρόγραμμα για τους υπολογισμούς του. Απαραίτητη προϋπόθεση για να χρησιμοποιηθούν αποτελεί η ύπαρξη μακροχρόνιων και αξιόπιστων δεδομένων βροχής, και μάλιστα με χρονικό βήμα οπωσδήποτε

μικρότερο του μισάωρου για να είναι εφικτός ο υπολογισμός του δείκτη I30. Τα δεδομένα αυτά πολλές φορές δεν είναι διαθέσιμα, και για να αντιμετωπιστεί αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες εμπειρικές σχέσεις για την εκτίμηση του R.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες βασικών συσχετίσεων για την εκτίμηση τιμών R βάσει εμπειρικών σχέσεων. Η πρώτη είναι η απευθείας συσχέτιση του R με τη μέση ετήσια βροχόπτωση. Τη συσχέτιση αυτή έχουν επιχειρήσει τόσο οι Renard and Freimund (1994), με εύρος δεδομένων από την επικράτεια των ΗΠΑ, όσο και άλλες ομάδες επιστημόνων, στην πλειοψηφία εξάγοντας σχέσεις με τοπικό χαρακτήρα που δεν μπορούν σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιηθούν με αξιοπιστία στον Ελλαδικό Χώρο. Σε επίπεδο Μεσογειακής λεκάνης ενδιαφέρον παρουσιάζει η συσχέτιση που επιχειρήσαν οι Torri et al (2006), με δεδομένα από την περιοχή της Ιταλίας. Στον Ελληνικό χώρο έχει επιχειρηθεί η ίδια συσχέτιση ετήσιας βροχόπτωσης-συντελεστή διαβρωτικότητας από τον Βαχαβιώλο (2014), με δεδομένα από το Ανατολικό Αιγαίο.

Η δεύτερη κατηγορία συσχετίσεων για την εκτίμηση τιμών R βάσει εμπειρικών σχέσεων είναι εκείνη όπου ο συντελεστής R υπολογίζεται εμπειρικά, ανά έτος και όχι απευθείας συνολικώς, μέσω του υπολογισμού του MFI (Modified Fournier Index), ενός δείκτη που εισάγει πλέον την ετήσια βροχόπτωση και όχι τη μέση ετήσια, αλλά και τη μηνιαία βροχόπτωση. Θεμελιωτής της συσχέτισης αυτής υπήρξε ο Arnoldus (1977), ο οποίος εξήγαγε σχέσης για την περιοχή του Μαρόκου, και ακολούθησαν οι Renard et al (1994), βασιζόμενοι σε δεδομένα βροχογράφων από τις ΗΠΑ. Σε επίπεδο Ελληνικού χώρου έχει γίνει προσπάθεια συσχέτισης από τον Βαχαβιώλο (2014). Μια χρήσιμη επισήμανση είναι ότι ο δείκτης MFI αφορά συγκεκριμένη χρονολογία, επομένως εάν η εκτίμηση του R γίνει από τον δείκτη MFI θα πρέπει πρώτα να υπολογιστεί R για συγκεκριμένο υδρολογικό έτος και ακολούθως αφού εκτιμηθούν τιμές για όλα τα έτη υπολογίζεται η μέση τιμή.

Όπως εύκολα μπορεί να συμπεράνει κανείς οι όποιοι συσχετισμοί γίνονται είναι σε τοπικό χαρακτήρα και δεν έχει επικρατήσει ακόμη κάποια σχέση παγκόσμιας κλίμακας. Επομένως για την περιοχή μελέτης που εξετάζουμε, την Αττική, έχοντας ως δεδομένο πως τα πρωτογενή δεδομένα δεκάλεπτων βροχοπτώσεων που επεξεργάστηκαν έχουν δώσει ορθά αποτελέσματα, θα εξετάσουμε την ορθότητα

των σχέσεων εμπειρικών υπολογισμών που προαναφέρθηκαν. Οι σχέσεις περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω, και στους πίνακες 4.11, 4.12, 4.13 φαίνονται τα σφάλματα που προκύπτουν σε σχέση με τους αναλυτικούς υπολογισμούς.

Ρετ: (Μέση) ετήσια βροχόπτωση

Ρi(μην): μέση μηνιαία βροχόπτωση του μήνα i

$$MFI = \left[\sum_{1}^{12} (P_i(\mu\eta\nu))^2 \right] / P_{\epsilon\tau}$$

α) Έμμεση εκτίμηση του συντελεστή R μέσω του Ρετ

Εμπειρικές σχέσεις:

a1. Renard et al:

$R = 587.8 - 1.219 * P_{\epsilon\tau} + 0.004105 * P_{\epsilon\tau}^2$, $P(\mu)\epsilon\tau < 850\text{mm}$ (ΗΠΑ)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11. ΕΜΜΕΣΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ R ΜΕΣΩ RENOARD

ΣΤΑΘΜΟΣ	P(μ)ετ	R Matlab(πρωτογενή)	R εκτίμηση(Renard)	Σχετικό Σφάλμα
Αγ Κοσμάς	390 mm	1402	736	47%
Ζωγράφου	562 mm	2022	1200	41%
Ψυτάλλεια	362 mm	824	684	17%
Πεντέλη	755 mm	1781	2007	-12%
Μενίδι	571 mm	1888	1230	35%
Ηλιούπολη	471 mm	2343	924	60%
Ανω Λιοσσια	531 mm	1871	1097	41%
Ανω Γλυφαδα	416 mm	776	791	-2%
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	507 mm	1643	1083	31,8%

Παρατηρήσεις:

Οι τιμές P(μ)ετ και RMatlab (πρωτογενή) εξάγονται απευθείας από το πρόγραμμα υπολογισμού, ενώ οι τιμές Rεκτίμηση από την εμπειρική σχέση Renard. Το σχετικό σφάλμα υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\text{Σχετικό Σφάλμα} = (R_{\text{Matlab}} - R_{\text{εκτίμηση}}) / (R_{\text{Matlab}})$$

Το μέσο σχετικό σφάλμα υπολογίστηκε από τον μέσο όρο της απόλυτης τιμής των επιμέρους σχετικών σφαλμάτων.

Παρατηρούμε πως η έμμεση εκτίμηση κατά Renard δεν είναι αξιόπιστη διότι υποεκτιμάει στις περισσότερες περιπτώσεις τον συντελεστή R, με συνήθεις τιμές υποεκτίμησης από 30 έως 50%. Επομένως πρέπει να αναζητήσει κανείς καλύτερη μέθοδο συσχέτισμού είτε να κάνει τον αναλυτικό υπολογισμό.

a2.Torri et al:

R=3.08*P-944 (Ιταλία)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12: ΕΜΜΕΣΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ R ΜΕΣΩ TORRI

ΣΤΑΘΜΟΣ	P(μ)ετ	R Matlab(πρωτογενή)	R εκτίμηση(Renard)	Σχετικό Σφάλμα
Αγ Κοσμάς	390 mm	1402	257	81%
Ζωγράφου	562 mm	2022	787	61%
Ψυτάλλεια	362mm	824	170	79%
Πεντέλη	755mm	1781	1381	22%
Μενίδι	571.2mm	1888	815	56%
Ηλιούπολη	471.7mm	2343	508	78%
Άνω Λιόσια	531mm	1871	691	63%
Άνω Γλυφάδα	416mm	776	337	56%
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	507mm	1643	618	62%

Παρατηρήσεις:

Οι τιμές P(μ)ετ και RMatlab (πρωτογενή) εξάγονται απευθείας από το πρόγραμμα υπολογισμού, ενώ οι τιμές Rεκτίμηση από την εμπειρική σχέση Torri et al. Το σχετικό σφάλμα υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\text{Σχετικό Σφάλμα} = (\text{RMatlab} - \text{Rεκτίμηση}) / (\text{RMatlab})$$

Το μέσο σχετικό σφάλμα υπολογίστηκε από τον μέσο όρο της απόλυτης τιμής των επιμέρους σχετικών σφαλμάτων.

Παρατηρούμε πως η έμμεση εκτίμηση κατά Torri υποεκτιμάει σε πολύ μεγάλο βαθμό τον συντελεστή R, και το μέσο σφάλμα που προκύπτει 62% κρίνει απαγορευτική της χρήση αυτής της μεθόδου εκτίμησης, τουλάχιστον για την περιοχή μελέτης που εξετάζουμε. Επομένως πρέπει να αναζητήσει κανείς άλλη μέθοδο συσχέτισμού είτε να κάνει τον αναλυτικό υπολογισμό.

α3. Βαχαβιώλος, 2014:

$R=3.41 * P(\mu)_{\text{ετ}} - 382.4$ (Ελλάδα)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13: ΕΜΜΕΣΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ R ΜΕΣΩ ΒΑΧΑΒΙΩΛΟΥ, 2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	P(μ)ετ	R Matlab(πρωτογενή)	R εκτίμηση(Βαχαβιώλος)	Σχετικό Σφάλμα
Αγ. Κοσμάς	390mm	1402	947	32%
Ζωγράφου	562mm	2022	1534	24%
Ψυτάλλεια	362mm	824	852	-3%
Πεντέλη	755mm	1781	2192	-23%
Μενίδι	571.2mm	1888	1565	17%
Ηλιούπολη	471.7mm	2343	1226	48%
Άνω Λιόσια	531mm	1871	1428	23%
Άνω Γλυφάδα	416mm	776	1036	-33%
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	507mm	1643	1347	25%

Παρατηρήσεις:

Οι τιμές P(μ)ετ και RMatlab (πρωτογενή) εξάγονται απευθείας από το πρόγραμμα υπολογισμού, ενώ οι τιμές Rεκτίμηση από την εμπειρική σχέση κατά Βαχαβιώλο (2014). Το σχετικό σφάλμα υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\text{Σχετικό Σφάλμα} = (R_{\text{Matlab}} - R_{\text{εκτίμηση}}) / (R_{\text{Matlab}})$$

Το μέσο σχετικό σφάλμα υπολογίστηκε από τον μέσο όρο της απόλυτης τιμής των επιμέρους σχετικών σφαλμάτων.

Παρατηρούμε πως η έμμεση εκτίμηση κατά Βαχαβιώλο 2014, εκτιμάει σε ικανοποιητικό βαθμό τον συντελεστή R, τόσο στους επιμέρους σταθμούς, με εξαίρεση την περίπτωση της Ηλιούπολης, όσο και στον μέσο όρο ανά την Αττική. Φυσικά, βασικός παράγοντας στον ικανοποιητικό συσχετισμό που προέκυψε είναι πως η περιοχή μελέτης που εξετάζουμε βρίσκεται αρκετά κοντά στις περιοχές μελέτης όπου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα για να προταθεί η σχέση, επομένως αποτελεί σίγουρα ένα καλό εργαλείο για υπολογισμούς εντός Ελλαδικού χώρου αλλά πρέπει να χρησιμοποιηθεί με επιφύλαξη και κατόπιν περαιτέρω μελετών για υπολογισμούς εκτός Ελλαδικού χώρου.

β) Έμμεση εκτίμηση του R μέσω του δείκτη MFI:

Αρχικά, για να υπολογισθεί ο δείκτης MFI, πρέπει να γνωρίζουμε ακριβώς τη συνολική μηνιαία βροχόπτωση για κάθε μήνα. Επομένως ο συγκεκριμένος συσχετισμός είναι πιο χρονοβόρος από τον προηγούμενο, και σε συνδυασμό με το ότι δεν αναμένεται να δώσει καλύτερα αποτελέσματα συσχέτισης, επιλέγουμε να εξετάσουμε μόνο τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς,

1. τον Άγιο Κοσμά
2. την Πεντέλη
3. το Μενίδι

Οι υπολογισμοί της βροχόπτωσης ανά μήνα είναι δυνατόν να γίνουν με πολλούς τρόπους. Στην παρούσα εργασία οι υπολογισμοί γίνονται με τη βοήθεια υπορουτίνας του κύριου προγράμματος υπολογισμού που χρησιμοποιήσαμε, ενώ τα αρχεία εξόδου μεταφέρονται κατευθείαν σε αρχείο txt και από εκεί σε excel για τους περαιτέρω υπολογισμούς. Τμήμα της υπορουτίνας δίνεται παρακάτω στην εικόνα 4.5:

```
263 %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
264 meshethsiavrokoptwsh=sum(milimeters(1:x))/xrange*12
265
266
267 sum=0;
268 j=0;
269 for i=1:(x-1)
270
271
272     if [month(i)-month(i+1)]^2<0.1
273         sum=sum+milimeters(i);
274     else
275         j=j+1;
276
277         sumcount(j)=round(sum);
278         yearcount(j)=year(i);
279         monthcount(j)=month(i);
280         sum=0;
281     end
282
283
284 end
285 monthrain=table(sumcount',yearcount',monthcount')
286 writetable(monthrain);
287
288
```

Εικόνα 4.5: Κώδικας υπολογισμού μηνιαίας βροχόπτωσης

Επίσης τμήμα του αρχείου excel στο οποίο υπολογίστηκε ο δείκτης MFI για το υδρολογικό έτος 2005-06 στον Άγιο Κοσμά δίνεται στην παρακάτω εικόνα 4.6:

total rain	year	month		π^2	sum π^2	pethsio	mfi
6	2005	10	2005-06	36	49954	488	102,365
185	2005	11		34225			
13	2005	12		169			
78	2006	1		6084			
69	2006	2		4761			
46	2006	3		2116			
33	2006	4		1089			
0	2006	5		0			
27	2006	6		729			
4	2006	7		16			
0	2006	8		0			
27	2006	9		729			

Εικόνα 4.6, Excel Υπολογισμού MFI 2005-06, Άγιος Κοσμάς

Τα αποτελέσματα του δείκτη MFI για τους σταθμούς του Άγιου Κοσμά, της Πεντέλης και του Μενιδίου ανά έτος αλλά και συνολικώς φαίνονται στον πίνακα 4.14. Ο έλεγχος της ορθότητας των έμμεσων υπολογισμών $R=f(MFI)$ φαίνονται στους πίνακες 4.15 και 4.16.

