



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

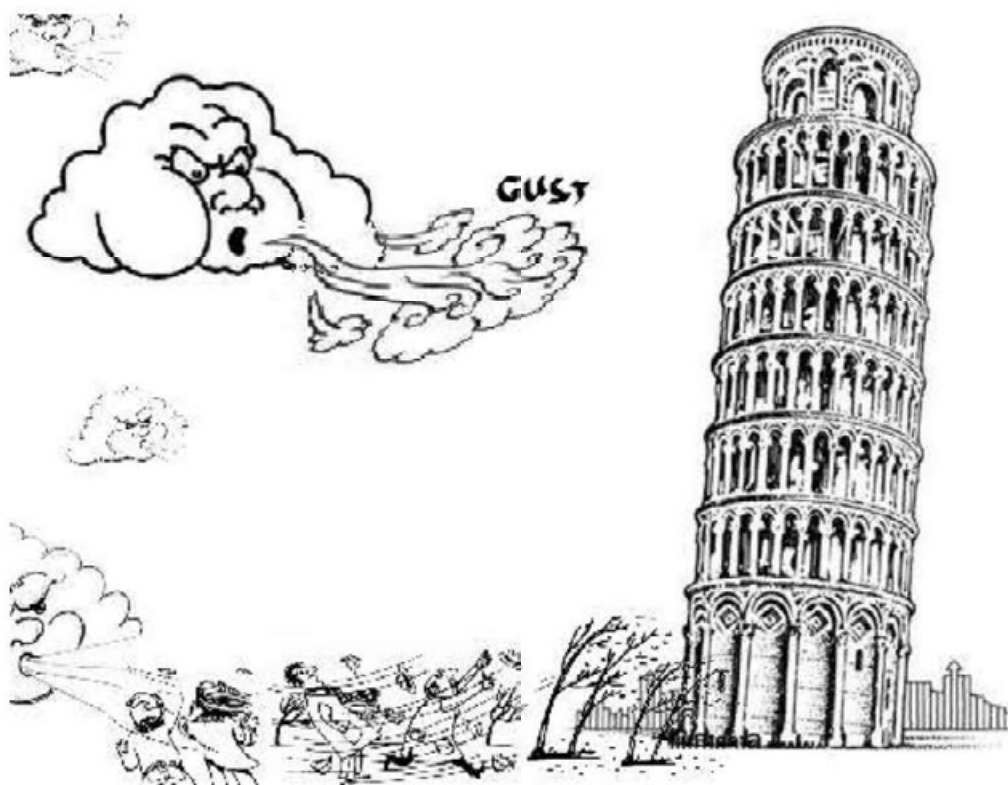
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΡΙΠΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΤΙΣ ΣΥΝΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ



ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΣΙΩΡΟΣ

A.M.: 1110200400215

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δέσποινα Δεληγιώργη

Περίοδος Φεβρουαρίου 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η μελέτη αυτή εκπονήθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας του Τμήματος Φυσικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών στον τομέα της Φυσικής Περιβάλλοντος - Μετεωρολογίας.

Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της πιθανότητας η ταχύτητα του ανέμου να υπερβεί μια τιμή μέσα στην ημέρα, δηλαδή η εμφάνιση ριπών ανέμου σε συνάρτηση με τη μέση ημερήσια ταχύτητα και τις συνοπτικές καταστάσεις.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δέσποινα Δεληγιώργη για την καθοδήγηση και τη βοήθειά της.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2017

Δημήτριος Σιώρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	
1.1 Άνεμος.....	5
1.2 Μέτρηση του ανέμου.....	6
1.2.1 Ορισμός διεύθυνσης του ανέμου.....	6
1.2.2 Μονάδες μέτρησης της έντασης του ανέμου.....	6
1.2.3 Προσδιορισμός της διεύθυνσης του ανέμου.....	7
1.3 Ριπές ανέμου.....	8
1.3.1 Ορισμός.....	8
1.3.2 Γενικά.....	8
1.3.3 Φυσικά-θεωρητικά μοντέλα.....	9
1.3.3.1 Ευσταθείς (Non convective) ριπές	9
1.3.3.2 Ασταθείς (Convective) ριπές.....	11
1.3.3.3 Στατιστικά-εμπειρικά μοντέλα και σχετικές μελέτες παρατήρησης..	12
1.3.4 Μέθοδος Weggel	13
1.3.4.1 Πιθανότητα ριπής ανέμου.....	13
1.4 Συνοπτικές συνθήκες-τύποι καιρού.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	
2.1 Προέλευση δεδομένων.....	18
2.2 Μεθοδολογία και επεξεργασία δεδομένων.....	18
2.2.1 Διάγραμμα σταδίων εργασίας.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΦΑΡΜΟΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
3.1 Υπολογισμός των στατιστικών παραμέτρων.....	23
3.1.1 Συμπεράσματα.....	40
3.2 Εύρεση πιθανότητας.....	41
3.2.1 Συμπεράσματα.....	53
3.3 Διαγράμματα απλής πιθανότητας ($\log G_{act} - \log G_{pred}$).....	54
3.3.1 Συμπεράσματα.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
4.1 Γενικά συμπεράσματα.....	59
Παράρτημα.....	61
Βιβλιογραφία.....	63

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνεμος είναι η κίνηση του αέρα. Η ένταση και η διεύθυνσή του είναι τα πιο ουσιώδη στοιχεία του. Κατά τη διάρκεια της ημέρας υπάρχουν μεταβολές τόσο στην ένταση όσο και στη διεύθυνσή του. Οι ξαφνικές και μικρής διάρκειας αυξήσεις της έντασής του ονομάζονται ριπές. Τις ριπές αυτές, μέσω στατιστικών στοιχείων, λαμβάνουν υπόψη και οι μηχανικοί στις μελέτες τους για την ανοικοδόμηση υψηλών κτηρίων ή την κατασκευή γεφυρών.

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε με στόχο τη μελέτη των ριπών του ανέμου, για ένα διάστημα 31 ετών, από το 1979 έως το 2009. Αφορά αποκλειστικά την περιοχή του Ελληνικού, που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Αττικής. Για το ίδιο διάστημα χρησιμοποιήθηκε κατηγοριοποίηση της συνοπτικής κατάστασης της ατμόσφαιρας για τον Ελλαδικό χώρο, ώστε να πραγματοποιηθεί συσχέτιση των ριπών του ανέμου με τις συνοπτικές καταστάσεις. Έτσι, για το διάστημα αυτό βρέθηκε ο συντελεστής ριπής G , υπολογίστηκαν στατιστικές παράμετροι, δημιουργήθηκαν διαγράμματα πιθανοτήτων ώστε να προβλεφθεί η πιθανότητα να υπάρξει ριπή ανέμου με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση κάποιας δοθείσας τιμής, κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, εφόσον είναι γνωστή η μέση ημερήσια ταχύτητα του ανέμου, και όλα αυτά πάντοτε εκπεφρασμένα ανά τύπο καιρού.

Τα κεφάλαια από τα οποία αποτελείται η παρούσα εργασία παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει το θεωρητικό υπόβαθρο. Αποτελείται από τέσσερις υποενότητες. Αρχικά αναφέρεται στον ορισμό του ανέμου καθώς και στον τρόπο μέτρησής του. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις ριπές του ανέμου και στον τρόπο υπολογισμού τους με διαφορετικές μεθόδους. Τέλος αναλύονται οι συνοπτικοί τύποι καιρού και η διαδικασία με την οποία κατηγοριοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

Εδώ γίνεται αναφορά αφενός στα αρχικά δεδομένα της εργασίας από το μετεωρολογικό σταθμό του Ελληνικού αφετέρου δε στη μεθοδολογία επεξεργασίας τους βήμα-βήμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εφαρμογή της μεθοδολογίας, καταγραφή των αποτελεσμάτων σε πίνακες, δημιουργία διαγραμμάτων και αναφέρονται τα επιμέρους συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται συνολικά όλα τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1 Άνεμος

Ο άνεμος είναι η κίνηση του αέρα. Προκαλείται από τις διαφορές στην ατμοσφαιρική πίεση. Όταν υπάρχει μια τέτοια διαφορά, ο αέρας κινείται από την μεγαλύτερη προς τη μικρότερη πίεση. Για τη μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρική κυκλοφορία οι δύο κυριότεροι παράγοντες είναι η περιστροφή της Γης και η διαφορά στη θέρμανση μεταξύ των πόλων και του ισημερινού. Υπάρχουν δύο είδη κινήσεων μέσα στην ατμόσφαιρα, η κατακόρυφη κίνηση (ανοδικά και καθοδικά ρεύματα) και η οριζόντια κίνηση. Η ροή του αέρα συμβαίνει σχεδόν αποκλειστικά οριζόντια, αφού οι κατακόρυφες κινήσεις είναι πάρα πολύ μικρότερες. Αν και οι κατακόρυφες κινήσεις είναι μικρές είναι σημαντικές για τη δημιουργία των νεφών, της βροχής, των καταιγίδων κλπ.

Η ένταση και η διεύθυνση του ανέμου είναι τα πιο ουσιώδη στοιχεία του. Οι ξαφνικές και σύντομες αυξήσεις της έντασης του ανέμου ονομάζονται ριπές. Οι άνεμοι με διάρκεια περίπου 10 λεπτών ονομάζονται μπουρίνι. Οι άνεμοι ανάλογα με τη διάρκεια και την έντασή τους ονομάζονται αεράκι, θύελλα, καταιγίδα, κυκλώνας, τυφώνας... Κοντά στην επιφάνεια της Γης η ταχύτητα του ανέμου, λόγω της τριβής, ελαττώνεται σε σχέση με την τιμή που έχει στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Οι ασθενείς έως μέτριας έντασης άνεμοι ευνοούν την αλιεία, τη ναυσιπλοΐα και τον τουρισμό στις παράκτιες περιοχές. Οι μέτριας έως ισχυρής έντασης άνεμοι είναι κατάλληλοι για την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού μέσω των ανεμογεννητριών. Ενώ οι πολύ ισχυρής έντασης μπορεί να προκαλέσουν εκτεταμένες φυσικές καταστροφές.

Ο υπολογισμός και η μελέτη της έντασης του ανέμου παίζει πολύ μεγάλο ρόλο και στον τομέα της ανοικοδόμησης. Οι πολιτικοί μηχανικοί πρέπει να κάνουν κάποια μελέτη σχετικά με τους ανέμους που πνέουν σε μια περιοχή καθώς και για τις ριπές τους. Για το λόγο αυτό γίνεται στατιστική ανάλυση των ιστορικών δεδομένων της εκάστοτε περιοχής ώστε να ληφθούν υπόψη και τα φορτία του ανέμου.

1.2 Μέτρηση του ανέμου

1.2.1 Ορισμός διεύθυνσης του ανέμου

Στον όρο ανυσματική ταχύτητα του ανέμου συμπεριλαμβάνονται η διεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος αλλά και η έντασή του. Η διεύθυνση του ανέμου ορίζεται ως προς τον αληθή βορρά στον τόπο παρατήρησης και αφορά τη διεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος. Εκφράζεται σε μοίρες ως προς τον αληθή βορρά (κατά τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού). Στον **πίνακα 1.1** δίνεται το ακριβές ισοδύναμο κάθε διεύθυνσης σε μοίρες και στους 16 τομείς ενός πλήρους κύκλου.