Πίνακας 4.14: Δείκτες MFI ανά σταθμό

ΕΤΟΣ	Αγιος Κοσμάς	Πεντέλη	Μενίδι
2006-07	64	159,8	129,7
2007-08	48,7	63,6	68
2008-09	53,3	100,5	60
2009-10	56,0	100,9	82
2010-11	74,5	133,3	106,5
2011-12	63	73,8	81,8
2012-13	106,1	190,2	127,7
2013-14	58,1	90,4	98,9
2014-15	109,4	120	124,8
Μέσος Όρος	73,5	103,2	87,9

β1) Εκτίμηση μέσω σχέσης Renard and Freimund :

$$R=95.77-6.081MFI+0.477MFI^2, \quad MFI>55$$

$$R=0.07397MFI^{1.847}, \quad MFI<55$$

Πίνακας 4.15: Εκτίμηση $R=f(MFI)$ μέσω Renard

ΣΤΑΘΜΟΙ	MFI	RMatlab	RRenard	Σχετικό Σφάλμα
Μενίδι	87,9	1888	3246	-71%
Άγιος Κοσμάς	73,5	1402	2225	-58,7%
Πεντέλη	103,2	1781	4548	-155%
Μέσος Όρος	88,2	1690	3340	

Παρατηρούμε ότι τα σφάλματα της μεθόδου είναι πολύ μεγάλα και σε συνδυασμό με τους πολύπλοκους υπολογισμούς που πρέπει να κάνουμε σε σχέση με τις εκτιμήσεις της προηγούμενης μεθόδου συμπεραίνουμε ότι η σχέση αυτή δεν έχει χρησιμότητα στον Ελλαδικό χώρο.

β2) Εκτίμηση μέσω σχέσης Βαχαβιώλου (2014):

$$R=17.34*MFI^{0.9376}$$

Πίνακας 4.16: Εκτίμηση $R=f(MFI)$ μέσω Βαχαβιώλου, 2014

ΣΤΑΘΜΟΙ	MFI	RMatlab	RBαχαβιώλος	Σχετικό Σφάλμα
Μενίδι	87,9	1888	1152	38,9%
Άγιος Κοσμάς	73,5	1402	974	30,5%
Πεντέλη	103,2	1781	1340	24,7%
Μέσος Όρος	88,2	1690	1155	

Παρατηρούμε ότι η σχέση αυτή δίνει καλύτερα αποτελέσματα, πράγμα φυσιολογικό εφόσον δημιουργήθηκε συλλέγοντας δεδομένα Ελληνικής Επικράτειας, όμως δεν καταφέρνει να προσεγγίσει το αποτέλεσμα καλύτερα από το συσχετισμό μέσω του R (μέσου ετήσιου) και δεδομένου των πολύπλοκων υπολογισμών που απαιτεί καταλήγουμε πως η χρήση της σχέσης δε συνίσταται, τουλάχιστον για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

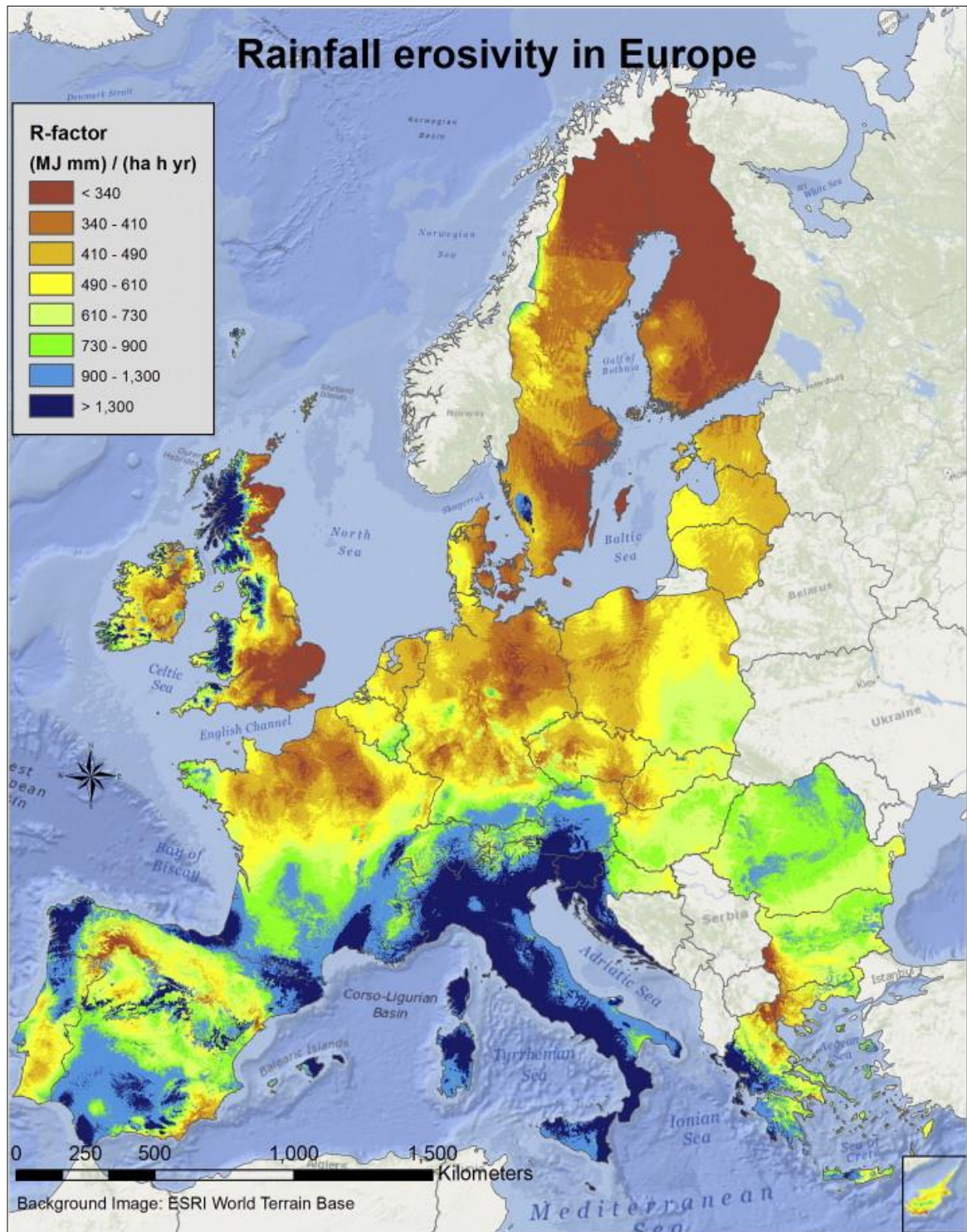
4.5. Η διαβρωτικότητα στην Ευρώπη και η REDES

Η βάση δεδομένων διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης σε ευρωπαϊκή κλίμακα (REDES-Rainfall Erosivity Database on the European Scale) περιλαμβάνει δεδομένα βροχόπτωσης υψηλής χρονικής ανάλυσης και τιμές του συντελεστή R από 1.500 περίπου βροχομετρικούς σταθμούς, εντός της Ευρώπης. Οι χρονοσειρές που χρησιμοποιούνται στους διάφορους σταθμούς έχουν μέση τιμή τα 17.1 έτη ανά σταθμό. Τα δεδομένα κατακρημνίσεων που συλλέγονται από τις διάφορες χώρες της Ευρώπης έχουν χρονικές αναλύσεις από 5 min έως 60 min. Ο συντελεστής R που υπολογίζεται στο χρονικό βήμα του κάθε σταθμού, μέσω συντελεστών μετατροπής και γραμμικών συναρτήσεων παλινδρόμησης μετατρέπεται στη χρονική ανάλυση των 30 min ώστε να επιτευχθεί ομοιογένεια των δεδομένων. Προσοχή χρειάζεται όταν δεδομένα 60 min χρησιμοποιούνται ώστε να μην υποτιμηθεί το R. Γι' αυτό το σκοπό τα δεδομένα των 60 min πρέπει να συνοδεύονται από έναν συντελεστή μετατροπής, και μόνο τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του συντελεστή R όπου δεν υφίστανται υψηλής ανάλυσης δεδομένα.

Οι χρονοσειρές των κατακρημνίσεων κυμαίνονται από 5 έτη έως 40 έτη. Σε όλες σχεδόν τις χώρες, η διάρκεια της χρονοσειράς ανά σταθμό είναι περισσότερο από 10 χρόνια. Η διαδικασία παλινδρόμησης κατά Gauss (GPR) χρησιμοποιείται για να παρεμβάλει τις τιμές κάθε σταθμού του συντελεστή R σε ένα ευρωπαϊκό χάρτη διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (Εικόνα 4.7). Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την παρεμβολή του συντελεστή R είναι διάφορα κλιματολογικά στοιχεία (συνολική κατακρήμνιση, εποχιακές βροχοπτώσεις, η κατακρήμνιση του ξηρότερου/υγρού μήνα, η μέση θερμοκρασία), το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος/γεωγραφικό μήκος.

Η μέση τιμή του συντελεστή R στην ΕΕ υπολογίζεται σε $722 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, με τυπική απόκλιση της τάξεως του $478.6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. Οι τιμές του συντελεστή

κυμαίνονται από 51.4 έως 6228.7 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yr⁻¹, με τις υψηλότερες τιμές (> 1.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yr⁻¹) να συναντώνται στη Μεσόγειο και στις Αλπικές περιοχές και τις χαμηλότερες τιμές (λιγότερο από 500 mm MJ ha⁻¹ h⁻¹ yr⁻¹) στις Σκανδιναβικές χώρες. Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται η χωρική μεταβολή του συντελεστή R ανά την Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως αυτή υπολογίστηκε απ' τη βάση δεδομένων REDES (Παπαπέτρου, 2017).



Εικόνα 4.7: Χάρτης διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης στην Ευρώπη

Ένας άλλος χάρτης που συνοδεύει συχνά τον χάρτη διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης, είναι ο χάρτης πυκνότητας της διαβρωτικότητας (erosivity density). Η έννοια διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης, ανεπτυγμένη στο Κεφάλαιο 2.4, χρησιμοποιείται για την εκ των υστέρων αξιολόγηση των μοτίβων της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης και του είδους των βροχοπτώσεων που εμπλέκονται στα διαβρωτικά γεγονότα στην Ευρώπη. Μεγάλη πυκνότητα διαβρωτικότητας σημαίνει πως το βροχομετρικό καθεστώς χαρακτηρίζεται από καταιγίδες υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας, ενώ μικρή πυκνότητα διαβρωτικότητας σημαίνει ομαλότερα επεισόδια βροχής με μεγαλύτερη διάρκεια. Η ετήσια πυκνότητα της διαβρωτικότητας είναι ουσιαστικά το πηλίκο της μέσης ετήσιας διαβρωτικότητας προς τη μέση ετήσια βροχόπτωση. Η πυκνότητα της διαβρωτικότητας (a) εκφράζεται σε μονάδες $\text{MJ ha}^{-1} \text{h}^{-1}$ (Panagos et al., 2015). Είναι: $a=R/P$, όπου:

R: η μέση ετήσια διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{yr}^{-1}$)

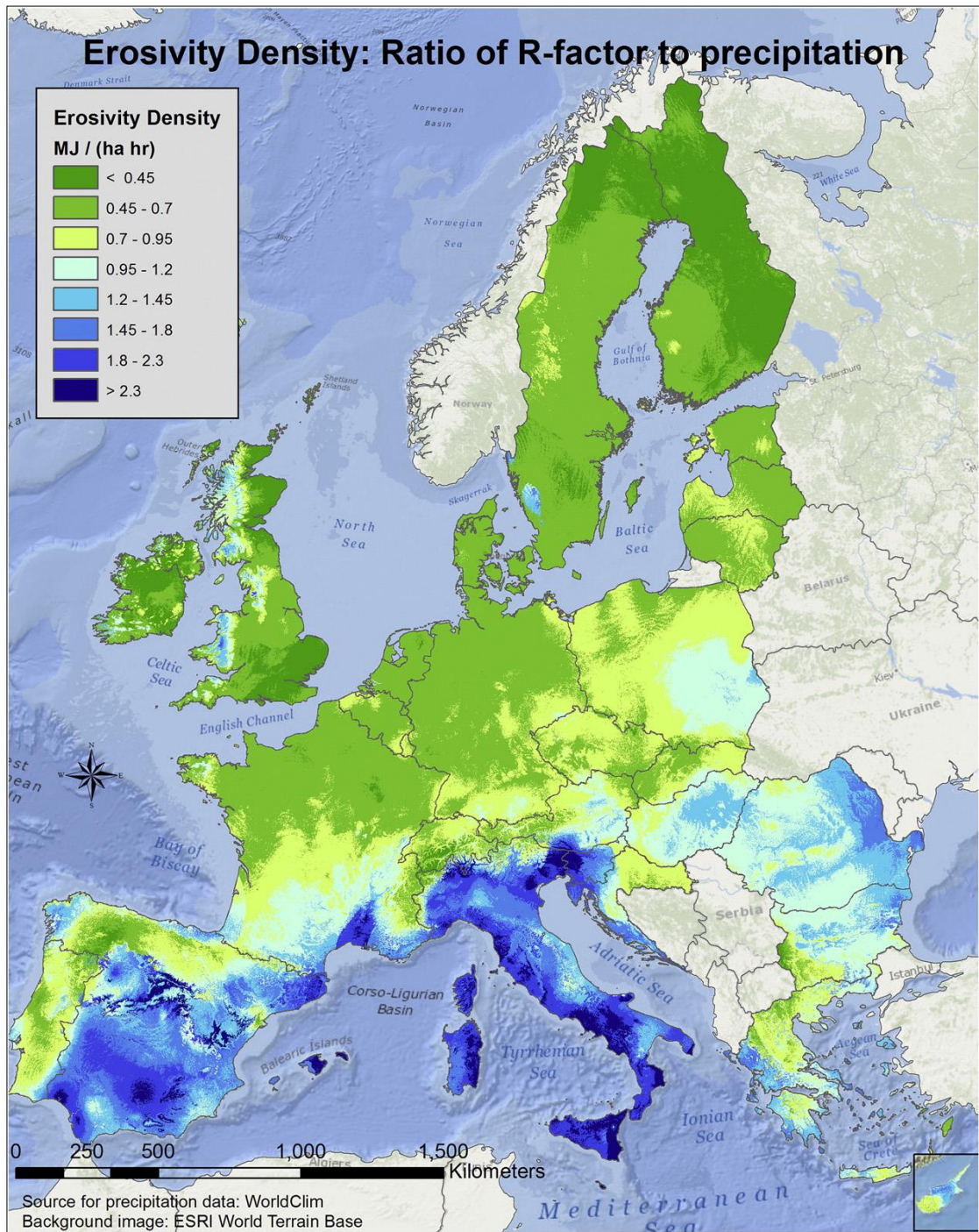
P: η μέση ετήσια βροχόπτωση (mm yr^{-1})

Ιδιαίτερα υψηλή πυκνότητα διαβρωτικότητας παρατηρείται στην Ιταλία, τις Βόρειες Ακτές της Αδριατικής και τα Πυρηναία Όρη (Εικόνα 4.8.), όπου ο συντελεστής R είναι έως και 5 φορές υψηλότερος από το ποσό της βροχόπτωσης. Αντίθετα, η κατανομή της βροχής είναι πολύ ομαλότερη στις βόρειες περιοχές της Ευρώπης (Βόρεια Γερμανία, Γαλλία και Ολλανδία), όπου σχετικά υψηλά ποσά βροχοπτώσεων έχουν μικρότερη διαβρωτική δράση (Panagos et al., 2015).

Η πυκνότητα διαβρωτικότητας έχει μέση τιμή $0.92 \text{ MJ ha}^{-1} \text{h}^{-1}$, με μεταβλητότητα που κυμαίνεται από 0.1 έως $4.47 \text{ MJ ha}^{-1} \text{h}^{-1}$. Αυτή η υψηλή μεταβλητότητα υπογραμμίζει το γεγονός ότι η διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης δεν εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από το ποσό των βροχοπτώσεων. Κατά συνέπεια, είναι αδύνατον να προβλεφθεί ο συντελεστής R στην Ευρώπη ο οποίος βασίζεται αποκλειστικά στα επίπεδα των βροχοπτώσεων. Περιφερειακά μοτίβα μπορούν να αναγνωριστούν, και παρόλο που εξισώσεις παλινδρόμησης μπορεί να αναπτυχθούν,

δεν μπορούν να επεκταθούν σε άλλες περιοχές με διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά (Panagos et al., 2015).

Ο δείκτης πυκνότητα διαβρωτικότητας απεικονίζει ό τι ο συντελεστής R ανά μονάδα βροχόπτωσης είναι εξαιρετικά μεταβλητός. Ως εκ τούτου, η επιλογή των εξισώσεων έμμεσων υπολογισμών πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και πρέπει να βασίζεται σε τοπικές μελέτες του κλίματος και σε δεδομένα υψηλής χρονικής ανάλυσης. Οι χώρες της Μεσογείου και οι περιοχές των Άλπεων έχουν μια σχετικά υψηλή πυκνότητα διαβρωτικότητας και υψηλή συχνότητα καταιγίδων σε σχέση με τη Βόρεια Ευρώπη, όπου η πυκνότητα διαβρωτικότητας είναι πολύ χαμηλότερη (Εικόνα 4.8). Επιπλέον, η αξιολόγηση της πυκνότητας διαβρωτικότητας και των περιοχών πιθανού κινδύνου που συνδυάζουν χαμηλές ποσότητες βροχοπτώσεων με υψηλή πυκνότητα διαβρωτικότητας, υποδηλώνει ότι οι περιοχές της Μεσογείου έχουν τον υψηλότερο κίνδυνο όχι μόνο σε γεγονότα διάβρωσης, αλλά και σε εμφάνιση πλημμυρών ή/και λειψυδρίας.



Εικόνα 4.8: Χάρτης της πυκνότητας διαβρωτικότητας στην Ε.Ε.

Η πυκνότητα διαβρωτικότητας μπορεί να συνεισφέρει στην αναγνώριση των περιοχών πιθανού κινδύνου, λαμβάνοντας υπόψη το ποσό της κατακρήμνισης. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος εντοπίζεται σε περιοχές όπου η χαμηλή μέση ετήσια κατακρήμνιση συνοδεύεται από υψηλή διαβρωτικότητα. Έτσι, η άκρως διαβρωτική βροχόπτωση επιδρά σε μακράς περιόδου ξηρά εδάφη που συνήθως προκαλεί μεγάλη ζημιά και συνδέεται με ένα πολύ υψηλό κίνδυνο πλημμύρας. Η κατηγορία αυτή ορίζεται ως ο υψηλότερος συνολικός κίνδυνος με τιμές πυκνότητας διαβρωτικότητας μεγαλύτερες από $1,2 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Ο χαμηλότερος κίνδυνος εντοπίζεται σε εκείνες τις περιοχές όπου, παρόλο που τα ετήσια επίπεδα βροχόπτωσης είναι υψηλά, η βροχόπτωση είναι σχετικά ομοιογενώς κατανεμημένη και ως εκ τούτου έχει χαμηλή διαβρωτικότητα. Ξηρά εδάφη εντοπίζονται στην κεντρική και Νότια Ισπανία, στη Σικελία, στη Σαρδηνία, στα Ελληνικά νησιά, στην Κύπρο, στη Ρουμανία και στην Κεντρική Ουγγαρία. Περιοχές της Ιρλανδίας, του Βόρειου Ηνωμένου Βασιλείου και μικρά τμήματα της Γερμανίας, παρουσιάζουν τον χαμηλότερο κίνδυνο με τιμές πυκνότητας διαβρωτικότητας μικρότερες από 0.55. Ο συνδυασμός υψηλών τιμών βροχόπτωσης και υψηλών πυκνοτήτων διαβρωτικότητας μπορεί επίσης να σχετίζεται με κάποιο κίνδυνο: μεγάλες ποσότητες βροχόπτωσης που πέφτουν σε υγρά ή κορεσμένα εδάφη μπορεί να προκαλέσουν πχ κατολισθήσεις.

4.6. Η διαβρωτικότητα στην Ελλάδα-σύγκριση αποτελεσμάτων

Συγκεκριμένα για την Ελλάδα, η βάση δεδομένων REDES έχει εξάγει χάρτες ως εξής: τα δεδομένα λαμβάνονται από βροχομετρικούς σταθμούς του ερευνητικού προγράμματος Hydroskorio, έχοντας μια μέση τιμή τα 30 έτη ανά σταθμό. Ενώ υπάρχει ένα αρκετά πυκνό δίκτυο σταθμών στην Πελοπόννησο και στην ηπειρωτική Ελλάδα, υπάρχει έλλειψη σταθμών στη Δυτική Μακεδονία και στα νησιά του Αιγαίου. Οι σταθμοί βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα, έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν την τεράστια τοπογραφική ποικιλομορφία της Ελλάδας.

Η μέση ετήσια και μηνιαία διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης του κάθε σταθμού

υπολογίζεται βάση μακροχρόνιων χρονοσειρών, κατά προτίμηση περισσότερο από 15 χρόνια. Έτσι, οι περισσότεροι βροχομετρικοί σταθμοί καταγράφουν δεδομένα που καλύπτουν τουλάχιστον 20 χρόνια, αρχίζοντας από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 μέχρι το έτος 1996. Μεταξύ των υπόλοιπων σταθμών με μικρότερες χρονοσειρές, προτιμάται να συμπεριληφθούν οι 3 βροχομετρικοί σταθμοί από το νησί της Λέσβου και οι 4 από το νησί της Κρήτης, προκειμένου να μειωθεί η χωρική αβεβαιότητα λόγω της πλήρους έλλειψης στοιχείων στα νησιά του Αιγαίου (Panagos et. al, 2016).

Η χωρική μεταβλητότητα της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης είναι υψηλή στην Ελλάδα, με τιμές που κυμαίνονται από 152 έως 2.728,5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yr⁻¹. Η μέση τιμή του συντελεστή R υπολογίζεται σε 825,4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yr⁻¹, με μια τυπική απόκλιση 389,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yr⁻¹. Τα Υδατικά Διαμερίσματα με τα υψηλότερα επίπεδα τιμών διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (> 1.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yr⁻¹) είναι της Ηπείρου, της Δ. Στ. Ελλάδας, της Β. Πελοποννήσου και της Δ. Πελοποννήσου. Οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στα Υδατικά Διαμερίσματα της Μακεδονίας, της Αττικής και των Νησιών του Αιγαίου. Οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής διασποράς, από 0.20 έως 0.33, υποδηλώνουν ότι υπάρχει μια σχετικά ομαλή μεταβλητότητα στις τιμές του συντελεστή R ανά Υδατικό Διαμέρισμα. Αναλυτικά στοιχεία φαίνονται στον πίνακα 4.17. και την εικόνα 4.9.

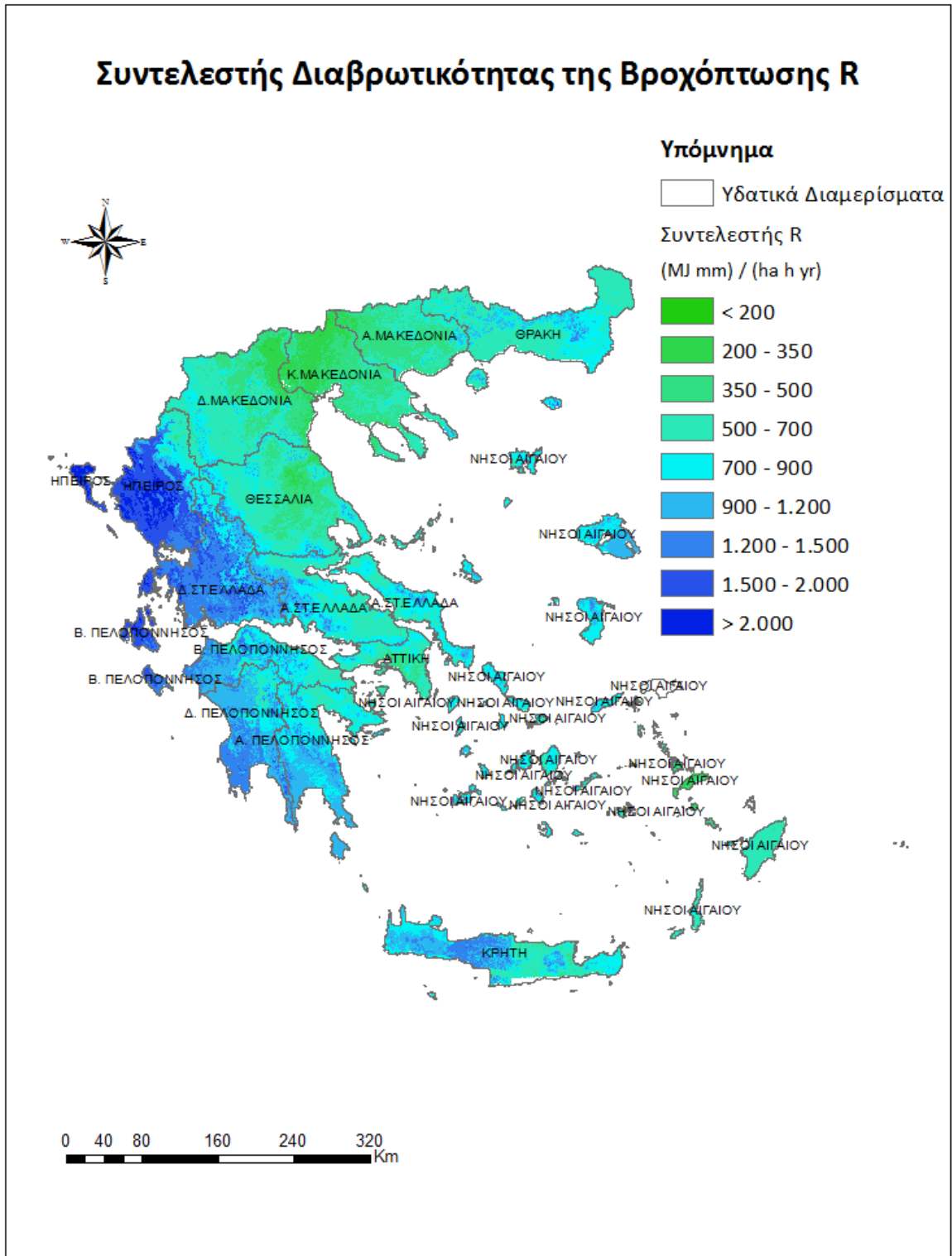
Τα στατιστικά από το WorldClim αναφέρουν 698 mm την μέση ετήσια βροχόπτωση, 189 mm την τυπική απόκλιση, και 380-1.406 mm το εύρος των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης στην Ελλάδα. Ο καιρός διαφοροποιείται από το ξηρό κλίμα της Αττικής (Αθήνα ως ευρύτερη περιοχή) και της Ανατολικής Ελλάδας στο υγρό κλίμα της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας.