Πίνακας 1.1: Αντιστοιχία διεύθυνσης ανέμου και σημείων του ορίζοντα

Διεύθυνση	Αντιστοιχία σε μοίρες	Τομέας σε μοίρες
N	360.00	349-12
NNE	22.50	13-33
NE	45.00	34-56
ENE	67.50	57-78
E	90.00	79-101
ESE	112.50	102-123
SE	135.00	124-146
SSE	157.50	147-168
S	180.00	169-191
SSW	202.50	192-213
SW	225.00	214-236
WSW	247.50	237-258
WW	270.00	259-281
WNW	292.50	282-303
NW	315.00	304-326
NNW	337.50	327-348

1.2.2 Μονάδες μέτρησης της έντασης του ανέμου

Για την ένταση του ανέμου χρησιμοποιούνται ίδιες μονάδες μέτρησης με την ταχύτητα. Έχουν ορισθεί οι μονάδες που φαίνονται στον **πίνακα 1.2**. Στον πίνακα αυτό δίνεται και η σχέση μεταξύ των διαφόρων μονάδων.

Πίνακας 1.2: Αντιστοιχία μονάδων μέτρησης έντασης ανέμου

knots	m/s	Mph	km/h	ft/s
1	0.515	1.152	1.853	1.689
1.943	1	2.237	3.600	3.281
0.868	0.447	1	1.609	1.467
0.540	0.278	0.621	1	0.911
0.592	0.305	0.682	1.097	1

1.2.3 Προσδιορισμός της διεύθυνσης του ανέμου

Η διεύθυνση του ανέμου προσδιορίζεται με τη χρήση ενός ανεμοδείκτη (Εικόνα 1.1). Αυτός αποτελείται από έναν οριζόντιο άξονα με ένα ή δύο ελάσματα στο ένα άκρο του και ένα δείκτη στο άλλο άκρο του τοποθετημένο σε έναν κατακόρυφο άξονα, γύρω από τον οποίο μπορεί να περιστρέφεται.



Εικόνα 1.1 Ανεμοδείκτης

Όταν η πίεση που ασκεί ο άνεμος στα ελάσματα εξισορροπηθεί και από τις δύο πλευρές του ανεμοδείκτη, αυτός έχει στραφεί έτσι ώστε ο δείκτης να διευθύνεται προς το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος. Ένας ανεμοδείκτης πρέπει:

- α) να γυρίζει γύρω από τον άξονα περιστροφής του με την ελάχιστη δυνατή τριβή, β)
- να είναι σωστά ισορροπημένος, γ) να έχει σχεδιασθεί ώστε να παράγει τη μέγιστη
- ροπή, για δεδομένη μεταβολή στη διεύθυνση του ανέμου, σε σχέση με τη ροπή
- αδράνειας, δ) να μην συντονίζεται με τις φυσικές ταλαντώσεις του ανέμου, ε) να έχει
- γρήγορη απόκριση στις διακυμάνσεις της διεύθυνσης του ανέμου.

1.3 Ριπές ανέμου

1.3.1 Ορισμός

Ως ριπή ανέμου ορίζεται η ξαφνική και μικρής διάρκειας (~20 sec) αύξηση της ταχύτητας του ανέμου. Η ταχύτητα του ανέμου μετά το πέρας της ριπής επανέρχεται στα προηγούμενα επίπεδα. Εμπειρικά θεωρείται ότι η ριπή συνήθως ξεπερνά τα 16 knots και διαφέρει από τα συνήθη επίπεδα περίπου κατά 9 knots. Η ριπή του ανέμου μπορεί να επαναλαμβάνεται κατά μικρά χρονικά διαστήματα και συναντάται πολύ κοντά στο έδαφος.

1.3.2 Γενικά

Ο ακριβής, κατά το δυνατόν, υπολογισμός των ριπών του ανέμου βοηθά να εντοπισθούν ζώνες επικινδυνότητας σε αστικές αλλά και σε δασώδεις περιοχές. Πολλές εργασίες παρουσιάζουν μεθόδους για να προβλέψουν την αναμενόμενη τιμή της ημερήσιας μέγιστης ταχύτητας της ριπής και τη στατιστική κατανομή της με δεδομένη τη μέση ημερήσια ταχύτητα του ανέμου.

Η ανάλυση των ημερήσιων δεδομένων της τιμής του ανέμου για έναν αριθμό ετών, για διαφορετικές τοποθεσίες, δείχνει ότι η σχέση μεταξύ των ριπών και της ημερήσιας τιμής του ανέμου είναι παρόμοια από σταθμό σε σταθμό και από έτος σε έτος, και ότι μια γενική διαδικασία-μέθοδος μπορεί να αναπτυχθεί για να δώσει τη στατιστική κατανομή της μέγιστης ημερήσιας ριπής του.

Οι διαδικασίες που οδηγούν στο σχηματισμό των ριπών, όπως είναι οι τυρβώδεις κινήσεις στο οριακό στρώμα, η μεταφορά (deep convection), τα κύματα ορέων (mountain waves) και γενικά τα στροβιλώδη φαινόμενα, δεν αναλύονται με επιτυχία σε διάφορα αριθμητικά μοντέλα. Συχνά παραμετροποιήσεις και διαγνωστικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν τις ριπές και βασίζονται κύρια σε παρατηρήσεις. Ωστόσο οι ριπές είναι χαοτικές και δύσκολο να προβλεφθούν, καθώς είναι συχνά το αποτέλεσμα ενός συνδυασμού διαδικασιών που μπορεί να μην είναι πλήρως κατανοητές. Για το λόγο αυτό, σήμερα, η προσπάθεια επικεντρώνεται να αναπτυχθούν βιώσιμες τεχνικές πρόγνωσης.

Η παρούσα κατάσταση για τις μεθόδους πρόβλεψης των ριπών διακρίνεται κύρια στα ακόλουθα:

- a) "Ασταθείς (convective) και ευσταθείς (non convective) ριπές
- b) Στατιστικά μοντέλα που χρησιμοποιούν παρατηρήσεις, και φυσικά-θεωρητικά μοντέλα που εφαρμόζουν διαδικασίες μεταφοράς

- ε) Επιχειρησιακές και λειτουργικές τεχνικές πρόβλεψης, που χρησιμοποιούνται από μετεωρολογικές υπηρεσίες και ερευνητικές ομάδες.

Οι διαφορές μεταξύ αυτών αποτυπώνονται στο ότι το (α) εξαρτάται από την ύπαρξη ή μη βαθιάς μεταφοράς (deep convection), το (β) εκπροσωπεί διαφορετικές προσεγγίσεις, διαφορετική φιλοσοφία, όσον αφορά τη μοντελοποίηση των ριπών και το (γ) αναφέρεται στη διαφορά ανάμεσα σε πρακτικές λύσεις και στην έρευνα.

1.3.3 Φυσικά - θεωρητικά μοντέλα

Τα φυσικά-θεωρητικά μοντέλα βασίζονται σε κάποιες υποθέσεις σχετικά με τις διαδικασίες που εμπλέκονται στο σχηματισμό των ριπών, όπως αναταράξεις κατακόρυφης μεταφοράς στο οριακό στρώμα, ή καθοδικά ρεύματα αέρα.

1.3.3.1 Ευσταθείς (non convective) ριπές

Τα μοντέλα ριπών ανέμου σε ευσταθείς συνθήκες βασίζονται σε εκτιμήσεις ή υπολογισμούς των αναταράξεων στο οριακό στρώμα και της κατακόρυφης μεταφοράς της ορμής. Τα αποτελέσματα εκφράζονται με διαφορετικούς τρόπους για διαφορετικά μοντέλα. Μία περίληψη των διαφορετικών μοντέλων υπολογισμού των ριπών που έχουν χρησιμοποιηθεί με διαφορετικά μοντέλα από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες, οι σχετικές φόρμουλες και οι αναφορές, δίνεται για τις ευσταθείς ριπές στον πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3: Διάφορα μοντέλα για ευσταθείς (non-convective) ριπές (Sheridan, 2011)

Model/system	Met service	formula	references	notes
MetUM VMM IFS/HIRLAM	Met Office Met Office ECMWF/AEMET	$U_g = U + \sigma f(N, c_{gust}, z_{BL,eff})$ $U_g = U + C\sigma$ $U_g = U + c_{gust}\sigma$	Panofsky and Dutton (1984) Wilson et al (2010), Wilson and Vosper (2011) IFS documentation CY33R1.1V3.12.4 Beljaars (1987), Panofsky et al (1977) Calvo and Morales (2009)*, Calvo et al (2010)* Deila-Marta et al (2009)*	$\sigma \sim u_{*s}$, depends on mixed layer details $\sigma \sim u_{*s}$, depends on mixed layer details $c_{gust} = 7.71$ (formerly function of $z_{BL,eff}$)
COSMO-EU MMS/WRF	DWD -	$U_g = U + 0.24\sqrt{C_D}U$ $U_g = U + c_{gust}\sqrt{C_D}U$	Panofsky and Dutton (1984), Schulz (2008) Simon et al (2011)*	$u_{*s} \sim \sqrt{C_D}U$ LGUST parameterisation
NIMROD/UKPP ATWIS MMS WRF	Met Office RWIC AFWA -	$U_g = (0.89 - 0.002U_{max})U_{max}$ $U_g \sim U(z_{BL,top})$ $U_g = U(z_{BL,top})$ $U_g = f(U_{BL,top}, z_{BL,top})$	Ashton (2004)* James and Block (1998) LaCroix (2002)* http://forum.wrfforum.com/viewtopic.php?t=8&t=948	U_{max} - max model wind 0-1km Rc-based turbulence threshold Often defaults to BL top
HIRLAM	KNMI	$U_g = U + g r_{\sigma} \sqrt{2E}$	Schreur and Geertsema (2008) Calvo and Morales (2009)*, Calvo et al (2010)*	g - normalised gust for given probability E - turbulence intensity r_{σ} - anemometer sampling factor E - turbulence intensity Max U_g over 1 hr used
ARPEGE/ AROME/ ALADIN	Meteo-France	$U_g = U + 3.5\sqrt{E(20m)}$	Seity et al (2010)*, Calvo and Morales (2009)* Calvo et al (2010)*	
MMS	AFWA	See discussion	LaCroix (2002)*	WGE method
WRF	-	See discussion	Agustsson and Olafsson (2009)* Agustsson and Olafsson (2009)* Simon et al (2011)*	WGE method
RAMS	HKO	See discussion	e.g. Chan et al (2011)*	WGE method
GEM-LAM	CMC	See discussion	Higuchi et al (2008)*	WGE method
CRCM	EC	See discussion	Goyette et al (2003)*, Nilsson et al (2007)*	WGE method
ALAPS	Antarctic CRC	See discussion	Adams (2004)	WGE method
LM	MeteoSwiss	See discussion	Walser et al (2006)	WGE method