Η έντονη διαφοροποίηση στα χιλιοστά βροχής ανά την Ελλάδα οφείλεται στην γεωμορφολογία της, με κύριο χαρακτηριστικό να αποτελεί η οροσειρά της Πίνδου στην ανατολική πλευρά, που περιλαμβάνει ορισμένους από τους μεγαλύτερους και υψηλότερους ορεινούς όγκους της χώρας. Τα υψόμετρα των κορυφών φθάνουν πάνω από τα 2.600-2.700 m. Η παρουσία των ορεινών όγκων δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες ορογραφικής βροχόπτωσης, οι οποίες σε συνδυασμό με την επικρατούσα

κύρια διεύθυνση των ανέμων κατά το χειμώνα (από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά) έχουν ως αποτέλεσμα τα υψηλά ποσά βροχόπτωσης στη Δυτική Ελλάδα και την εκτόνωση του φαινομένου στα βουνά.

Πίνακας 4.17: Συντελεστής R ανά Υδατικό Διαμέρισμα. Πηγή: Παπαπέτρου, 2017

α/α	Υδατικά Διαμερίσματα	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Εύρος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διασποράς
		MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ yr ⁻¹					
1	Δ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	445.4	1638.0	1192.7	1071.4	229.7	0.21
2	Β. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	427.1	2208.8	1781.6	1045.4	342.4	0.33
4	Δ.ΣΤ.ΕΛΛΑΔΑ	541.8	2384.0	1842.2	1260.9	285.2	0.23
5	ΗΠΕΙΡΟΣ	364.6	2728.5	2363.9	1542.0	508.8	0.33
6	ΑΤΤΙΚΗ	342.7	1297.5	954.8	619.1	126.7	0.20
7	Α.ΣΤ.ΕΛΛΑΔΑ	456.1	1737.3	1281.2	774.3	184.5	0.24
8	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	253.1	1518.6	1265.5	616.0	173.2	0.28
9	Δ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	152.0	1315.9	1163.9	553.3	150.9	0.27
11	Α.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	176.1	1113.1	937.1	512.5	116.0	0.23
12	ΘΡΑΚΗ	417.0	1542.9	1125.9	706.1	154.7	0.22
13	ΚΡΗΤΗ	419.9	1603.4	1183.5	895.1	255.3	0.29
14	ΝΗΣΟΙ ΑΙΓΑΙΟΥ	228.9	1474.9	1246.1	745.3	165.5	0.22



Εικόνα 4.9: Χάρτης διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R ανά Υδατικό Διαμέρισμα στην Ελλάδα.(Πηγή: Παπαπέτρου,2017)

Σύγκριση αποτελεσμάτων με την παρούσα εργασία στην Αττική:

Στην παρούσα διπλωματική έγινε υπολογισμός του μέσου συντελεστή διαβρωτικότητας στην περιοχή της Αττικής και εκτιμήθηκε ίσος με $R=1643$. Οι υπολογισμοί αυτοί έρχονται σε αντίθεση με τα στοιχεία της REDES και τον πίνακα 4.17 όπου δίνει μέση τιμή για την Αττική $R=650$ και μέγιστη τιμή $R=1297$. Υπενθυμίζουμε πως η μέγιστη μέση ετήσια τιμή R που κατέγραψε το πρόγραμμα Matlab ήταν στην Ηλιούπολη με $R=2343$. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως στο συγκεκριμένο πίνακα της REDES οι τιμές της διαβρωτικότητας στην περιοχή της Αττικής έχουν υποεκτιμηθεί σημαντικά.

Σύγκριση αποτελεσμάτων συντελεστή διαβρωτικότητας βιβλιογραφίας με την παρούσα εργασία στην υπόλοιπη Ελλάδα:

Εκτός από την περιοχή της Αττικής, το πρόγραμμα υπολογισμού δοκιμάστηκε και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας όπως τα Νησιά του Αιγαίου και το Καρπενήσι. Τα αποτελέσματα που έδωσε ανά σταθμό στα Νησιά του Αιγαίου φαίνονται στον πίνακα 4.18.

Πίνακας 4.18: Διαβρωτικότητα Νησιών Αιγαίου με βάση το πρόγραμμα Matlab

ΣΤΑΘΜΟΣ	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση	Μέσο ετήσιο R
ΜΗΛΟΣ	358	817
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	402	830
ΜΥΚΟΝΟΣ	372	1081
ΛΗΜΝΟΣ	409	1321
ΛΕΡΟΣ	351	1116
ΚΩΣ	345	962
ΧΙΟΣ(Γιόσωνας)	304	943
ΧΙΟΣ(Πόλη)	428	1500
ΣΑΜΟΣ	659	2726
ΡΟΔΟΣ	531	2685
Μέσος Όρος	415.9	1398
Μέσος Όρος Βιβλιογραφίας (Πίνακας 4.17)		745

Συμπεραίνουμε ότι ο πίνακας 4.17. υποεκτιμάει σε μεγάλο βαθμό τη διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης στις Νήσους Αιγαίου διότι ενώ δίνει μέση τιμή $R=745$ και μέγιστη τιμή $R=1474$, η τιμή που βγαίνει από το πρόγραμμα Matlab είναι μέσος όρος $R=1398$ και μέγιστη τιμή στο σταθμό της Σάμου $R=2726$.

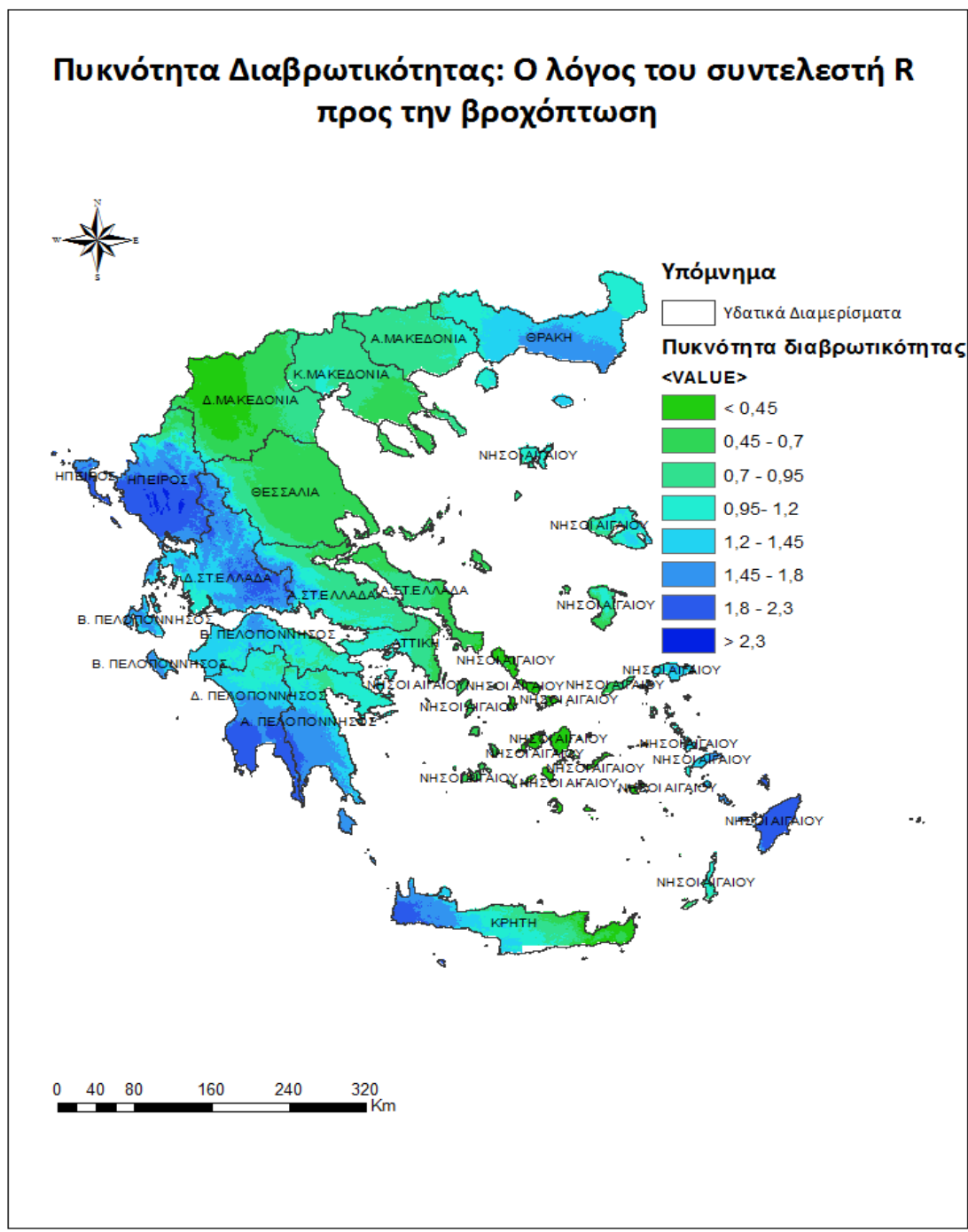
Ανάλογη ήταν η εικόνα στο σταθμό του Καρπενησίου, ο οποίος λόγω του υψομέτρου του θα μπορούσε να αποτελεί χαρακτηριστικός σταθμός για το μέγιστο R στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα. Το αποτέλεσμα του προγράμματος ήταν $R=2700$, ενώ στον πίνακα 4.14 έχουμε μέγιστη τιμή για την περιοχή της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας $R=1700$.

Τιμές της πυκνότητας διαβρωτικότητας στην Ελλάδα:

Είδαμε πως, εκτός απ τον συντελεστή διαβρωτικότητας, ένα μέγεθος που έχει αρκετά σημαντική φυσική σημασία και σε εξελιγμένα λογισμικά διάβρωσης όπως η RUSLE2 τείνει να αντικαταστήσει τον συντελεστή R είναι η πυκνότητα διαβρωτικότητας. Στην εικόνα 4.10 βλέπουμε τη διακύμανση της πυκνότητας διαβρωτικότητας στον Ελληνικό Χώρο, με υψηλότερες τιμές στην Ήπειρο, στη Δυτική Ελλάδα και στη Θράκη, ενώ στον αντίποδα έχουμε χαμηλές τιμές στη Μακεδονία, τη Θεσσαλία, και τα Νησιά του Αιγαίου.

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό γυμνού εδάφους. Ο συνδυασμός της υψηλής πυκνότητας διαβρωτικότητας με το γυμνό έδαφος μπορεί να προκαλέσει σοβαρή εδαφική απώλεια και να έχει αρνητικές επιπτώσεις στους εδαφικούς πόρους.

Για την δημιουργία του χάρτη διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R, χρησιμοποιείται το μοντέλο χωρικής παρεμβολής του Gauss το οποίο δείχνει μια πολύ καλή απόδοση με $R^2= 0.62$ για τη διαγώνια επαλήθευση και $R^2=0.73$ για την ταύτιση του συνόλου των δεδομένων.



Εικόνα 4.10: Χάρτης της πυκνότητας διαβρωτικότητας α στην Ελλάδα.

Πηγή: Παπαλέτρου, 2017.

Παρατηρώντας την περιοχή μελέτης μας, την Αττική, η πυκνότητα διαβρωτικότητας κυμαίνεται από 0.5 έως 1. Συγκρίνοντας την τιμή με τα αποτελέσματα του προγράμματος Matlab (Πίνακας 4.18), στο οποίο η πυκνότητα διαβρωτικότητας υπολογίστηκε ως το πηλίκο της μέσης ετήσιας διαβρωτικότητας προς τη μέση ετήσια βροχόπτωση, βλέπουμε πως οι τιμές αυτές μάλλον υποτιμούν αρκετά την πυκνότητα διαβρωτικότητας.

Πίνακας 4.18: Πυκνότητα Διαβρωτικότητας στους σταθμούς μελέτης

ΣΤΑΘΜΟΣ	Συντελεστής R (Διαβρωτικότητας)	Μέση Ετήσια Βροχόπτωση	Πυκνότητα Διαβρωτικότητας
Άγιος Κοσμάς	1402	390	3.6
Ζωγράφου	2022	562	3.6
Ψυτάλλεια	824	362	2.3
Πεντέλη	1781	755	2.3
Μενίδι	1888	571	3.3
Ηλιούπολη	2343	471	5.0
Άνω Λιόσια	1871	531	3.5
Άνω Γλυφάδα	776	416	1.9
Εύρος τιμών :1.9-5.0, Μέσος Όρος: 3.2			

5.Συμπεράσματα

Ο συντελεστής διαβρωτικότητας R στη μέθοδο RUSLE είναι ένα ευαίσθητο μέγεθος το οποίο μεταβάλλεται χρονικά από έτος σε έτος στην ίδια περιοχή αλλά και χωρικά καθώς για πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ μετεωρολογικών σταθμών έχουμε τελείως διαφορετικά αποτελέσματα (πχ Άνω Γλυφάδα/Άγιος Κοσμάς). Φυσικά, για να είναι σωστά τα αποτελέσματα που εξάγονται από το πρόγραμμα πρέπει να έχουμε πλήρη αξιοπιστία στα βροχομετρικά δεδομένα, και να αποφεύγονται μοντέλα παλινδρόμησης με μεγάλες αβεβαιότητες σε περιπτώσεις που έχουμε δεδομένα χρονικού βήματος μεγαλύτερου απ το απαιτούμενο.

Οι χρονοσειρές που χρησιμοποιήθηκαν έχουν κατά πλειοψηφία χρονικό ορίζοντα 10 έως 15 έτη, διάστημα που κρίνεται σχετικά επαρκές για την εξαγωγή βασικών συμπερασμάτων. Ο μέσος όρος του συντελεστή διαβρωτικότητας R στην Αττική προέκυψε $1643 \text{ MJ*mm/ha/hr/year}$, με τυπική απόκλιση $603 \text{ MJ*mm/ha/hr/year}$. Στην βάση δεδομένων της ΕΕ, REDES, ο ίδιος συντελεστής στην Αττική προκύπτει $R=619 \text{ MJ*mm/ha/hr/year}$. Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη βάση δεδομένων φαίνεται πως υποεκτιμά τις τιμές του συντελεστή διαβρωτικότητας στην Ελλάδα, διότι παρόμοιες είναι και οι διαφορές που παρουσιάζονται στα Νησιά του Ανατολικού Αιγαίου και το Καρπενήσι, όπου το πρόγραμμα Matlab δοκιμάστηκε επίσης.

Οι εμπειρικοί συσχετισμοί που έχουν γίνει κατά καιρούς σε διάφορες γεωγραφικές ενότητες του εξωτερικού, όπως των Renard and Freimund (1994) και των Torri et al, φάνηκε πως δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα, παρά μόνο κάποια μοντέλα τοπικού χαρακτήρα που έχουν λάβει δεδομένα από την ίδια περιοχή, όπως εκείνο του Βαχαβιώλου(2014), που συσχετίζει τον συντελεστή διαβρωτικότητας R με τη μέση ετήσια βροχόπτωση. Πάλι όμως τα σφάλματα που προκύπτουν είναι αρκετά μεγάλα της τάξεως του 30%, οπότε, εάν κάποιος θέλει να χρησιμοποιήσει τη μέθοδο RUSLE με ακρίβεια, θα πρέπει να κάνει τους αναλυτικούς υπολογισμούς.

Αντικείμενα περαιτέρω έρευνας:

Η αξιοπιστία των μετεωρολογικών δεδομένων των σταθμών και ιδιαίτερα εκείνων που παρουσιάζουν δεδομένα που δε συνάδουν με προηγούμενες βιβλιογραφικές αναφορές.

Μείωση των αβεβαιοτήτων για τον υπολογισμό των υπόλοιπων πέντε παραμέτρων της μεθόδου RUSLE

6.Αναφορές:

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Arnoldus, H.M.J., Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Marocco, 1977
2. Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. editors: Soil Erosion, 1980
3. Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadic, M.P., Michaelides, S., Hrabalíková, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Beguería, S., Alewell, C. Rainfall erosivity in Europe. *Sci Total Environ.* 511 (2015), pp. 801-814. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.01.008
4. Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K. : Spatio-temporal analysis of rainfall erosivity and erosivity density in Greece. *Catena*, 2016
5. Renard and Freimund, Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE, *Journal of Hydrology*, 157, pp 287-306., 1994
6. Renard, K.G, G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D.C. Yoder et al., Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), US Department of Agriculture (USDA), Washington, DC, USA, Agricultural handbook 703, pp 404., 1997
7. USDA-Agricultural Research Service, Science documentation-RUSLE Version 2, Washington, August 2013
8. Van Loan, C. F., and K. Y. D. Fan, *Insight Through Computing, A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering*, SIAM., 2010
9. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith, Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation, *Agriculture Handbook 282*, U.S. Department of Agriculture (USDA), Washington DC, USA., 1965

10. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith, Predicting rainfall erosion losses – a guide for conservation planning, Agriculture Handbook 537, U.S. Department of Agriculture (USDA), Washington DC, USA., 1978

11. Βαχαβιώλος Θ., Εκτίμηση εδαφικής διάβρωσης, στερεοαπορροής και αποθέσεων ταμιευτήρα από εμπειρικές μεθόδους με έμφαση στην επίδραση της βροχόπτωσης, MSc thesis, Ιούλιος 2014, Αθήνα.

12. Γεωργίου, Χ. Ξενοφώντος, Εισαγωγή στη Matlab, Λευκωσία 2007

13. Γιαλαμάς Ιωάννης, Η κλιματολογία του υετού στην Αττική

14. Μάρης Φ., Διευθέτηση ορεινών υδάτων

15. Παπαπέτρου Μ., Εκτίμηση της εδαφικής διάβρωσης και της στερεοπαροχής στον Ελλαδικό χώρο, MSc thesis, Αθήνα, 2017.

ΔΙΑΔΥΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

1. en.wikipedia.org

2. esdac.jrc.ec.europa.eu

3. www.iwr.msu.edu

4. www.mathworks.com

5. www.meteo.gr

6. www.usda.gov

7.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Α.ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΜΑΤΛΑΒ

```
1 - load -ascii 'archive.txt';
2 - year=archive(1:end,1);
3 - month=archive(1:end,2);
4 - day=archive(1:end,3);
5 - hour=archive(1:end,4);
6 - minute=archive(1:end,5);
7 - millimeters=archive(1:end,6);
8 - k=1;
9 - vhma=input('give the time step of your series in minutes:');
10 - if vhma==5
11 - elseif vhma==10
12 - elseif vhma==15
13 - else
14 -     millimeters=0;
15 -     disp('ERROR:THE TIME STEP MUST BE BETWEEN 5 AND 15 MINUTES');
16 - end
17 - diakwrismos=input('xronos diakwris moy epaisodiwn se wres?:');
18 - xrdr=diakwrismos*6*10/vhma;
19 - %ΔΙΑΚΩΡΙΣΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ
20 - w=size(millimeters);
21 -     x=w(1,1);
22 - for l=1:(1000*10/vhma)
23 -
24 -     for i=k:(k+30000*10/vhma)
25 -         if millimeters(i)>0.1
26 -             start=i;
27 -             break
28 -         end
29 -         if i==x
30 -             break
31 -         end
32 -     end
33 - end
34 -
35 -     for j=start:start+1000*10/vhma
36 -         if j+xrdr>x
37 -             break
38 -         end
39 -         a=sum(millimeters(j:(j+xrdr)));
40 -         if a<0.2
41 -             finish=j;
42 -             break
43 -         end
44 -     end
45 - end
```

```

44
45
46 -     end
47 -     k=finish;
48 -     smatrix(1)=start;
49 -     fmatrix(1)=finish;
50
51 -     if l>2
52 -     if smatrix(1)==smatrix(1-1)
53 -         break
54 -     end
55 -     end
56
57
58 - end
59
60 - episodest=smatrix;
61 - episodedefin=fmatrix;
62
63 - %ΑΠΑΝΟΙΞΗ ΕΠΕΙΘΟΔΙΩΝ ΜΕ ΕΥΘΑΙΡΟ ΥΕΤΟ <12.7mm
64 - a=size(smatrix);
65 - b=a(1,2);
66 - for i=1:b
67 -     yet=0;
68 -     k=episodest(i);
69 -     l=episodedefin(i);
70 -     for m=k:l
71 -         yet=yet+milimeters(m);
72 -     end
73 -     yeto(i)=yet;
74 - end
75 - yetos=yeto;
76
77
78
79 - for i=1:b
80 -     if yetos(i)>12.7
81 -         starts(i)=episodest(i);
82 -         finishes(i)=episodedefin(i);
83 -     end
84 - end
85 - stime=starts;
86 - ftime=finishes;
87 - j=0;
88 - a=size(stime);

```

```

90 -   end
91 -   j=0;
92 -   for i=1:c
93 -       if ftime(i)>0
94 -           j=j+1;
95 -           finishtim(j)=ftime(i);
96 -           yetoii(j)=yetos(i);
97 -       end
98 -   end
99 -
100 -   starttime=startim;
101 -   finishtime=finishtim;
102 -   yetoi=yetoii;
103 -   a=size(yetoi);
104 -   b=a(1,2);
105 -   for i=1:b
106 -       g=startime(i);
107 -       exacty(i)=year(g);
108 -   end
109 -
110 -   for i=1:b
111 -       g=startime(i);
112 -       exactm(i)=month(g);
113 -   end
114 -
115 -   for i=1:b
116 -       g=startime(i);
117 -       exactd(i)=day(g);
118 -   end
119 -   for i=1:b
120 -       g=startime(i);
121 -       exacth(i)=hour(g);
122 -   end
123 -
124 -
125 -   exactyear=exacty;
126 -   exactmonth=exactm;
127 -   exactday=exactd;
128 -   exacthour=exacth;
129 -   start=[exactyear;exactmonth;exactd;exacthour];
130 -
131 -   for i=1:b
132 -       g=finishtime(i);
133 -       finy(i)=year(g);
134 -   end

```

```

133 - exacthour=exacth;
134 - start=[exactyear;exactmonth;exactd;exacthour];
135
136 - for i=1:b
137 -     g=finishtime(i);
138 -     finy(i)=year(g);
139 -     end
140
141 - for i=1:b
142 -     g=finishtime(i);
143 -     firm(i)=month(g);
144 -     end
145
146 - for i=1:b
147 -     g=finishtime(i);
148 -     find(i)=day(g);
149 -     end
150 - for i=1:b
151 -     g=finishtime(i);
152 -     finh(i)=hour(g);
153 -     end
154 - finish=[finy;firm;find;finh];
155
156
157
158
159 - %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΝΕΙΘΟΔΙΟΥ
160 - sumr=0;
161 - for i=1:b
162 -     k=0;
163 -     energy=0;
164 -     for j=starttime(i):finishtime(i)
165 -
166 -         k=k+1;
167 -         milten(k)=milimeters(j);
168 -         intensten(k)=milten(k)^6*10/vhma;
169 -
170 -         if intensten(k)==0
171 -             er(k)=0;
172 -         else
173 -             er(k)=0.29*[1-0.72*exp(-0.05*intensten(k))];
174 -         end
175 -         energy(k)=er(k)*milten(k);
176 -         end
177 -     totalenergy(i)=sum(energy);

```

```

178 - l=0;
179 - %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ I30
180 - for j=starttime(i):finishtime(i)
181 -     l=l+1;
182 -     if vhma==10
183 -         sygkrish(l)=[milimeters(j)+milimeters(j+1)+milimeters(j+2)]*2;
184 -     elseif vhma==15
185 -         sygkrish(l)=[milimeters(j)+milimeters(j+1)]*2;
186 -     else
187 -         sygkrish(l)=[milimeters(j)+milimeters(j+1)+milimeters(j+2)+milimeters(j+3)+milimeters(j+4)+milimeters(j+5)]*2;
188 -     end
189 -
190 - end
191 - maxhalfhour(i)=max(sygkrish);
192 - %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ R ΚΑΘΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΚΑΙ ΕΥΝΟΙΑΚΟΥ R
193 - repisode(i)=maxhalfhour(i)*totalenergy(i);
194 - sumr=sumr+repisode(i);
195 -     end
196 -
197 -     episod=[exactyear;exactmonth;exactd;find;exacthour;finh;yetoi;repisode];
198 -     episode=round(episod);
199 -
200 -     EPISODE=episode';
201 -     rtotal=sumr;
202 -
203 -     disp('                EPISODES CALENDAR WITH CALCULATED ACCUMULATED RAINFALL AND R FACTOR OF EACH EPISODE')
204 -     disp('        YEAR          MONTH      DAYST      DAYFIN      HOURST      HOURFIN      MILIM      Ri')
205 -     disp(EPISODE)
206 -     RTOTAL=rtotal
207 -
208 -     %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ R ΣΕ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΑΣΗ
209 -
210 -
211 -
212 -     a=size(episode);
213 -     b=a(2);
214 -     range=(EPISODE(b,1)-EPISODE(1,1))*12+EPISODE(b,2)-EPISODE(1,2);
215 -     Startyear=EPISODE(1,1);
216 -     Startmonth=EPISODE(1,2);
217 -

```

```

217
218 - for i=1:range+1
219 -     sumcount=0;
220 -     for j=1:b
221
222 -         if Startyear-EPIISODE(j,1)==0
223 -             if Startmonth-EPIISODE(j,2)==0
224 -                 sumcount=sumcount+EPIISODE(j,8);
225 -                 countepisode(i)=sumcount;
226 -                 theyear(i)=Startyear;
227 -                 themo(i)=Startmonth;
228
229 -             end
230 -         end
231 -     end
232 -     if Startmonth==12
233 -         Startyear=Startyear+1;
234 -         Startmonth=0;
235 -     end
236 -     Startmonth=Startmonth+1;
237
238
239 - end
240
241 - everymonth=[themo;theyear;countepisode];
242 - for i=1:range+1
243 -     if everymonth(1,i)==0
244 -         everymonth(1,i)=everymonth(1,(i-1))+1;
245 -         everymonth(2,i)=everymonth(2,(i-1));
246 -         if everymonth(1,i)==13
247 -             everymonth(1,i)=1;
248 -             everymonth(2,i)=everymonth(2,(i-1))+1;
249 -         end
250 -     end
251
252
253
254 - end
255 - disp('          R FACTOR  OF EVERY MONTH')
256 - disp('          month   year      R    ')
257 - disp(everymonth')
258 - RANNUAL=(RTOTAL/range^12)
259
260

```

```

%ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΡΧΕΙΩΝ ΕΣΟΔΟΥ
a=everymonth(1,:);
b=everymonth(2,:);
c=everymonth(3,:);
monthlyerosivity=table(a,b,c,'VariableNames',{'MONTH','YEAR','RFACOR'});
writetable(monthlyerosivity);
a=EPISODE(:,1);
b=EPISODE(:,2);
c=EPISODE(:,3);
d=EPISODE(:,4);
e=EPISODE(:,5);
f=EPISODE(:,6);
g=EPISODE(:,7);
h=EPISODE(:,8);
erosivityperepisode=table(a,b,c,d,e,f,g,h,'VariableNames',{'YEAR','MONTH','DAYSTART','DAYFIN','HOURSTART','HOURFIN','TOTALMILIM','RFACOR'});
writetable(erosivityperepisode);

```

Β.ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΣΤΑΘΜΟΙ:		Άγ.Κοσ.	Πεντ.	Α.Γλυφ.	Ηλιουπ.	Α.Λιο.	Ζωγρ.	Μεν.	Ψυτ.
Μήνας	Έτος								
3	2005							10	
4	2005							0	
5	2005				68			0	48
6	2005				0			0	0
7	2005	141			280			0	451
8	2005	0			0			0	0
9	2005	583			199		84	408	185
10	2005	0			0		0	0	0