- Οι ομάδες του πρώτου γκρουπ του πίνακα 1.3 χρησιμοποιούν τη σχέση μεταξύ της μεταβλητότητας του ανέμου και της ταχύτητας τριβής u_* κοντά στην επιφάνεια. Διαγνωστικά μοντέλα ριπών, όπως το MetUM και το ECMWF/AEMET, λαμβάνουν υπόψη τις μεταβολές στην κατάσταση ευστάθειας του οριακού στρώματος. Το Met Office VMM υπολογίζει τη μέση τιμή του ανέμου χρησιμοποιώντας μια διόρθωση για να αφαιρέσει την επίδραση της ορογραφικής τραχύτητας στον άνεμο κοντά στην επιφάνεια και να εξηγήσει τη διαφορά ύψους μεταξύ του μοντέλου επιφανείας (4Km) και της πραγματικής επιφανείας. Σε πρόσφατες εκδόσεις η μέση τιμή του ανέμου υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μια τριών διαστάσεων θεωρία γραμμική τυρβώδους ροής, η οποία προβλέπει την εξάρτηση της διεύθυνσης που οφείλεται στη γειτονική της τοπογραφία. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται μια προσέγγιση τύπου u_* για να προσδιοριστούν οι ριπές.
- Το δεύτερο γκρουπ, που περιλαμβάνει τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται στα συστήματα Met Office NIMROD και UKPP, αντυπροσωπεύει την απλή τακτική της αναζήτησης προς τα πάνω, είτε προς το πρώτο ευσταθές στρώμα δηλαδή την κορυφή του οριακού στρώματος, είτε προς κάποια ορισμένα επίπεδα που προσδιορίζουν τα ύψη από τα οποία μπορεί να μεταφέρεται η ορμή προς το έδαφος. Αυτό βασίζεται στο επιχείρημα ότι κάτω από αυτά τα ύψη, δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο για την καθοδική ανάμειξη της ορμής. Η διάγνωση της ριπής δείχνει τη μέγιστη τιμή του ανέμου που συναντάται σε αυτά τα επίπεδα.
- Στο τρίτο γκρουπ, η ένταση των αναταράξεων, που συχνά διαμορφώνει τη βάση του μοντέλου της κατακόρυφης ανάμειξης στο οριακό στρώμα, ορίζει την ένταση της ριπής, με βάση το ότι οι ριπές σχετίζονται άμεσα με το βαθμό της τύρβης στο οριακό στρώμα. Επίσης λαμβάνεται υπόψη η ευστάθεια του οριακού στρώματος στη μέθοδο KNMI HIRLAM, μέσω της κανονικοποιημένης ριπής (g).
- Το τέταρτο και μεγαλύτερο γκρουπ χρησιμοποιεί τη μέθοδο Wind Gust Estimate του Brasseur (2001). Είναι παρόμοια με του δεύτερου γκρουπ, αλλά με μια εξυπνότερη επιλογή του επιπέδου από το οποίο θα μπορεί να μεταφερθεί η ορμή προς την επιφάνεια. Τα ικανά επίπεδα πρέπει να ικανοποιούν την εξίσωση :

$$\frac{1}{z_{parcel}} \int_{z_{parcel}}^0 E(z) dz \geq \int_{z_{parcel}}^0 g \frac{\Delta\theta_v(z)}{\Theta(z)} dz$$

Η μέθοδος αυτή βασίζεται περισσότερο σε φυσικούς παράγοντες από ότι οι άλλες. Περιορισμοί οριοθετούν τον υπολογισμό των ριπών. Η οριοθέτηση γίνεται ως εξής, για το κάτω όριο, χρησιμοποιώντας μια τοπική και όχι μια μέση κατακόρυφη μέτρηση της ΤΚΕ της εξίσωσης αυτής, ενώ για το πάνω όριο, χρησιμοποιώντας τη μέγιστη τιμή του ανέμου μέσα στο οριακό στρώμα.

1.3.3.2 Ασταθείς (convective) ριπές

Τα φυσικά/θεωρητικά μοντέλα ασταθών ριπών περιστρέφονται γύρω από βασικές αρχές όσον αφορά την κίνηση του αέρα. Τα καθοδικά ρεύματα αέρα έχουν κατακόρυφη ορμή, η οποία πλησιάζοντας το έδαφος, εκτρέπεται οριζόντια (κατακόρυφη σύγκλιση - οριζόντια απόκλιση). Αυτά τα καθοδικά ρεύματα αέρα θεωρείται ότι καθοδηγούνται από αρνητική άνωση σαν αποτέλεσμα:

- λανθάνουσας ψύξης, εξαιτίας της τήξης του παγωμένου υετού καθώς κατέρχεται από το επίπεδο παγοποίησης και εξάτμισης/εξάχνωσης από τον υετό
- ύπαρξης υετού στον αέρα.

Επιπροσθέτως, αυτά τα καθοδικά ρεύματα αέρα μεταφέρουν «πακέτα αέρα» με μεγάλη οριζόντια ορμή από υψηλά επίπεδα στην επιφάνεια, ενισχύοντας περισσότερο την ένταση των ριπών. Οι επιφανειακοί άνεμοι μπορεί επίσης να επιταχύνονται από διαταραχές της πίεσης, που επηρεάζονται από τα ασταθή ή μετωπικά συστήματα. Τέλος, η ίδια η ορμή του συστήματος μπορεί να συμβάλει στο ακριβές μέγεθος των ριπών. Διαφορετικά μοντέλα ασταθών ριπών συνοψίζονται στον Πίνακα 1.4 (Sheridan, 2011).

Πίνακας 1.4: Διαφορετικά μοντέλα για ασταθείς (convective) ριπές (Sheridan, 2011)

Model	Met service	formula	references	notes
MetUM/ NIMROD/ UKPP	Met Office	$U_g = 0.67 \sqrt{U_{z=0}^2 + \frac{2H_{max}T_{max}}{T_{mean}} + \frac{2H_{max}P_{max}}{(12/60)(60)}}$	Nakamura et al (1996) Ashton (2004)*	P_{max} - maximum precip rate T_{mean} - mean T up to $H_{T=0}$ $P > 0.1mmhr^{-1}$
COSMO-EU	DWD	$U_g = \sqrt{U(T_w = 0)^2 + 0.2 \int_{H_0}^H 2g \frac{\partial \theta}{\partial z} dz}$	Nakamura et al (1996) Schulz and Heise (2003)	no ppn loading
MMS	AFWA	$U_g = \frac{2s}{\sqrt{(H_{T=0} - MIN(q_{1km}, 1)(\Gamma^2 - 30 - q_{1km} - 2q_{T=0}))}}$	McCann (1994) Kuhlman (2006)*	WINDEX method ; Γ - lapse rate
MEANDER	Hungarian Met Service	$U_g = 0.6U_g(WINDEX) + 0.5U(500mb)$ See discussion	Geerts (2001) Bartha (1994) Simon et al (2011)*	GUSTEX method Nowcasting
RJC IFS/INCA	AFWA ECMWF/ ZAMG	$U_g = U_1 + \delta U_H + \delta U_{cch} + \delta U_{conv}$ $DMGWIND = (WINDINF/8)(DCAPE/800)$ $U_g = max(0, U(850mb) - U(950mb))$	Bukharov et al (2008) Kuchera and Parker (2006) Bechtold and Bidot (2009) Simon et al (2011)* Calvo and Morales (2009)* Calvo et al (2010)*	U_1 - 'principal wind speed component' $WINDINF$ - max wind over unstable layer

1.3.3.3 Στατιστικά/εμπειρικά μοντέλα και σχετικές πειραματικές μελέτες

Ένα μεγάλο ποσοστό των μοντέλων πρόγνωσης ριπής δίνει μικρή έμφαση στο φυσικό μηχανισμό για την κατανόηση των ριπών. Συνήθως είτε βασίζεται σε εμπειρικές παρατηρήσεις, είτε κάνοντας συγκρίσεις των παρατηρούμενων ριπών σε διαφορετικές τοποθεσίες υπό διαφορετικές συνθήκες. Παλιότερα, αυτά θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύουν απλούς συντελεστές ριπής, δηλαδή τη μέση αναλογία μεταξύ της μέγιστης τιμής του ανέμου και της μέσης τιμής του για δεδομένο χρονικό διάστημα. Πρόσφατα, παράλληλα με την ανάπτυξη και χρήση του GIS, τέτοιες μέθοδοι τείνουν να δέχονται δεδομένα εισόδου υπό τη μορφή χαρτογραφημένων μοντέλων και με τη χρήση των χαρακτηριστικών του εδάφους, παρέχουν χαρτογραφημένα αποτελέσματα της ίδιας μορφής. Αυτές οι μέθοδοι συχνά ονομάζονται στατιστικά μοντέλα και είναι κατάλληλες για την πρόβλεψη της πιθανότητας των ριπών που υπερβαίνουν κάποιο όριο.

Η στατιστική προσέγγιση έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, επειδή δεν περιορίζεται από ένα συγκεκριμένο φυσικό μοντέλο διαδικασίας, έχει μεγάλη πιθανότητα να δώσει το συνολικό αποτέλεσμα όλων των σχετικών διαδικασιών σε κάποια κλίμακα, στο βαθμό που επιτρέπεται από τη διακύμανση των μεταβλητών. Παρόλα αυτά, η απουσία μιας φυσικής διαδικασίας κατανόησης μπορεί να σημαίνει ότι είναι πιο δύσκολη η ουσιαστική αξιολόγηση αλλά και η βελτίωση της μεθόδου.

Παρατηρήσεις πεδίου έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του συντελεστή ριπής, συνήθως εστιάζοντας στην επίδραση της τραχύτητας του εδάφους στη γύρω περιοχή. Για παράδειγμα, μετρήσεις του συντελεστή ριπής σε μια τοποθεσία δίπλα σε ένα μεγάλο και απομονωμένο βουνό έδειξαν ότι ο συντελεστής ριπής κυμαίνεται μεταξύ 1,4 και 1,6 για μέσες ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 10m/s.

Αντίστοιχη επίδραση συμβαίνει και σε άλλους σταθμούς ανάλογα με το ύψος του βουνού και την απόσταση από αυτό. Μικρή εξάρτηση υπάρχει όσον αφορά την ευστάθεια (N , R_i). Η χρήση του συντελεστή τριβής για την πρόβλεψη των ριπών από τη μέση ταχύτητα του ανέμου είναι ανεπαρκής γιατί αυτός μειώνεται με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου. Ωστόσο, ο συντελεστής ριπής είναι ένα πρότυπο μέτρο που χρησιμοποιείται από τους μηχανικούς κατά την εκτίμηση της καταπόνησης των οικοδομημάτων. Γενικά οι τυπικές τιμές που παίρνει ο συντελεστής ριπής είναι μεταξύ του 1 και του 2.

1.3.4 Μέθοδος Weggel

Η μέθοδος Weggel (1999) είναι μια μέθοδος, η οποία έχει ως στόχο, να προβλέψει την αναμενόμενη τιμή της ημερήσιας μέγιστης ταχύτητας της ριπής του ανέμου σε συνάρτηση με τις επικρατούσες συνοπτικές καταστάσεις, έχοντας δεδομένο την ημερήσια μέση και μέγιστη τιμή του ανέμου. Αυτή η μέθοδος βασίζεται στις ακόλουθες υποθέσεις:

- a) Οι ριπές του ανέμου μπορούν να υπολογιστούν για διαφορετικές περιοχές, που παρουσιάζονται ως ομάδες διαφορετικών κλιματολογικών σταθμών που έχουν παρόμοια συμπεριφορά στις καθημερινές ταχύτητες της ριπής του ανέμου.
- b) Μία πιο ακριβής μορφή πρόβλεψης της ταχύτητας της ριπής του ανέμου, επιτυγχάνεται όταν διαφορετικές συνοπτικές καταστάσεις πάνω από μία περιοχή εξετάζονται χωριστά.

1.3.4.1 Πιθανότητα ριπής ανέμου

Η ανάλυση που ακολουθεί βασίζεται στην εργασία του Weggel (1999), ο οποίος ανέπτυξε μια μέθοδο για να υπολογίζεται η πιθανότητα η ριπή του ανέμου να είναι ίση ή μεγαλύτερη από μία δεδομένη τιμή, γνωρίζοντας μόνο την ημερήσια μέση τιμή του ανέμου.

Με βάση τους υπολογισμούς του πάνω στην κανονικοποιημένη μέγιστη ταχύτητα της ριπής του ανέμου, όρισε τον συντελεστή ριπής G (gust factor), από τη σχέση:

$$G = \frac{u_g}{U} - 1 \quad (1)$$

όπου: u_g = μέγιστη ταχύτητα του ανέμου δηλαδή u_{max}

U = μέση ημερήσια τιμή του ανέμου.

Ο συντελεστής αυτός είναι πάντοτε μεγαλύτερος του μηδενός διότι η μέγιστη ημερήσια τιμή του ανέμου είναι πάντα μεγαλύτερη από την ημερήσια μέση τιμή του ($u_g > U$). Είναι επίσης μία σαφής συνάρτηση της μέσης ημερήσιας τιμής του ανέμου. Κάποιος θα περίμενε ότι υψηλότερες ριπές θα σχετίζονταν με υψηλότερη μέση τιμή του ανέμου, παρόλα αυτά η μέγιστη ριπή του ανέμου είναι ένα μικρότερο κλάσμα της μέσης ταχύτητάς του για μεγάλες ταχύτητες του ανέμου, το οποίο σημαίνει ότι το G μειώνεται με την αύξηση του U .

Κάνοντας το διάγραμμα του λογάριθμου του συντελεστή ριπής, $\log G$, συναρτήσει του λογάριθμου της ημερήσιας μέσης τιμής του ανέμου $\log U$, επιτρέπει σε κάποιον να προσαρμόσει μία εκθετική συνάρτηση στα δεδομένα ώστε να προβλέψει τον συντελεστή ριπής G , εξίσωση (2):

$$G = A \cdot U^n \quad (2)$$

Λογαριθμίζοντας την εξίσωση (2) προκύπτει η εξίσωση (3) :

$$\log G = \log A + n \cdot \log U \quad (3)$$

Από τα δεδομένα του εκάστοτε σταθμού και κάνοντας τα διαγράμματα μπορεί να υπολογισθεί η κλίση n καθώς και το $\log A$ και από εκεί το A για κάθε μεμονωμένο σταθμό.

Όπως φαίνεται από την εργασία του Weggel, μια γραμμική σχέση μεταξύ A και n μπορεί να δημιουργηθεί, η εξίσωση (4) με τη μορφή:

$$n = \varphi \cdot A + \psi \quad (4)$$

όπου η κλίση φ και η τομή ψ είναι οι παράμετροι της γραμμικής προσαρμογής. Αρνητικές κλίσεις (φ) αντιστοιχούν σε υψηλότερες τιμές ψ , έτσι ώστε φ και ψ να είναι μικρότερα από το μηδέν. Επιπλέον τα φ και ψ εξαρτώνται από το σταθμό.

Οι διαφορές μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών του $\log G$ ($\log G_{\text{predicted}}$) και των πραγματικών τιμών, μέσω των μετρήσεων, του $\log G$ ($\log G_{\text{actual}}$) μπορούν να ταξινομηθούν και να δώσουν μια πιθανότητα χρησιμοποιώντας την εξίσωση (5)

$$P(X \geq x) = \frac{m}{N+1} \quad (5)$$

Ο Chow (1954) δημιούργησε εξισώσεις που συνδέουν τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του συντελεστή ριπής που προκύπτει από τα πειραματικά δεδομένα με αυτές που προκύπτουν ύστερα από λογαριθμική μετατροπή των δεδομένων. Οι εξισώσεις είναι οι εξής:

$$\overline{\ln G} = \ln \bar{G} - \frac{1}{2} \ln \left\{ \left(\frac{\sigma_G}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\} \quad (6)$$

$$\sigma_{\ln G} = \sqrt{\ln \left\{ \left(\frac{\sigma_G}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\}} \quad (7)$$

$$\overline{\log G} = \log \bar{G} - \frac{1}{2} \log \left\{ \left(\frac{\sigma_G}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\} \quad (8)$$

$$\sigma_{\log G} = \sqrt{\frac{1}{2.3026} \log \left\{ \left(\frac{\sigma_G}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\}} \quad (9)$$

όπου : $\bar{G}$ = μέση τιμή των πραγματικών τιμών του συντελεστή ριπής G

σ_G = τυπική απόκλιση των πραγματικών τιμών του συντελεστή ριπής G

$\log G$ = κοινός λογάριθμος, με βάση το 10, του συντελεστή ριπής G

$\ln G$ = φυσικός λογάριθμος, με βάση το e, του συντελεστή ριπής G

$\overline{\log G}$ = μέση τιμή του κοινού λογάριθμου του συντελεστή ριπής G

$\overline{\ln G}$ = μέση τιμή του φυσικού λογάριθμου του συντελεστή ριπής G

$\sigma_{\ln G}$ = τυπική απόκλιση του φυσικού λογάριθμου του συντελεστή ριπής G

$\sigma_{\log G}$ = τυπική απόκλιση του κοινού λογάριθμου του συντελεστή ριπής G

1.4 Συνοπτικές συνθήκες - Τύποι καιρού

Έχοντας ως σκοπό την κατηγοριοποίηση και κατά συνέπεια τη δημιουργία τύπων καιρού για το λεκανοπέδιο Αττικής, η ταξινόμηση βασίσθηκε στις εργασίες των K. Philippopoulos and D. Deligiorgi (2012) : "A Self-Organizing Maps multivariate spatio-temporal approach for the classification of atmospheric conditions", και K. Philippopoulos, D. Deligiorgi, T. Mavroukou and J. Cheliotis (2014) : "Winter atmospheric circulation patterns and their relationship with the meteorological conditions in Greece".

Στις εργασίες αυτές μελετήθηκαν οι χάρτες επιφάνειας του βορείου ημισφαίριου, η μελέτη επικεντρώθηκε στην Ευρώπη, σε όλη την έκταση της Μεσογείου, στη βόρεια Αφρική, τη δυτική Τουρκία και τη Μέση Ανατολή, καθώς στις παραπάνω περιοχές οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν επηρεάζουν τη χώρα μας και κατά συνέπεια την Αθήνα και βρέθηκαν 32 τύποι καιρού. Από αυτούς τους τύπους στη συνέχεια παρατηρήθηκαν οι μεταβολές του καιρού και οι αντίστοιχες συνοπτικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην εύρεση των κριτηρίων με βάση τα οποία έγινε στη συνέχεια σύμπτυξη των τύπων καιρού.

Τα κριτήρια αυτά, είναι η σχετική θέση των βαρομετρικών συστημάτων (αντικυκλώνες, υφέσεις) καθώς και η ένταση της βαροβαθμίδας. Σε ότι αφορά τα βαρομετρικά συστήματα, οι υφέσεις και οι αντικυκλώνες εξετάστηκαν ως προς τη γεωγραφική τους θέση, τόσο το καθένα ξεχωριστά όσο και ο συνδυασμός τους, και ως προς την πίεση στο κέντρο τους (για παράδειγμα διαφοροποιείται το αβαθές χαμηλό από το βαθύ), καθώς ανάλογα με την κάθε περίπτωση η περιοχή μελέτης επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο. Έτσι, επιτυγχάνεται ένας πρώτος διαχωρισμός των συνοπτικών συνθηκών που παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα, σε ότι αφορά στη θέση των συστημάτων, αλλά και την εποχή κατά την οποία, αυτά λαμβάνουν τις θέσεις αυτές. Τέλος, η τιμή της βαροβαθμίδας οδηγεί στην τελική κατηγοριοποίηση των συνοπτικών χαρτών, αφού η ένταση των ανέμων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά του καιρού και αφού παρόμοιες συνοπτικές καταστάσεις δημιουργούν διαφορετική βαροβαθμίδα πάνω από το λεκανοπέδιο. Με αυτόν τον τρόπο τελικά δημιουργήθηκαν 8 τύποι καιρού, των οποίων η περιγραφή αποτυπώνεται στον Πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5. Κατηγοριοποίηση τύπων καιρού

Τύπος καιρού	ΑΝΑΛΥΣΗ
1	Το χαμηλό και το υψηλό βαρομετρικό που εντοπίζονται στη Βορειοδυτική Ευρώπη καθώς και το χαμηλό στη Μέση Ανατολή, δεν επηρεάζουν τον Ελλαδικό χώρο με αποτέλεσμα να υπάρχει ασθενής βαθμίδα πίεσης και ασθενείς δυτικοί άνεμοι στα ηπειρωτικά και σε ένα μέρος του Αιγαίου και μέτριας έντασης στο Ιόνιο και στα υπόλοιπα νησιά.
2	Ο αντικυκλώνας στις Αζόρες εκτείνεται προς την Ευρώπη και τη Μεσόγειο και εμποδίζεται από ένα χαμηλό και ένα υψηλό βαρομετρικό στη ΒΑ Ευρώπη, που δεν επηρεάζουν την Ελλάδα. Ο αντικυκλώνας των Αζόρων σε συνδυασμό με το θερμικό χαμηλό στη Μέση Ανατολή προκαλούν πεδίο πιέσεων στην Ελλάδα με ΒΒΑ ανέμους χαμηλής έντασης στα ηπειρωτικά και μέτριας έως πολύ μεγάλης έντασης στο Αιγαίο.
3	Ο Ελλαδικός χώρος επηρεάζεται κυρίως από το πεδίο χαμηλών πιέσεων στα ανατολικά, λιγότερο από το υψηλό στη δυτική Μεσόγειο και καθόλου από το χαμηλό στη ΒΔ Ευρώπη. Έτσι υπάρχει μικρή βαροβαθμίδα και άνεμοι ΒΒΑ πολύ χαμηλής έντασης στα ηπειρωτικά και στο Ιόνιο και μέτριας έντασης στο Αιγαίο και την Κρήτη.
4	Ο αντικυκλώνας στη Σκανδιναβία δεν επηρεάζει την Ελλάδα, ενώ ο αντικυκλώνας στα Βρετανικά νησιά σε συνδυασμό με το χαμηλό στη Μέση Ανατολή δημιουργούν ένα πεδίο χαμηλών πιέσεων στην Ελλάδα με ανέμους ΒΒΔ προέλευσης, ασθενείς στο Ιόνιο και τα ηπειρωτικά και μέτριας έντασης στο Αιγαίο.
5	Το χαμηλό πάνω από την Ιταλία και το χαμηλό στη Μ. Ανατολή εκτείνονται μέχρι τον ελλαδικό χώρο δημιουργώντας ανέμους χαμηλής έως μέτριας έντασης, νότιας - νοτιοδυτικής προέλευσης.
6	Τα κυκλωνικά συστήματα πιέσεων που εντοπίζονται στη δυτική, βόρεια και βορειανατολική Ευρώπη, δημιουργούν στην Ελλάδα μια μέτριας έντασης βαροβαθμίδα με ανέμους δυτικής και νοτιοδυτικής προέλευσης κυρίως μέτριας έντασης που μπορεί να γίνει υψηλή στο χώρο των νησιών.
7	Το υψηλό βαρομετρικό σύστημα που εκτείνεται στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης δημιουργεί πεδίο σχετικά υψηλών πιέσεων στην Ελλάδα, με ανέμους από μέτριας έως πολύ υψηλής έντασης κυρίως στο Αιγαίο και την Κρήτη, ΒΒΑ διευθύνσεων.
8	Τα συστήματα πιέσεων είναι σε μεγάλα πλάτη κι έτσι στον ελλαδικό χώρο υπάρχει πολύ ασθενής βαροβαθμίδα, άνεμοι πολύ ασθενείς έως μέτριας έντασης μεταβλητής διεύθυνσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Προέλευση δεδομένων

Τα δεδομένα προήλθαν από το σταθμό του Ελληνικού Αττικής της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Το Ελληνικό ανήκει στο Νότιο Τομέα της περιφέρειας Αττικής και έχει συνολική έκταση 7,5 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Τοποθετείται 10 km νοτιότερα του κέντρου της Αθήνας, βρέχεται από το Σαρωνικό Κόλπο ενώ βορειοανατολικά η περιοχή περικλείεται από ορεινούς όγκους. Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) έχει μέση ετήσια θερμοκρασία 18.5°C και δέχεται 346.8 mm βροχόπτωσης το χρόνο. Επομένως, ανήκει στην κατηγορία ημίξηρου κλίματος με ισχυρές επιρροές από τη Μεσόγειο σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη Koerppen.