11	2005	780	1049		4264		1241	416	252
12	2005	0	127		380		1797	247	0
1	2006	331	135		1222		251	121	68
2	2006	340	104		573		509	145	95
3	2006	79	32		198	23	77	53	145
4	2006	0	0		0	0	0	0	0
5	2006	0	345		0	0	0	0	0
6	2006	178	55		0	0	69	0	0
7	2006	0	0		0	84	0	96	204
8	2006	0	0		0	0	0	0	0
9	2006	67	108		0	563	882	24	29
10	2006	464	1000		2167	438	547	589	125
11	2006	91	27		313	67	76	39	36
12	2006	0	17		0	0	39	0	0
1	2007	0	0		0	0	0	0	0
2	2007	165	120		445	86	234	66	43
3	2007	190	138		462	121	306	268	54
4	2007	0	0		0	0	0	0	0
5	2007	308	184		1592	137	284	1740	123
6	2007	0	0		0	0	0	0	0
7	2007	0	0		0	0	0	0	0
8	2007	0	0		0	0	151	0	0
9	2007	0	0		0	0	0	0	0
10	2007	358	195		1457	1010	508	1347	260
11	2007	0	78		0	72	0	74	92
12	2007	130	138		578	45	163	69	34
1	2008	0	42		198	13	42	92	19
2	2008	0	50		0	40	0	17	0
3	2008	137	119		556	87	135	137	21
4	2008	322	75		737	70	202	69	72
5	2008	0	0		0	0	0	0	0
6	2008	0	159		0	0	0	86	0
7	2008	0	0		0	0	0	0	0

8	2008	0	0		0	57	0	150	261
9	2008	0	0		0	0	66	0	0
10	2008	0	0		0	0	0	0	0
11	2008	82	227		239	352	90	95	428
12	2008	131	235		642	399	277	249	160
1	2009	198	128		69	45	63	41	13
2	2009	121	110		91	41	59	0	13
3	2009	83	34		104	43	250	94	199
4	2009	50	9		15	10	7	0	15
5	2009	0	0		0	53	35	21	0
6	2009	0	0		0	0	0	0	0
7	2009	0	657		0	0	0	0	0
8	2009	0	0		0	0	0	432	0
9	2009	100	234		107	29	27	54	0
10	2009	94	201		158	102	240	153	30
11	2009	60	21		102	208	194	244	112
12	2009	420	256		238	776	163	355	312
1	2010	0	95		84	0	52	0	16
2	2010	67	14		76	22	41	702	23
3	2010	0	27		0	0	0	0	0
4	2010	0	0		0	0	0	0	0
5	2010	113	0		167	0	0	0	0
6	2010	82	750		0	144	450	0	0
7	2010	0	525		0	0	685	0	0
8	2010	0	0		0	0	0	0	0
9	2010	188	41		89	126	24	116	141
10	2010	510	878		837	1314	757	566	944
11	2010	209	102		121	0	0	72	0
12	2010	0	24		0	13	14	24	0
1	2011	259	55		122	100	40	71	77
2	2011	518	535		275	129	132	419	141
3	2011	0	47		0	26	47	43	0
4	2011	179	69		28	25	60	44	0

5	2011	531	0		0	47	46	313	0
6	2011	0	32		0	343	528	633	0
7	2011	0	0		0	0	0	0	0
8	2011	0	0		0	0	0	0	0
9	2011	0	0		0	0	0	0	0
10	2011	281	53		40	130	51	74	296
11	2011	0	12		0	0	0	17	0
12	2011	345	191		901	371	386	286	107
1	2012	44	18		24	13	8	27	0
2	2012	438	173	3	690	233	666	138	69
3	2012	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2012	112	35	56	22	172	36	109	0
5	2012	0	33	10	20	0	12	25	0
6	2012	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2012	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2012	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2012	0	0	0	0	105	75	0	0
10	2012	0	26	0	0	0	0	0	0
11	2012	324	626	130	117	159	1002	288	234
12	2012	370	1243	237	607	389	241	312	0
1	2013	31	183	104	144	474	378	351	199
2	2013	1643	959	519	987	1486	993	620	787
3	2013	0	128	0	0	0	0	0	0
4	2013	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2013	0	83	0	0	0	0	0	303
6	2013	0	786	0	0	10	0	121	0
7	2013	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2013	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2013	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2013	0	110	0	0	212	0	98	0
11	2013	203	219	531	428	1363	458	1373	73
12	2013	69	69	52	74	283	67	89	52
1	2014	46	261	49	68	307	792	149	22

2	2014	0	16	23	20	13	27	80	8
3	2014	13	44	17	38	92	18	79	24
4	2014	24	184	54	0	25	13	213	32
5	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2014	0	109	0	0	0	0	0	112
7	2014	453	40	0	1256	114	273	88	0
8	2014	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2014	0	0	0	0	207	978	153	0
10	2014	0	214	0	39	643	29	1151	130
11	2014	160	76	147	169	146	115	37	37
12	2014	483	406	246	235	1205	391	1002	276
1	2015	77	24	17	0	7	0	9	0
2	2015	62	30	69	13	145	102	72	165
3	2015	269	299	142	65	54	150	89	80
4	2015	0	18	19	0	16		25	0
5	2015	0	88	0	0	0		0	0
6	2015	0	0	0	0	129		0	0
7	2015	0	0	0	0	0		0	0
8	2015	0	0	0	0	0		0	0
9	2015	672	138	345	485	87		859	736
10	2015	290	1484	0	256	1519		1345	0
11	2015	316	158	0	68	873		680	0
12	2015	0	13	0	0	0		0	0
1	2016	0	66	22	14	143		107	0
2	2016	34	48	81	22	25		34	38
3	2016	38	139	39	26	14		27	6
4	2016	0		0	0	0		0	0
5	2016	0		0	0	0		0	285
6	2016	233		222	263	535		342	0
7	2016	0		0	0	0		0	0
8	2016	0		0	0	0		0	0
9	2016	94		0	0	0		137	31
10	2016	0		282	290	89		0	

11	2016	97		272	452	1190		422	
12	2016					12			
1	2017					16			

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΓΙΑ ΣΤΑΘΜΟ ΑΓΙΟΣ ΚΟΣΜΑΣ(1)

YEAR	Month	Dayst.	Dayfin	Hourstart	Hourfin	Total mm	Rfactor
2005	7	3	3	14	17	23	141
2005	9	16	16	3	10	15	6
2005	9	22	22	20	22	39	577
2005	11	17	17	6	23	54	157
2005	11	22	25	13	8	118	623
2006	1	5	5	4	13	30	167
2006	1	6	6	18	21	17	95
2006	1	22	23	10	3	18	69
2006	2	5	6	16	3	34	340
2006	3	7	8	22	11	18	79
2006	6	10	10	16	18	23	178
2006	9	23	23	11	23	13	67
2006	10	7	8	20	0	18	133
2006	10	9	10	10	7	40	182
2006	10	30	31	11	20	38	149
2006	11	23	24	18	9	20	91
2007	2	11	12	6	1	30	165
2007	3	22	23	10	1	44	190
2007	5	19	19	14	22	24	166
2007	5	24	25	14	12	17	79
2007	5	28	28	6	12	14	63
2007	10	20	21	15	2	22	178
2007	10	21	22	21	5	32	180
2007	12	8	9	21	10	27	130

2008	3	28	29	10	5	32	137
2008	4	2	3	16	9	25	100
2008	4	5	6	13	5	42	222
2008	11	17	17	16	20	17	82
2008	12	12	12	0	17	22	131
2009	1	23	23	3	4	15	138
2009	1	27	28	23	4	13	60
2009	2	8	8	3	7	23	121
2009	3	21	22	5	3	18	83
2009	4	6	6	0	14	13	50
2009	9	11	12	17	10	22	100
2009	10	15	16	4	12	17	94
2009	11	3	4	14	4	13	60
2009	12	2	3	9	0	21	128
2009	12	5	6	8	4	32	139
2009	12	11	11	0	6	29	153
2010	2	2	2	2	10	16	67
2010	5	20	21	23	0	13	113
2010	6	30	30	8	11	13	82
2010	9	25	25	3	14	29	188
2010	10	17	18	19	1	22	113
2010	10	18	18	8	18	25	109
2010	10	26	26	2	2	15	131
2010	10	27	27	17	20	21	157
2010	11	12	13	10	3	30	209
2011	1	2	2	9	16	18	104
2011	1	12	13	13	2	18	91
2011	1	16	16	1	5	13	64
2011	2	3	4	1	7	84	453
2011	2	18	19	19	16	14	65
2011	4	16	17	18	22	14	59
2011	4	26	27	19	11	30	120
2011	5	26	27	12	17	41	346

2011	5	30	30	15	15	19	185
2011	10	9	10	17	14	33	213
2011	10	16	16	13	19	13	68
2011	12	18	19	18	22	19	75
2011	12	21	23	20	0	43	270
2012	1	11	12	1	1	13	44
2012	2	6	7	17	1	27	173
2012	2	11	12	16	13	48	265
2012	4	18	18	4	10	24	112
2012	11	7	8	19	9	16	86
2012	11	20	21	21	23	30	164
2012	11	30	1	21	10	16	74
2012	12	17	18	20	13	40	289
2012	12	29	31	10	18	50	81
2013	1	16	16	7	12	14	31
2013	2	13	13	10	16	27	90
2013	2	14	15	2	11	16	13
2013	2	16	17	20	16	21	19
2013	2	21	22	22	11	85	1521
2013	11	6	6	3	16	19	25
2013	11	11	11	17	22	17	42
2013	11	13	14	16	6	26	32
2013	11	20	20	6	10	15	48
2013	11	24	24	5	18	19	56
2013	12	1	2	13	12	27	48
2013	12	27	28	0	2	23	21
2014	1	1	2	10	1	13	11
2014	1	25	26	20	10	18	22
2014	1	28	29	9	1	14	13
2014	3	1	2	9	7	16	13
2014	4	7	7	5	17	19	24
2014	7	19	19	13	16	31	453
2014	11	7	8	23	19	29	160

2014	12	7	8	23	11	24	42
2014	12	9	9	0	7	16	29
2014	12	10	12	12	19	102	412
2015	1	23	23	20	23	13	77
2015	2	9	10	16	21	13	11
2015	2	22	23	15	14	23	24
2015	2	27	28	13	3	20	27
2015	3	6	7	22	9	32	96
2015	3	13	14	7	2	42	72
2015	3	26	26	5	23	38	101
2015	9	21	21	9	19	35	296
2015	9	26	26	23	23	20	224
2015	9	29	29	15	17	18	152
2015	10	22	22	1	14	34	212
2015	10	23	24	9	5	55	78
2015	11	25	25	19	21	27	301
2015	11	27	28	14	10	13	15
2016	2	4	5	23	13	17	34
2016	3	13	14	18	21	37	38
2016	6	28	28	18	19	21	233
2016	9	10	10	21	22	15	94
2016	11	28	28	19	21	19	97

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΓΙΑ ΣΤΑΘΜΟ ΖΩΓΡΑΦΟΥ(2)

YEAR	Month	Dayst.	Dayfin	Hourstart	Hourfin	Total mm	Rfactor
2005	9	15	16	16	13	20	11
2005	9	22	22	12	23	25	73
2005	11	17	18	6	0	63	349
2005	11	22	25	12	8	185	892
2005	12	14	14	14	17	16	76
2005	12	27	28	17	22	67	1721
2006	1	5	5	5	14	37	182

2006	1	22	23	10	3	21	69
2006	2	5	6	15	3	54	417
2006	2	24	24	3	19	17	92
2006	3	7	8	23	12	22	77
2006	6	10	10	16	18	14	69
2006	9	20	20	12	15	38	419
2006	9	21	21	15	23	31	347
2006	9	23	23	3	23	22	116
2006	10	7	8	20	0	14	83
2006	10	9	10	16	6	54	246
2006	10	30	31	11	22	60	218
2006	11	23	24	19	10	20	76
2006	12	11	12	21	18	13	39
2007	2	11	12	11	0	49	234
2007	3	22	23	10	2	53	209
2007	3	26	26	12	16	19	97
2007	5	19	19	0	22	35	168
2007	5	24	25	4	1	13	48
2007	5	28	28	6	12	17	68
2007	8	21	21	6	6	16	151
2007	10	20	20	13	23	22	132
2007	10	21	22	21	9	46	376
2007	12	8	9	20	10	38	163
2008	1	28	29	16	12	13	42
2008	3	28	29	7	5	36	135
2008	4	2	3	11	7	24	82
2008	4	5	6	13	9	34	120
2008	9	22	23	15	1	14	66
2008	11	17	17	17	21	20	90
2008	12	12	12	0	17	30	160
2008	12	18	18	3	13	20	109
2008	12	26	29	2	6	33	8
2009	1	27	28	21	4	27	63

2009	2	8	8	2	8	24	34
2009	2	13	14	20	7	23	25
2009	3	18	18	11	21	35	194
2009	3	21	21	5	20	24	56
2009	4	6	6	3	15	14	7
2009	5	6	6	12	17	16	35
2009	9	11	12	11	9	30	27
2009	10	15	16	3	11	15	9
2009	10	24	27	23	10	52	231
2009	11	3	4	12	6	31	134
2009	11	8	8	6	10	14	60
2009	12	1	3	22	2	36	54
2009	12	5	6	4	3	28	39
2009	12	10	11	23	15	31	54
2009	12	12	13	14	3	14	16
2010	1	21	22	18	17	39	52
2010	2	2	2	2	10	14	18
2010	2	8	9	19	3	15	23
2010	6	28	28	0	3	34	450
2010	7	3	3	14	15	39	685
2010	9	25	25	3	11	17	24
2010	10	17	18	19	19	51	136
2010	10	26	26	2	3	15	117
2010	10	27	27	14	22	36	504
2010	12	14	16	23	5	13	14
2011	1	2	2	3	20	13	20
2011	1	28	28	6	13	16	20
2011	2	3	4	2	4	60	79
2011	2	18	19	19	16	15	22
2011	2	24	25	10	8	26	31
2011	3	7	8	20	18	15	17
2011	3	31	1	3	5	19	30
2011	4	16	17	18	23	18	21