Τα στοιχεία για το σταθμό του Ελληνικού, τα δεδομένα του οποίου χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη, δίνονται στον **πίνακα 2.1**

Πίνακας 2.1: Στοιχεία σταθμού Ελληνικού

Περιοχή	Κωδικός σταθμού	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	Υψόμετρο (m)
Αθήνα, Ελληνικό	16716	37° 53' 36" N	23° 43' 34" E	15

2.2 Μεθοδολογία και επεξεργασία δεδομένων

Τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό του Ελληνικού αφορούσαν ωριαίες μετρήσεις της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου. Η αρχική καταγραφή περιελάμβανε 8 συνοπτικούς τύπους καιρού και αφορούσε τη χρονική περίοδο 1979-2009. Έτσι, διαμορφώθηκαν 8 τμήματα, ένα για τον κάθε τύπο καιρού και στο καθένα υπολογίσθηκε η ημερήσια μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου U καθώς και ο συντελεστής ριπής G μέσω της εξίσωσης (1). Η μορφή του αρχείου φαίνεται στον **πίνακα 2.2**.

Πίνακας 2.2 Αρχείο δεδομένων

USAF	WBAN	YR	MO	DA	HR	DIR	SPD	m/s	TYPE	DAILY MEAN U	DAILY MAX	G
167160	99999	1979	5	10	0	***	0	0	1	3,74	10,28192	1,7492
167160	99999	1979	5	10	1	***	0	0	1			
167160	99999	1979	5	10	2	***	0	0	1			
167160	99999	1979	5	10	3	***	0	0	1			
167160	99999	1979	5	10	4	***	0	0	1			
167160	99999	1979	5	10	5	***	0	0	1			
167160	99999	1979	5	10	6	***	0	0	1			
167160	99999	1979	5	10	7	300	4	1,79	1			
167160	99999	1979	5	10	8	240	7	3,13	1			
167160	99999	1979	5	10	9	270	7	3,13	1			
167160	99999	1979	5	10	10	250	9	4,02	1			
167160	99999	1979	5	10	11	110	16	7,15	1			
167160	99999	1979	5	10	12	110	23	10,3	1			
167160	99999	1979	5	10	13	100	21	9,39	1			
167160	99999	1979	5	10	14	120	18	8,05	1			
167160	99999	1979	5	10	15	90	18	8,05	1			
167160	99999	1979	5	10	16	100	14	6,26	1			
167160	99999	1979	5	10	17	200	14	6,26	1			
167160	99999	1979	5	10	18	180	11	4,92	1			
167160	99999	1979	5	10	19	180	9	4,02	1			
167160	99999	1979	5	10	20	170	9	4,02	1			
167160	99999	1979	5	10	21	200	8	3,58	1			
167160	99999	1979	5	10	22	180	7	3,13	1			
167160	99999	1979	5	10	23	190	6	2,68	1			

Ακόμα από την εργασία του Κ. Γρανάκη (2016) χρησιμοποιήθηκαν οι ετήσιες τιμές των συντελεστών A και n, που είχαν προκύψει από την εξίσωση (3), για κάθε τύπο καιρού ξεχωριστά. Η μορφή του φαίνεται στον πίνακα 2.3

Πίνακας 2.3 Αρχείο τιμών A, n

Type	Year	n	A
1	1979	-0,9092	3,5237
1	1980	-1,0433	4,4627
1	1981	-0,6113	3,3465
1	1982	-0,4673	2,876
1	1983	-0,9527	3,3327
1	1984	-0,799	3,1695
1	1985	-0,7582	2,8229

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων ήταν η εξής:

1. Το πρωτογενές αρχείο δεδομένων ήταν σε μορφή excel και χωρισμένο σε 8 τμήματα, όσοι και οι τύποι καιρού. Για κάθε τύπο καιρού δημιουργήθηκε νέο αρχείο excel που περιελάμβανε μόνο το έτος (YR), τη μέση ημερήσια ταχύτητα (U), τη μέγιστη ταχύτητα (u_g) και το συντελεστή ριπής (G). Η μορφή του φαίνεται στον πίνακα 2.4

Πίνακας 2.4 Αρχείο νέων δεδομένων

Year	Daily mean U	Daily max u_g	G
1979	3,390053333	7,15264	1,10989
1979	5,774266667	10,28192	0,780645
1979	9,071186667	13,85824	0,527721
1979	8,21436	15,19936	0,85034

2. Στη συνέχεια για κάθε τύπο καιρού, και για κάθε ημέρα, υπολογίσθηκε το $\log G$ και το $\ln G$ τα οποία και προστέθηκαν σαν στήλες σε κάθε αρχείο excel που είχε δημιουργηθεί, όπως στον πίνακα 2.5

Πίνακας 2.5 Επεξεργασμένο αρχείο νέων δεδομένων

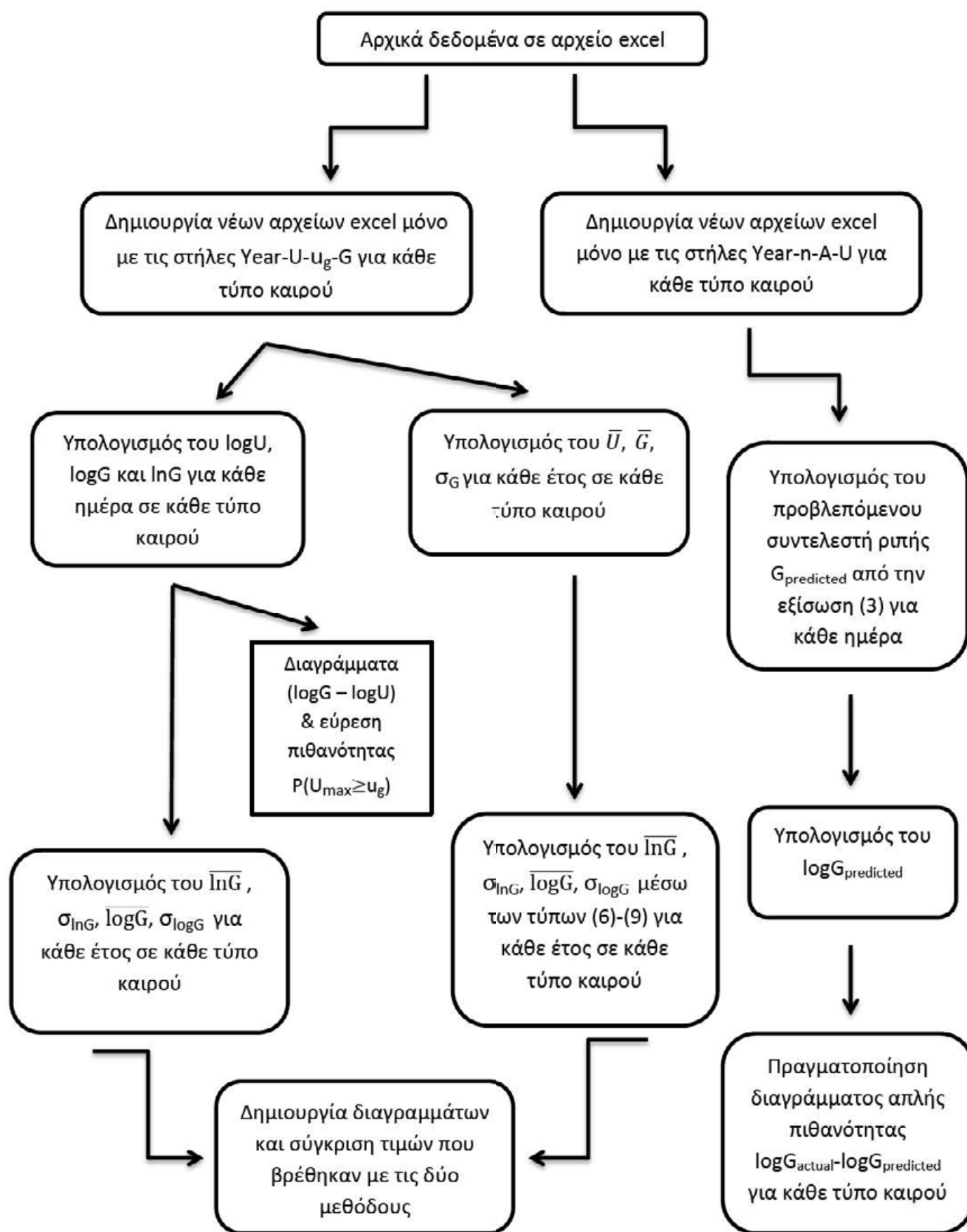
Year	Daily mean U	Daily max u_g	G	$\ln G$	$\log G$
1979	3,390053333	7,15264	1,10989	0,104261	0,04528
1979	5,774266667	10,28192	0,780645	-0,24763	-0,10755
1979	9,071186667	13,85824	0,527721	-0,63919	-0,2776
1979	8,21436	15,19936	0,85034	-0,16212	-0,07041
1979	1,471506667	8,04672	4,468354	1,49702	0,650148

3. Μετά για κάθε τύπο καιρού συνολικά, όπως και για κάθε έτος ξεχωριστά, υπολογίσθηκε η μέση τιμή της ταχύτητας $\bar{U}$ (χρησιμοποιώντας τις μέσες ημερήσιες τιμές), η μέση τιμή του συντελεστή ριπής $\bar{G}$ καθώς και η τυπική απόκλιση του συντελεστή ριπής σ_G .
4. Ακολούθως, με τη χρήση των στηλών που δημιουργήθηκαν στο βήμα 2, για κάθε τύπο καιρού συνολικά, αλλά και για κάθε έτος ξεχωριστά, υπολογίσθηκαν η μέση τιμή του λογαρίθμου $\ln \bar{G}$ και η τυπική του απόκλιση $\sigma_{\ln G}$ καθώς και η μέση τιμή του λογαρίθμου $\log \bar{G}$ και η τυπική του απόκλιση $\sigma_{\log G}$, οι οποίες καταγράφηκαν σε πίνακα.

5. Από τις εξισώσεις του Chow, εξισώσεις (6) - (9) , υπολογίσθηκαν εκ νέου οι τιμές $\overline{\ln G}$, $\sigma_{\ln G}$, $\overline{\log G}$, $\sigma_{\log G}$ του βήματος 5 και καταγράφηκαν σε πίνακα και αυτές.
6. Έγιναν διαγράμματα και σύγκριση των τιμών που υπολογίσθηκαν στο βήμα 4 με αυτές του βήματος 5.
7. Επίσης, πάλι με τη χρήση των στηλών του βήματος 2, υπολογίσθηκε το $\log U$, για κάθε ημέρα σε κάθε τύπο καιρού, και δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα $\log G$ συναρτήσει $\log U$. Συνολικά έγιναν 8 διαγράμματα, ένα για κάθε τύπο καιρού.
8. Με τη βοήθεια των διαγραμμάτων του βήματος 7 και των τιμών του βήματος 4, αποτυπώθηκαν κάποια παραδείγματα υπολογισμού της πιθανότητας να εμφανισθεί ριπή ανέμου με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση από μία δοθείσα τιμή, εφόσον είναι γνωστή η μέση ημερήσια τιμή του.
9. Ύστερα, δημιουργήθηκαν 8 νέα αρχεία excel, 1 για κάθε τύπο καιρού, όπου με τη χρήση της μέσης ημερήσιας ταχύτητας U , των συντελεστών η και A (από την εργασία του Κ. Γρανάκη, 2016) και την εξίσωση (2) υπολογίσθηκε η προβλεπόμενη τιμή του συντελεστή ριπής $G_{\text{predicted}}$ για κάθε ημέρα.
10. Τέλος με τη χρήση των τιμών του $\log G$ ($\log G_{\text{actual}}$) του βήματος 2 και με τον υπολογισμό και τη χρήση του $\log G_{\text{predicted}}$ προέκυψαν διαγράμματα απλής πιθανότητας ($\log G_{\text{actual}} - \log G_{\text{predicted}}$) για κάθε τύπο καιρού ξεχωριστά με τη χρήση του προγράμματος Minitab 17.