2011	4	26	27	20	17	31	39
2011	5	26	27	13	19	17	46
2011	6	12	12	11	17	44	528
2011	10	9	10	17	14	23	51
2011	12	18	20	18	5	30	48
2011	12	21	23	20	19	72	338
2012	1	10	11	13	19	15	8
2012	2	6	7	14	2	66	649
2012	2	11	12	22	13	17	17
2012	4	18	18	4	11	24	36
2012	5	18	19	4	0	21	12
2012	9	17	17	16	18	13	75
2012	11	7	8	18	11	39	176
2012	11	19	20	19	8	16	20
2012	11	20	21	17	23	28	27
2012	11	29	29	17	22	48	743
2012	11	30	1	20	10	25	36
2012	12	8	9	17	3	16	75
2012	12	17	18	21	18	26	64
2012	12	29	30	10	19	80	102
2013	1	16	16	9	12	43	317
2013	1	25	26	8	6	21	61
2013	2	13	13	9	16	34	163
2013	2	14	15	1	16	22	12
2013	2	16	17	19	16	17	8
2013	2	21	22	21	11	90	810
2013	11	6	6	3	19	37	53
2013	11	11	11	18	22	34	261
2013	11	13	14	17	6	24	28
2013	11	21	22	19	5	16	50
2013	11	24	24	5	20	23	66
2013	12	1	2	11	12	22	25
2013	12	27	28	0	11	37	42

2014	1	24	25	22	2	38	701
2014	1	25	26	20	9	24	40
2014	1	28	29	10	2	29	51
2014	2	6	7	16	5	13	18
2014	2	28	2	15	11	23	9
2014	3	3	3	4	20	23	18
2014	4	6	7	12	7	17	13
2014	7	19	19	12	18	34	273
2014	9	9	9	14	15	14	58
2014	9	16	16	13	16	59	920
2014	10	24	24	6	19	19	29
2014	11	7	9	23	0	29	115
2014	12	3	4	22	5	18	64
2014	12	7	8	18	11	38	161
2014	12	8	9	23	11	16	50
2014	12	10	12	12	17	74	93
2014	12	17	17	1	20	18	23
2015	2	9	10	15	17	16	15
2015	2	22	23	15	10	18	19
2015	2	27	28	13	3	20	68
2015	3	6	7	22	13	34	74
2015	3	13	13	3	23	40	50
2015	3	26	26	5	23	21	26

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΤΑΘΜΟΣ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑ(3)

YEAR	Month	Dayst.	Dayfin	Hourstart	Hourfin	Total mm	Rfactor
2005	5	29	29	4	13	18	48
2005	7	3	3	14	17	36	451
2005	9	15	16	16	11	23	15
2005	9	23	23	16	18	19	170
2005	11	17	17	6	23	47	117
2005	11	22	25	13	8	84	135

2006	1	5	5	4	13	30	50
2006	1	22	23	10	1	16	18
2006	2	5	6	16	2	19	95
2006	3	7	8	23	11	35	145
2006	7	2	2	16	19	23	204
2006	9	23	23	11	23	16	29
2006	10	9	10	13	6	42	63
2006	10	30	31	11	10	31	62
2006	11	23	24	16	7	25	36
2007	2	11	12	12	1	26	43
2007	3	22	23	10	3	39	54
2007	5	19	19	17	21	15	64
2007	5	24	25	4	10	21	29
2007	5	28	28	6	12	16	30
2007	10	20	21	11	0	39	147
2007	10	21	22	20	7	34	113
2007	11	17	17	11	23	18	92
2007	12	8	9	21	15	18	34
2008	1	28	29	16	10	16	19
2008	3	28	29	10	3	17	21
2008	4	2	3	16	7	28	37
2008	4	5	6	13	5	28	35
2008	8	30	30	17	19	27	261
2008	11	17	17	16	21	43	279
2008	11	18	19	22	10	14	46
2008	11	29	29	4	14	27	103
2008	12	11	12	23	16	24	155
2008	12	26	28	5	11	22	5
2009	1	27	28	21	3	13	13
2009	2	8	8	3	8	16	13
2009	3	18	18	17	20	28	199
2009	4	6	6	3	16	15	15
2009	10	15	16	3	12	24	30

2009	11	3	3	9	17	19	65
2009	11	8	8	5	10	17	47
2009	12	2	3	9	1	22	66
2009	12	5	6	3	3	31	80
2009	12	10	11	23	6	31	54
2009	12	15	15	15	17	20	112
2010	1	21	22	20	6	15	16
2010	2	8	8	18	22	16	23
2010	9	25	25	3	13	33	141
2010	10	14	15	1	2	16	79
2010	10	17	18	19	18	74	403
2010	10	26	26	1	2	23	275
2010	10	27	27	16	19	26	187
2011	1	2	2	1	16	21	27
2011	1	12	13	13	2	23	30
2011	1	16	16	1	5	14	20
2011	2	3	4	1	3	73	118
2011	2	18	19	19	6	13	23
2011	10	9	10	17	14	41	296
2011	12	18	19	18	7	14	67
2011	12	21	23	20	0	29	40
2012	2	11	12	20	14	52	69
2012	11	20	21	22	22	22	65
2012	11	30	1	21	9	34	169
2013	1	15	16	21	12	33	123
2013	1	25	26	12	1	17	76
2013	2	13	13	9	14	23	66
2013	2	13	15	23	11	15	7
2013	2	16	17	18	16	23	33
2013	2	21	22	22	19	81	681
2013	5	9	9	12	14	34	303
2013	11	6	6	3	17	18	14
2013	11	13	14	17	6	20	19

2013	11	21	22	15	3	19	40
2013	12	26	28	23	9	31	52
2014	1	25	26	16	7	16	12
2014	1	28	29	9	2	16	10
2014	2	6	7	16	6	14	8
2014	3	1	2	9	5	19	12
2014	3	3	3	5	23	21	12
2014	4	17	18	21	4	18	32
2014	6	15	15	15	16	16	112
2014	10	7	7	15	17	13	36
2014	10	24	27	6	6	35	94
2014	11	7	8	23	21	21	37
2014	12	3	4	22	5	21	80
2014	12	7	8	23	12	47	97
2014	12	10	11	12	17	33	51
2014	12	17	17	9	17	15	26
2014	12	30	30	1	13	15	22
2015	2	22	23	16	9	15	17
2015	2	26	26	13	21	32	121
2015	2	27	28	13	2	17	27
2015	3	13	14	8	1	35	45
2015	3	26	26	6	22	25	35
2015	9	21	21	9	19	53	700
2015	9	22	23	3	6	15	36
2016	2	4	5	23	4	15	38
2016	3	13	14	18	11	17	6
2016	5	21	21	17	21	26	285
2016	9	21	23	19	3	28	31

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΝΤΕΛΗ(4)

YEAR	Month	Dayst.	Dayfin	Hourstart	Hourfin	Total mm	Rfactor
2005	11	17	18	6	3	48	146
2005	11	22	25	12	8	207	806
2005	11	26	27	21	7	22	97
2005	12	14	14	14	18	17	68
2005	12	28	29	7	0	19	59
2006	1	5	5	5	14	27	72
2006	1	22	23	12	12	29	63
2006	2	5	6	17	4	33	104
2006	3	9	10	11	13	17	32
2006	5	17	17	10	11	27	345
2006	6	10	10	16	19	17	55
2006	9	18	18	18	19	15	60
2006	9	23	23	13	23	18	48
2006	10	7	8	20	1	19	109
2006	10	9	11	17	12	127	697
2006	10	30	1	11	0	117	194
2006	11	23	24	16	7	17	27
2006	12	11	12	20	21	13	17
2007	2	11	11	9	22	41	89
2007	2	16	17	13	13	23	31
2007	3	22	23	4	5	74	138
2007	5	19	19	0	4	14	24
2007	5	19	20	13	0	14	23
2007	5	24	24	4	14	20	86
2007	5	28	28	7	12	16	51
2007	10	20	21	13	1	33	111
2007	10	21	22	21	6	28	84
2007	11	5	6	18	12	14	20
2007	11	17	18	14	2	18	58
2007	12	8	9	21	16	50	138
2008	1	14	14	10	15	15	42

2008	2	6	6	4	9	13	41
2008	2	8	11	22	13	19	9
2008	3	28	29	6	5	70	119
2008	4	2	4	15	2	21	12
2008	4	5	6	12	6	45	63
2008	6	9	9	11	15	19	159
2008	11	17	18	17	7	36	227
2008	12	11	12	19	17	36	152
2008	12	14	14	13	19	14	46
2008	12	21	22	22	20	21	10
2008	12	26	29	2	3	75	27
2009	1	5	6	12	23	13	5
2009	1	8	9	16	10	14	9
2009	1	27	28	22	4	27	94
2009	1	31	31	5	19	22	20
2009	2	8	8	3	8	33	110
2009	3	21	21	5	20	23	34
2009	4	5	7	14	5	13	9
2009	7	2	2	13	14	18	102
2009	7	6	6	12	14	36	555
2009	9	11	12	10	13	69	234
2009	10	15	16	3	12	30	46
2009	10	24	27	14	9	56	143
2009	10	31	1	1	5	13	12
2009	11	3	3	9	18	18	21
2009	12	1	3	23	14	26	33
2009	12	5	6	5	7	31	54
2009	12	10	12	22	1	79	147
2009	12	12	13	14	6	21	22
2010	1	13	14	23	23	24	23
2010	1	15	16	13	20	22	21
2010	1	21	23	18	4	49	51
2010	2	2	2	1	12	13	14

2010	3	7	9	5	3	29	27
2010	6	28	28	0	4	41	750
2010	7	26	26	12	17	46	525
2010	9	25	25	5	14	21	41
2010	10	17	18	20	18	44	97
2010	10	27	27	15	19	53	766
2010	10	28	29	15	10	16	15
2010	11	12	13	10	5	27	102
2010	12	15	16	1	7	25	24
2011	1	2	2	4	17	23	29
2011	1	28	29	6	15	25	26
2011	2	3	4	2	14	102	156
2011	2	18	19	18	7	24	51
2011	2	24	25	5	21	84	328
2011	3	2	3	10	6	13	13
2011	3	31	1	3	13	29	34
2011	4	16	18	12	0	24	26
2011	4	26	28	20	5	40	43
2011	6	12	12	10	17	15	32
2011	10	9	11	17	4	26	38
2011	10	16	16	0	19	15	15
2011	11	13	15	2	11	17	12
2011	12	18	20	19	4	25	26
2011	12	21	23	20	21	72	165
2012	1	13	14	9	16	23	18
2012	2	6	7	14	4	51	173
2012	4	9	10	11	0	21	19
2012	4	18	18	4	12	17	16
2012	5	18	19	4	3	33	33
2012	10	22	24	23	13	28	26
2012	11	7	8	18	11	46	130
2012	11	19	20	20	8	22	20
2012	11	20	22	21	1	75	182

2012	11	29	30	16	8	53	209
2012	11	30	1	21	10	26	85
2012	12	17	18	21	13	27	47
2012	12	22	22	3	18	13	17
2012	12	29	31	7	12	204	1179
2013	1	16	16	9	14	25	147
2013	1	25	27	13	1	31	36
2013	2	13	15	9	16	71	112
2013	2	16	17	19	15	30	31
2013	2	21	22	22	20	99	816
2013	3	3	3	1	9	26	128
2013	5	13	13	12	21	19	83
2013	6	12	12	13	20	50	786
2013	10	1	1	0	8	21	110
2013	11	6	6	4	16	31	70
2013	11	11	12	12	11	21	53
2013	11	13	14	17	7	27	37
2013	11	24	24	5	20	24	59
2013	12	1	3	12	12	27	36
2013	12	26	28	13	10	37	33
2014	1	1	2	10	1	16	13
2014	1	24	25	22	2	15	58
2014	1	25	26	21	9	34	57
2014	1	28	29	10	2	48	133
2014	2	6	7	16	8	20	16
2014	3	1	2	9	7	20	16
2014	3	3	3	4	18	31	28
2014	4	26	26	18	21	18	165
2014	4	27	27	7	16	14	19
2014	6	3	4	8	7	15	19
2014	6	15	15	15	17	15	90
2014	7	15	15	12	20	13	40
2014	10	24	24	7	19	37	214

2014	11	7	8	23	21	33	59
2014	11	14	15	15	19	16	17
2014	12	3	4	22	5	24	110
2014	12	7	8	22	12	29	48
2014	12	8	9	23	8	18	29
2014	12	11	12	17	23	110	207
2014	12	16	17	20	18	13	12
2015	1	3	4	9	9	14	11
2015	1	28	29	21	18	16	13
2015	2	13	14	9	20	21	15
2015	2	22	23	15	13	20	15
2015	3	6	7	17	9	48	145
2015	3	13	14	8	3	43	44
2015	3	23	24	17	5	18	77
2015	3	26	26	5	23	17	14
2015	3	28	28	7	17	13	19
2015	4	9	9	11	23	21	18
2015	5	28	28	11	15	18	88
2015	9	21	21	8	19	30	138
2015	10	22	22	1	19	100	1326
2015	10	23	24	11	16	85	158
2015	11	25	25	12	23	22	125
2015	11	27	28	2	5	20	33
2015	12	10	12	15	12	17	13
2016	1	16	17	23	8	16	44
2016	1	19	20	22	19	27	22
2016	2	4	6	23	1	22	31
2016	2	7	8	9	12	22	17
2016	3	9	9	20	23	15	53
2016	3	13	15	14	0	73	86

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΝΙΔΙ(5)