2.2.1 Διάγραμμα σταδίων εργασίας

Στο διάγραμμα που ακολουθεί αναπαρίστανται συνοπτικά τα στάδια της εργασίας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Υπολογισμός των στατιστικών παραμέτρων

Ο υπολογισμός των στατιστικών παραμέτρων στην εργασία έγινε με δύο τρόπους, ξεχωριστά για κάθε έτος του κάθε τύπου καιρού. Αρχικά χρησιμοποιώντας μόνο τα αρχικά δεδομένα και στη συνέχεια με τη χρήση των εξισώσεων (6)-(9).

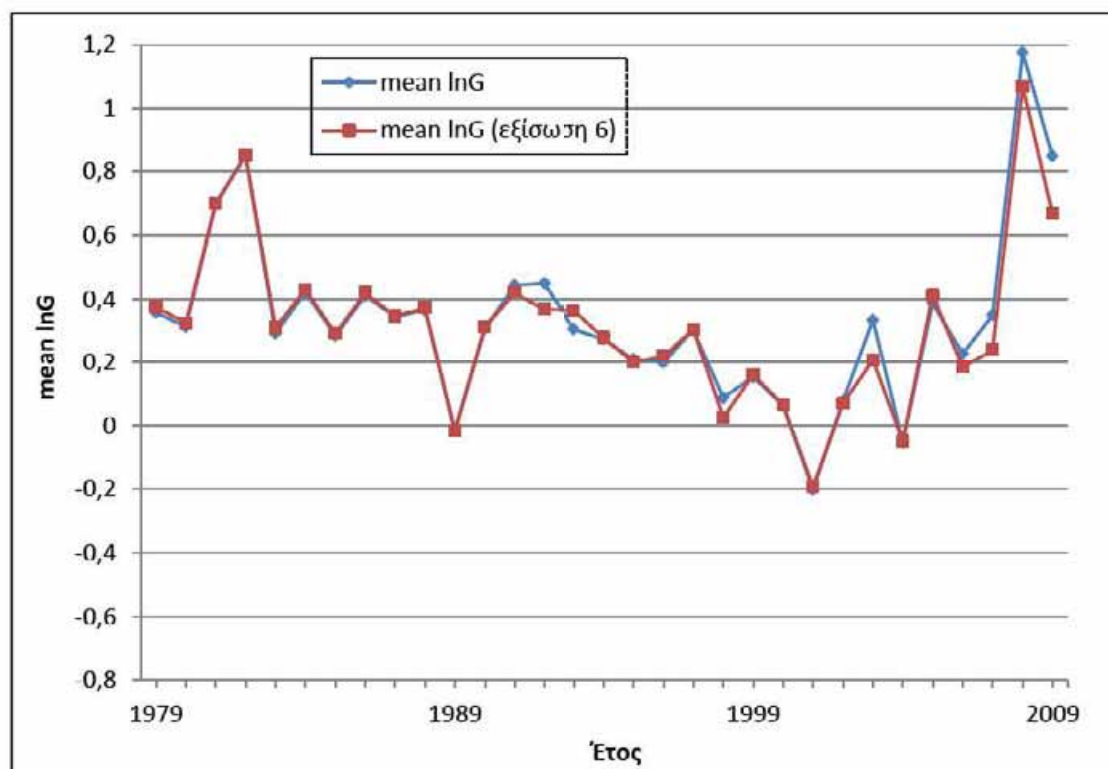
Στην πρώτη περίπτωση από τα αρχικά δεδομένα, το συντελεστή ριπής G , υπολογίστηκαν οι λογάριθμοι $\log G$ και $\ln G$ και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι ετήσιες μέσες τιμές τους $\overline{\log G}$ και $\overline{\ln G}$ καθώς και οι ετήσιες τυπικές τους αποκλίσεις $\sigma_{\log G}$ και $\sigma_{\ln G}$ για κάθε τύπο καιρού.

Στη δεύτερη περίπτωση από τα αρχικά δεδομένα υπολογίστηκε η ετήσια μέση τιμή του συντελεστή ριπής $\bar{G}$ και η ετήσια τυπική του απόκλιση $\sigma_{\bar{G}}$ για κάθε τύπο χωριστά και με τη χρήση των εξισώσεων (6)-(9) (πίνακας 3.1), υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές $\overline{\log G}$, $\overline{\ln G}$ και οι τυπικές αποκλίσεις τους $\sigma_{\log G}$ και $\sigma_{\ln G}$.

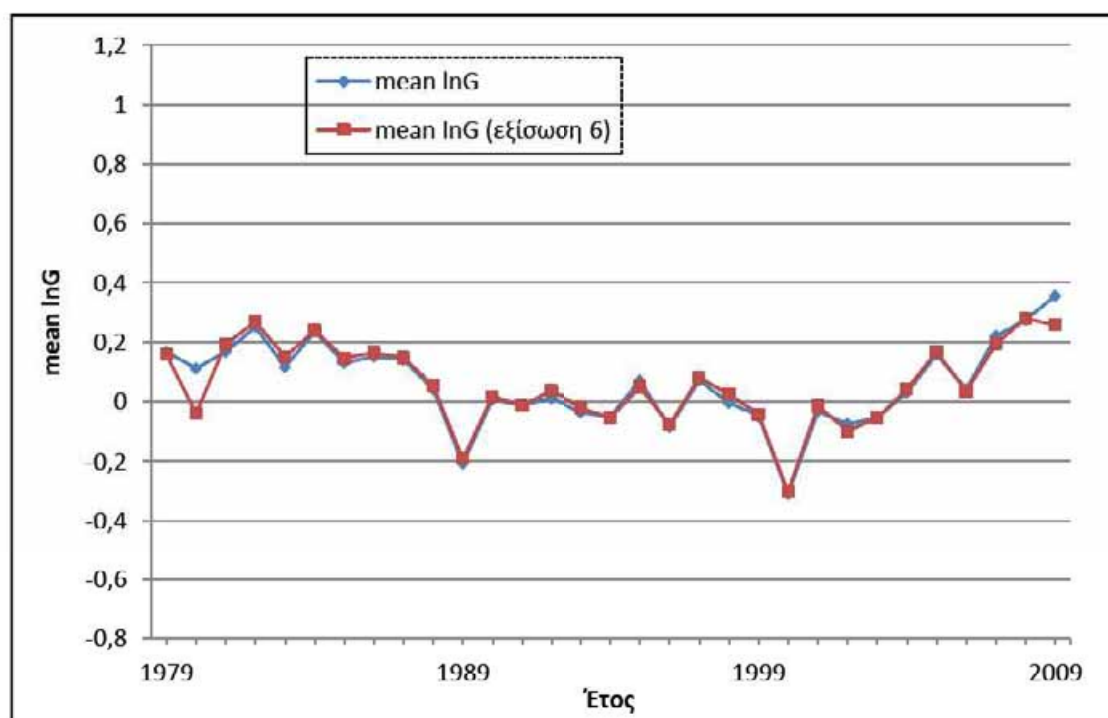
Πίνακας 3.1 Συνοπτικός πίνακας εξισώσεων (6)-(9)

$\overline{\ln G} = \ln \bar{G} - \frac{1}{2} \ln \left\{ \left(\frac{\sigma_{\bar{G}}}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\}$	$\sigma_{\ln G} = \sqrt{\ln \left\{ \left(\frac{\sigma_{\bar{G}}}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\}}$
$\overline{\log G} = \log \bar{G} - \frac{1}{2} \log \left\{ \left(\frac{\sigma_{\bar{G}}}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\}$	$\sigma_{\log G} = \sqrt{\frac{1}{2.3026} \log \left\{ \left(\frac{\sigma_{\bar{G}}}{\bar{G}} \right)^2 + 1 \right\}}$

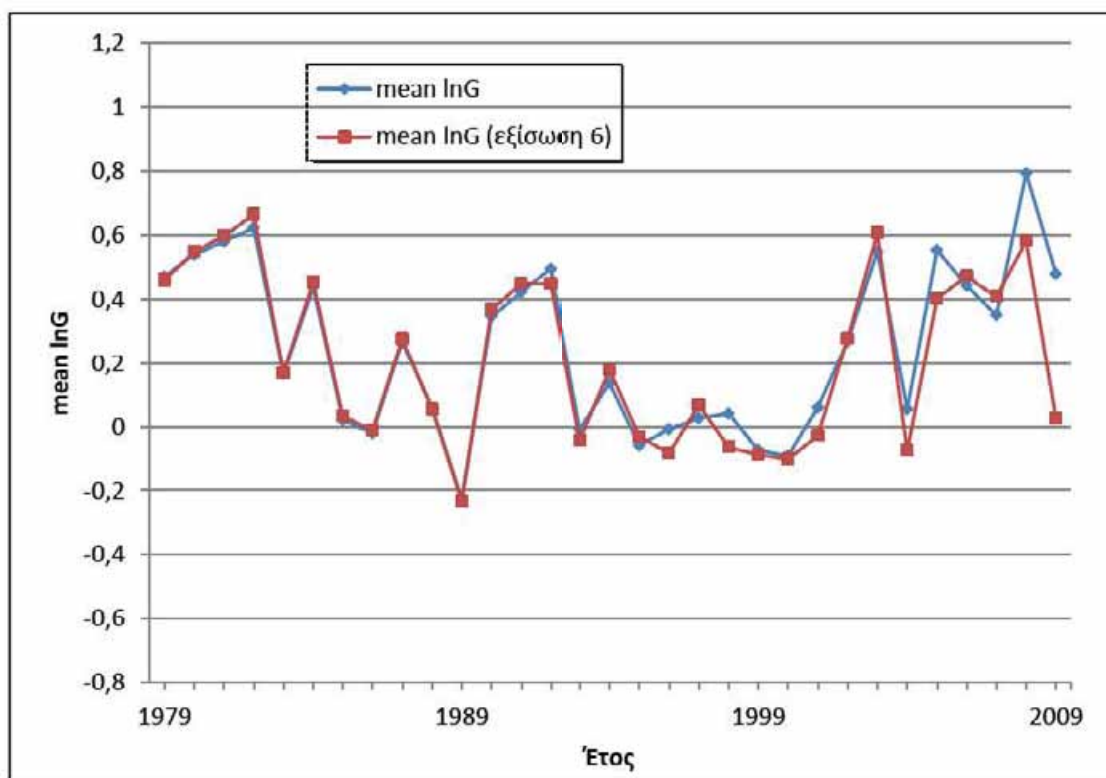
Τέλος καταγράφηκαν τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας αυτής, για κάθε τύπο καιρού, συγκεντρωτικά σε πίνακες, και προέκυψαν τα διαγράμματα που ακολουθούν, **διάγραμμα 3.1 - διάγραμμα 3.32**.



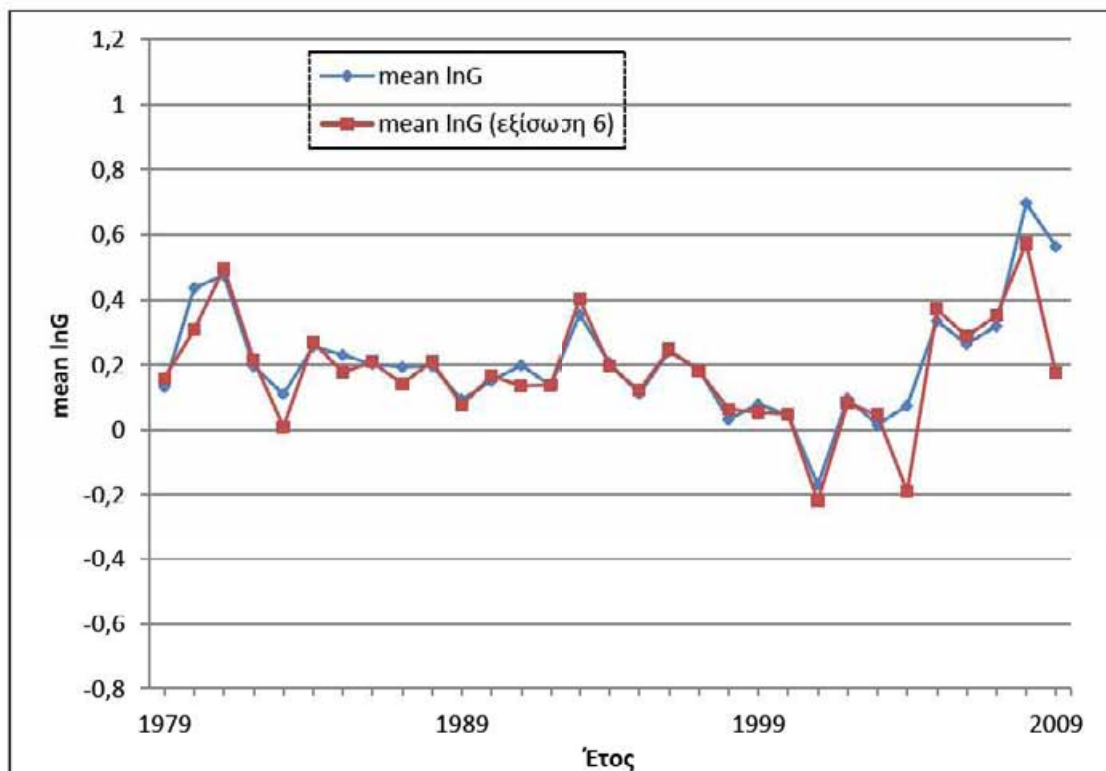
Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 1



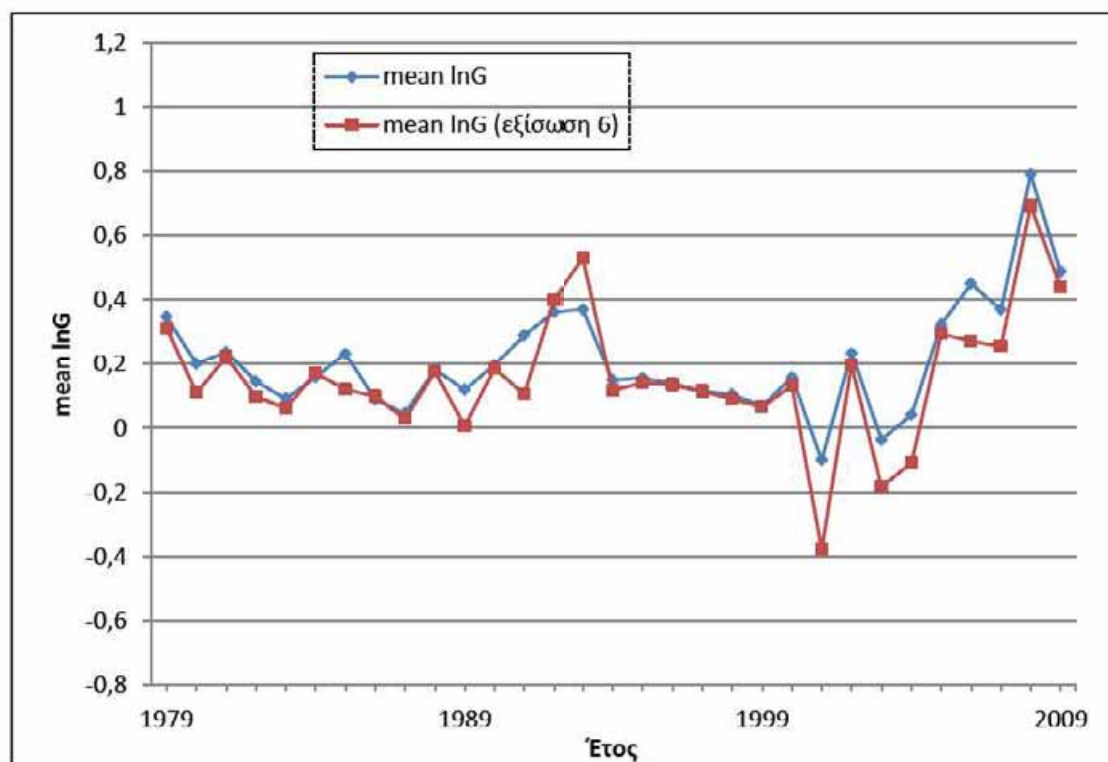
Διάγραμμα 3.2: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 2



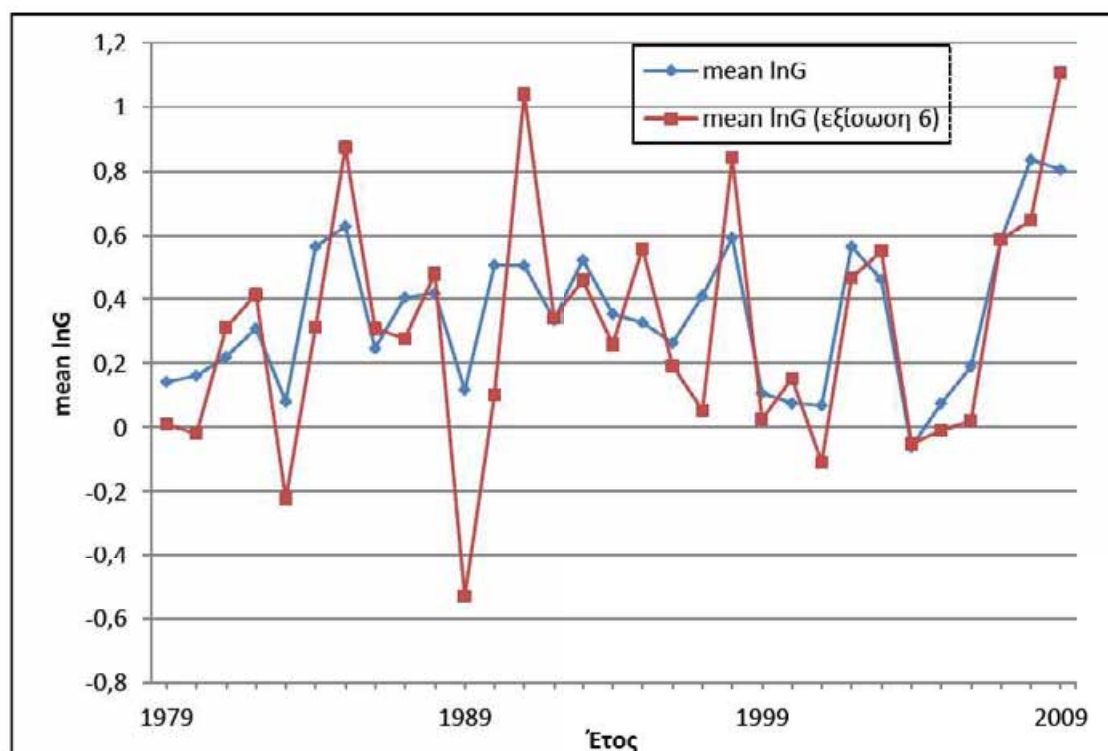
Διάγραμμα 3.3: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 3



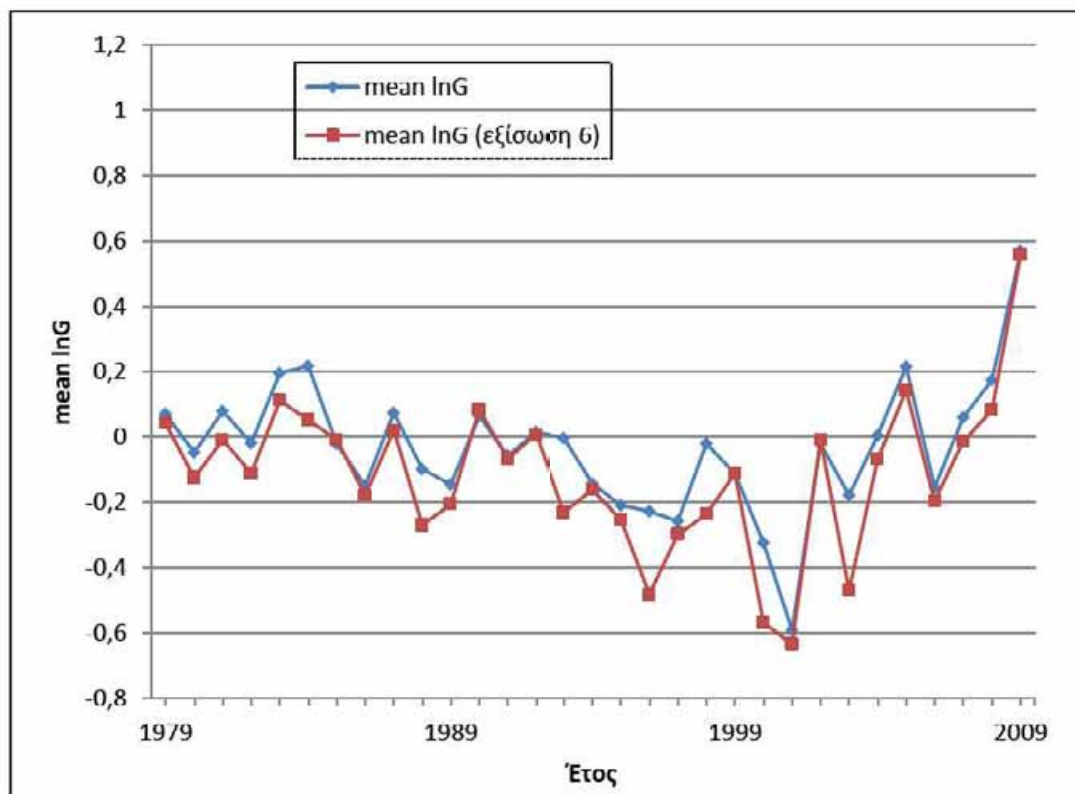
Διάγραμμα 3.4: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 4



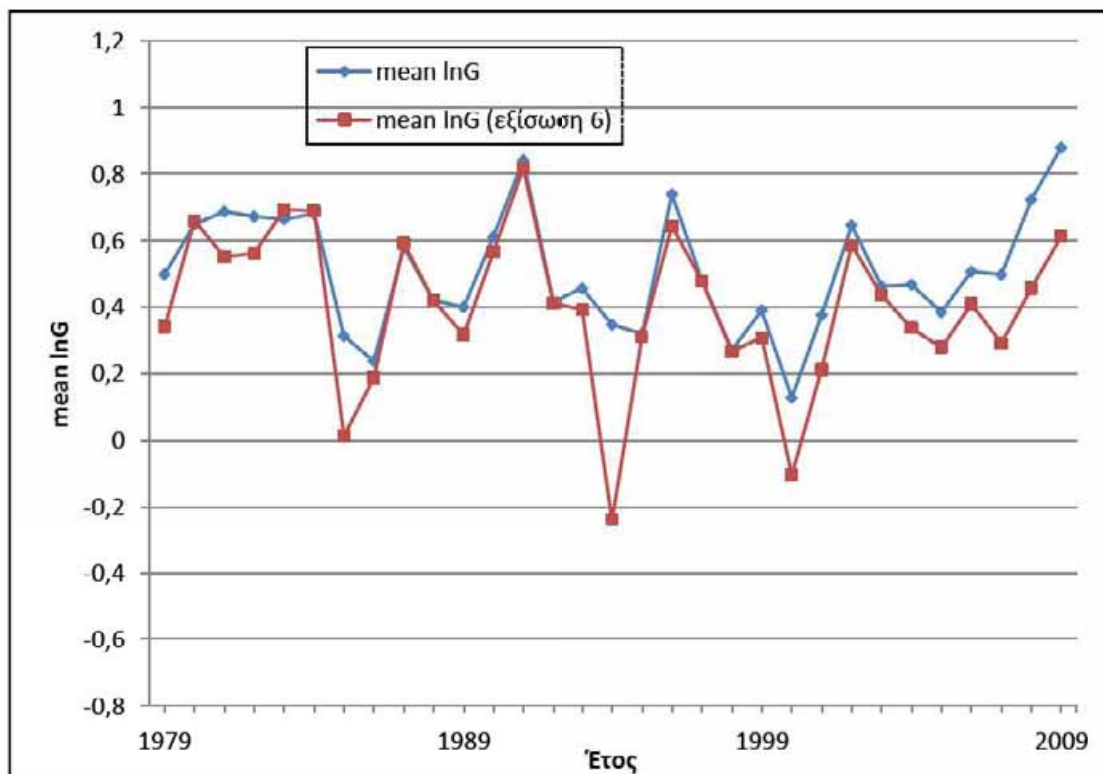
Διάγραμμα 3.5: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 5