YEAR	MONTH	DAYSTART	DAYFIN	HOURSTAR	HOURFI	TOTALMII	RFACTO
2005	3	5	5	1	20	15	10
2005	9	15	16	23	13	22	16
2005	9	22	22	18	23	16	59
2005	9	28	28	11	14	29	280
2005	9	30	30	19	21	15	53
2005	11	17	18	3	1	50	244
2005	11	22	25	14	8	122	172
2005	12	14	14	14	18	15	26
2005	12	28	28	6	22	32	221
2006	1	5	5	5	13	23	105
2006	1	22	23	11	3	13	16
2006	2	5	6	17	2	20	61
2006	2	24	24	4	6	17	84
2006	3	7	8	23	22	17	25
2006	3	13	13	12	22	17	28
2006	7	2	2	17	20	16	96
2006	9	23	23	13	23	16	24
2006	10	7	7	20	22	25	183
2006	10	9	11	15	6	57	91
2006	10	30	31	10	19	126	315
2006	11	23	24	17	9	20	39
2007	2	4	5	15	15	16	18
2007	2	11	11	6	22	27	48
2007	3	22	23	10	2	57	104
2007	3	26	26	13	16	31	164
2007	5	19	19	0	22	14	20
2007	5	24	24	4	15	72	1466
2007	5	28	28	6	12	20	254
2007	10	12	12	17	18	44	1025
2007	10	20	21	12	0	39	194
2007	10	21	22	15	15	43	128

2007	11	17	18	7	1	21	74
2007	12	8	9	20	10	34	69
2008	1	14	14	8	14	20	72
2008	1	28	29	11	16	16	20
2008	2	8	10	23	0	16	17
2008	3	12	12	3	4	16	91
2008	3	28	29	6	5	34	46
2008	4	2	3	18	6	17	20
2008	4	5	6	13	10	35	49
2008	6	9	9	10	15	18	86
2008	8	30	30	14	19	24	150
2008	11	17	18	17	5	30	95
2008	12	12	12	0	17	25	116
2008	12	18	18	9	12	20	94
2008	12	22	22	1	19	19	22
2008	12	26	28	6	10	16	17
2009	1	8	9	16	10	15	18
2009	1	27	28	21	4	17	23
2009	3	21	21	5	20	26	94
2009	5	6	6	13	17	15	21
2009	8	31	31	15	17	29	432
2009	9	11	12	10	10	39	54
2009	10	15	16	3	12	30	43
2009	10	24	25	23	20	30	110
2009	11	3	3	10	18	20	61
2009	11	10	10	13	15	20	183
2009	12	2	3	9	2	21	52
2009	12	5	6	4	5	22	29
2009	12	10	11	23	8	34	49
2009	12	15	15	5	18	38	225
2010	2	2	2	3	10	13	43
2010	2	6	7	11	19	62	576
2010	2	10	10	10	23	14	83

2010	9	25	25	5	14	16	116
2010	10	17	18	20	18	49	104
2010	10	27	27	17	19	44	462
2010	11	12	13	11	8	18	72
2010	12	15	16	4	6	17	24
2011	1	2	2	2	17	24	39
2011	1	16	16	1	21	21	32
2011	2	3	4	2	14	107	242
2011	2	18	20	19	2	26	72
2011	2	21	22	22	5	17	67
2011	2	24	25	11	6	30	38
2011	3	7	8	18	16	20	24
2011	3	31	1	8	12	16	19
2011	4	16	17	17	22	14	16
2011	4	26	27	20	12	22	28
2011	5	5	5	4	16	15	43
2011	5	27	27	11	17	29	270
2011	6	12	12	10	14	28	234
2011	6	14	14	13	14	35	399
2011	10	9	10	17	23	27	74
2011	11	13	14	5	23	16	17
2011	12	18	19	19	22	43	107
2011	12	21	24	20	2	72	179
2012	1	10	12	6	1	25	27
2012	2	6	7	14	3	34	77
2012	2	11	12	19	13	29	43
2012	2	27	28	3	11	17	18
2012	4	9	10	12	1	26	75
2012	4	18	18	5	16	23	34
2012	5	18	19	4	1	20	25
2012	11	7	8	18	10	25	37
2012	11	19	21	19	23	65	138
2012	11	29	30	16	6	19	57

2012	11	30	1	22	10	21	56
2012	12	17	18	21	13	16	34
2012	12	29	30	8	21	110	278
2013	1	6	6	6	19	14	25
2013	1	15	16	22	12	41	188
2013	1	24	24	16	19	16	57
2013	1	25	25	13	18	20	81
2013	2	7	7	13	20	32	210
2013	2	13	15	9	15	51	145
2013	2	16	17	15	15	18	21
2013	2	19	19	6	13	13	17
2013	2	21	22	22	11	49	227
2013	6	8	8	14	16	19	121
2013	10	1	1	2	10	20	98
2013	11	6	6	4	16	32	58
2013	11	11	11	17	23	55	694
2013	11	13	14	18	6	16	22
2013	11	21	22	19	2	22	104
2013	11	24	24	5	20	43	495
2013	12	1	2	14	13	22	34
2013	12	26	28	23	5	40	55
2014	1	25	26	16	9	37	119
2014	1	28	29	10	2	23	30
2014	2	6	7	16	5	15	19
2014	2	28	1	14	2	17	61
2014	3	1	2	9	11	23	30
2014	3	3	3	5	18	21	27
2014	3	6	7	12	18	15	22
2014	4	26	26	13	23	22	213
2014	7	15	15	12	19	18	88
2014	9	16	16	13	15	24	153
2014	10	24	24	7	19	74	1151
2014	11	7	8	23	19	25	37

2014	12	6	6	4	7	47	793
2014	12	7	8	19	12	39	68
2014	12	10	12	13	22	68	89
2014	12	16	18	21	1	25	36
2014	12	30	1	1	15	40	16
2015	1	12	13	11	10	18	9
2015	2	9	11	18	3	27	12
2015	2	22	23	16	21	29	12
2015	2	26	26	13	19	13	29
2015	2	27	28	13	2	13	19
2015	3	6	7	18	12	29	47
2015	3	13	14	8	2	19	13
2015	3	26	26	5	22	23	29
2015	4	8	9	17	14	21	25
2015	9	21	21	9	20	45	539
2015	9	28	28	12	20	40	320
2015	10	22	22	1	19	121	1324
2015	10	23	24	11	6	26	21
2015	11	25	25	11	22	58	680
2016	1	17	17	0	4	19	107
2016	2	4	6	23	11	28	16
2016	2	20	21	21	3	14	18
2016	3	13	14	18	18	38	27
2016	6	7	7	14	15	18	99
2016	6	28	28	16	19	30	243
2016	9	11	11	15	16	18	137
2016	11	26	27	21	3	52	422

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΤΑΘΜΟΣ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ(6)

YEAR	MONT	DAYSTA	DAYFIN	HOURSTAR	HOURFI	TOTALMILI	RFACTOR
2005	5	29	29	4	15	16	68
2005	7	3	3	15	23	31	280

2005	9	16	16	3	13	27	70
2005	9	22	22	20	22	21	129
2005	11	17	17	7	23	82	345
2005	11	22	25	12	11	238	3919
2005	12	14	14	14	17	23	380
2006	1	5	5	5	13	40	576
2006	1	6	6	19	21	17	239
2006	1	22	23	10	9	36	407
2006	2	1	1	12	23	14	127
2006	2	5	6	16	3	26	446
2006	3	7	8	22	12	19	198
2006	10	7	8	20	0	28	544
2006	10	9	10	21	7	65	907
2006	10	30	31	11	20	62	716
2006	11	23	24	19	9	25	313
2007	2	11	12	12	1	36	445
2007	3	22	23	10	2	42	462
2007	5	18	20	23	4	54	989
2007	5	23	23	10	14	15	226
2007	5	24	25	4	11	15	188
2007	5	28	28	6	12	15	189
2007	10	20	20	15	23	36	739
2007	10	21	22	21	5	44	718
2007	12	8	9	21	16	44	578
2008	1	28	29	16	12	18	198
2008	3	28	29	10	6	47	556
2008	4	2	3	14	6	28	287
2008	4	5	6	13	5	40	450
2008	11	17	17	12	21	19	239
2008	12	12	12	0	17	23	322
2008	12	18	18	10	12	18	281
2008	12	26	28	1	11	39	39
2009	1	27	28	22	4	23	53

2009	1	31	31	7	16	14	16
2009	2	8	8	3	15	27	61
2009	2	14	14	0	5	18	30
2009	3	18	18	17	21	16	62
2009	3	21	21	5	20	24	42
2009	4	6	6	1	14	14	15
2009	9	11	12	17	10	24	32
2009	9	18	18	14	14	13	75
2009	10	15	16	3	12	17	33
2009	10	24	25	14	19	22	64
2009	10	26	26	4	20	20	61
2009	11	3	3	12	18	16	42
2009	11	8	8	6	10	16	60
2009	12	2	3	9	3	26	77
2009	12	5	6	9	6	35	81
2009	12	11	11	0	15	31	80
2010	1	21	22	18	15	36	84
2010	2	2	2	2	10	18	41
2010	2	8	8	19	22	13	35
2010	5	21	21	0	2	18	167
2010	9	25	25	3	11	30	89
2010	10	17	18	19	18	70	301
2010	10	26	26	2	2	14	100
2010	10	27	27	14	20	34	436
2010	11	12	13	10	7	32	121
2011	1	2	2	10	17	23	74
2011	1	12	13	14	1	15	25
2011	1	28	28	6	14	17	23
2011	2	3	4	1	4	100	275
2011	4	26	27	20	11	18	28
2011	10	10	10	11	14	17	40
2011	12	19	19	2	23	44	175
2011	12	21	23	20	20	93	726

2012	1	10	11	21	20	21	24
2012	2	6	7	17	3	60	650
2012	2	11	12	12	13	30	40
2012	4	18	18	4	11	18	22
2012	5	18	18	5	23	18	20
2012	11	7	8	19	9	23	50
2012	11	19	20	19	8	18	22
2012	11	20	21	22	23	20	20
2012	11	30	1	20	9	19	25
2012	12	17	18	20	18	44	482
2012	12	29	30	10	20	61	125
2013	1	16	16	10	12	23	82
2013	1	25	25	13	22	14	33
2013	1	26	26	15	23	15	29
2013	2	13	13	11	16	28	72
2013	2	14	15	1	11	22	25
2013	2	16	17	19	16	25	28
2013	2	21	22	22	20	62	862
2013	11	6	6	3	16	25	40
2013	11	11	12	18	0	34	230
2013	11	13	14	16	6	33	48
2013	11	20	20	6	12	17	37
2013	11	24	24	5	19	24	73
2013	12	1	2	10	12	23	34
2013	12	27	28	7	19	33	40
2014	1	1	2	10	9	14	15
2014	1	25	26	19	9	24	30
2014	1	28	29	9	2	19	23
2014	2	6	7	16	4	17	20
2014	3	1	2	9	7	16	17
2014	3	3	3	4	19	19	21
2014	7	19	19	12	16	56	1256
2014	10	24	24	7	19	15	39

2014	11	7	8	23	21	33	169
2014	12	7	8	23	11	26	60
2014	12	8	9	23	7	20	52
2014	12	10	12	12	20	70	87
2014	12	17	17	9	18	13	16
2014	12	29	31	23	13	20	20
2015	2	9	10	15	21	13	13
2015	3	6	7	22	8	15	18
2015	3	13	14	7	1	26	29
2015	3	26	26	5	22	16	18
2015	9	21	21	9	19	37	386
2015	9	26	26	23	23	15	99
2015	10	22	22	0	14	34	183
2015	10	23	24	9	11	57	73
2015	11	25	25	19	21	14	68
2016	1	20	20	3	12	13	14
2016	2	4	5	23	4	14	22
2016	3	13	14	18	21	24	26
2016	6	28	28	18	19	22	263
2016	10	7	7	20	22	14	55
2016	10	22	22	10	14	22	235
2016	11	26	28	20	11	68	337
2016	11	28	28	19	21	22	115

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΩ ΓΛΥΦΑΔΑ(8)

YEAR	MONTH	DAYSTA	DAYFIN	HOURSTA	HOURFI	TOTALMILIM	RFACTOR
2012	2	27	28	6	10	13	3
2012	4	18	18	4	11	33	56
2012	5	18	18	5	23	19	10
2012	11	7	8	19	11	23	53
2012	11	19	20	19	8	20	23
2012	11	20	22	16	0	16	5

2012	11	30	1	20	9	23	49
2012	12	17	18	20	18	29	114
2012	12	29	31	10	11	59	123
2013	1	16	16	10	12	20	72
2013	1	25	25	13	17	13	32
2013	2	13	13	9	16	20	55
2013	2	14	15	0	11	22	31
2013	2	16	17	19	17	33	25
2013	2	21	22	22	11	41	408
2013	11	6	6	3	16	29	60
2013	11	11	11	18	22	30	231
2013	11	13	14	16	6	30	35
2013	11	20	20	6	10	27	133
2013	11	24	24	5	18	26	72
2013	12	1	2	10	12	19	17
2013	12	27	28	1	19	31	35
2014	1	1	2	10	3	14	6
2014	1	25	26	19	9	22	26
2014	1	28	29	10	1	18	17
2014	2	6	7	16	4	21	23
2014	3	1	2	9	7	16	6
2014	3	3	3	4	17	20	11
2014	4	7	7	5	15	23	54
2014	11	7	8	23	21	30	147
2014	12	7	8	23	11	22	45
2014	12	8	9	23	6	20	72
2014	12	10	12	12	16	77	101
2014	12	30	31	0	13	27	28
2015	1	28	29	21	18	18	17
2015	2	9	10	16	22	20	18
2015	2	22	23	15	10	23	21
2015	2	27	28	8	3	19	30
2015	3	6	7	22	8	24	35

2015	3	13	14	7	1	48	66
2015	3	26	26	5	23	32	41
2015	4	9	9	1	11	15	19
2015	9	21	21	1	19	35	345
2016	1	20	20	3	12	17	22
2016	2	4	6	23	10	34	81
2016	3	13	14	18	22	41	39
2016	6	28	28	18	19	21	222
2016	10	7	8	20	2	13	45
2016	10	22	22	11	17	22	237
2016	11	26	28	20	11	58	272