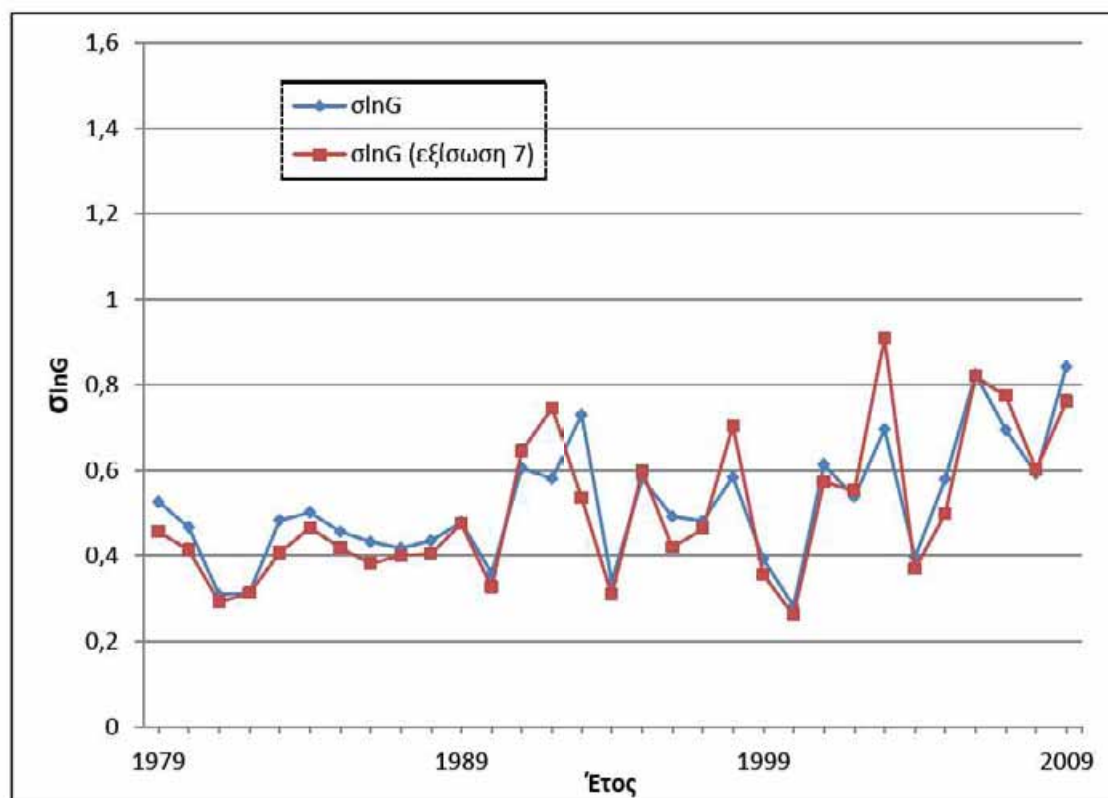
Διάγραμμα 3.6: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 6



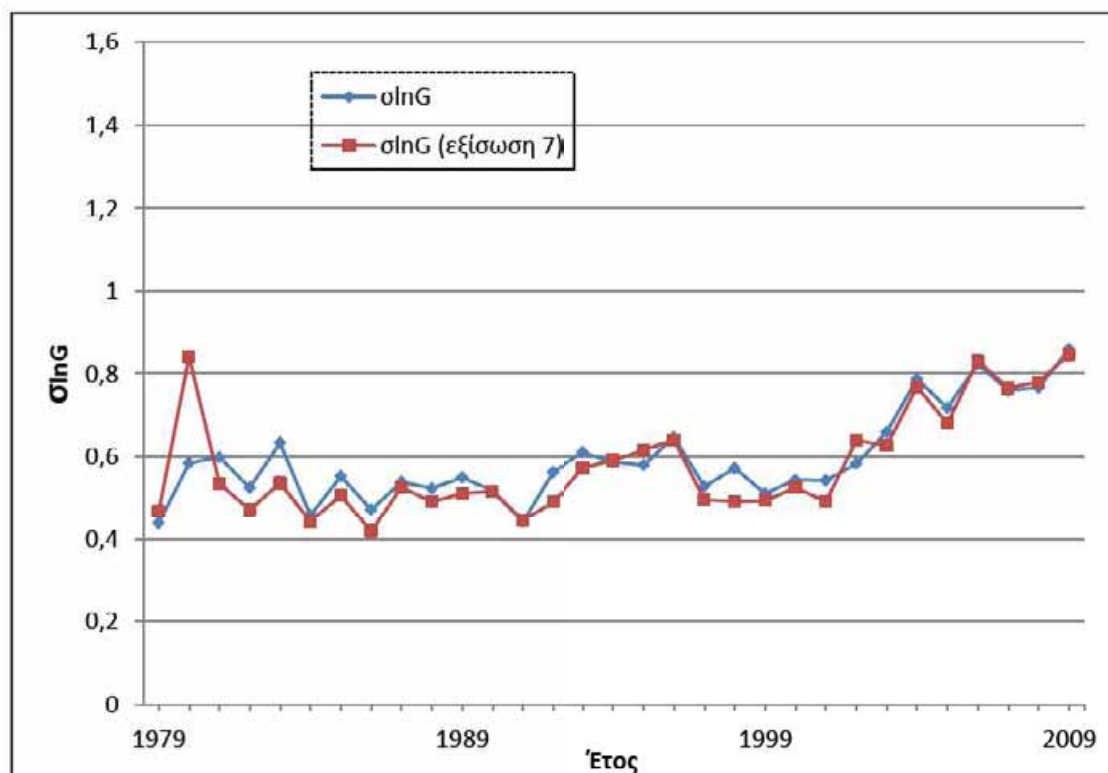
Διάγραμμα 3.7: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 7



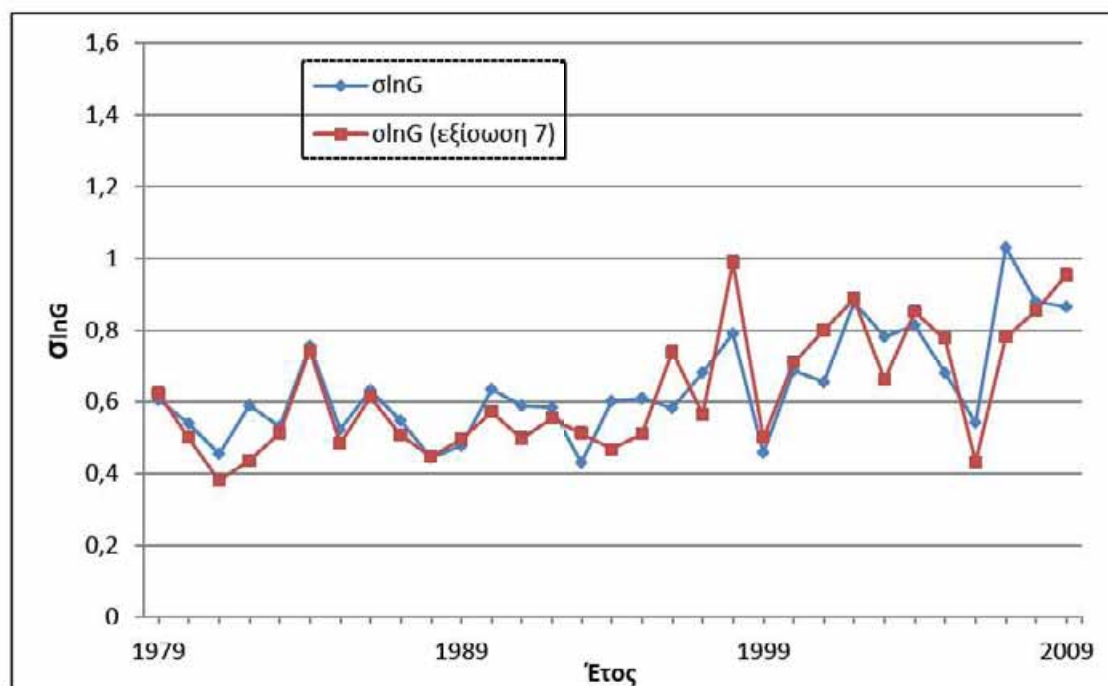
Διάγραμμα 3.8: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\ln G}$ για τύπο καιρού 8



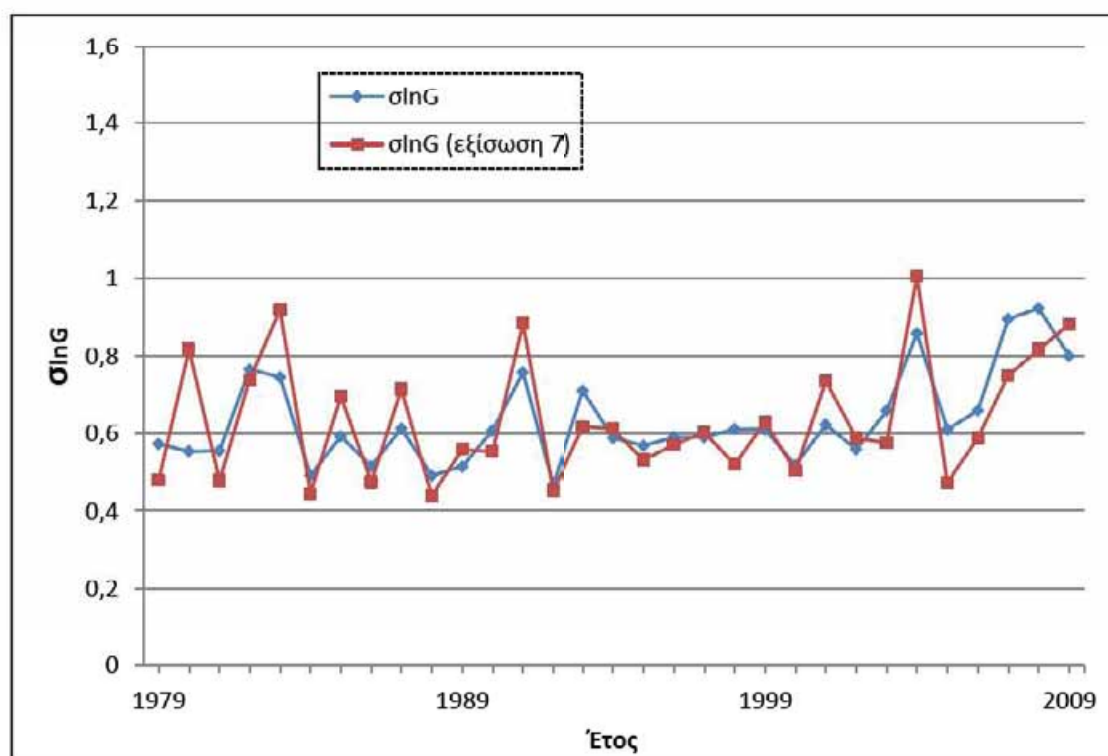
Διάγραμμα 3.9: Διάγραμμα διακύμανσης σ_{lnG} για τύπο καιρού 1



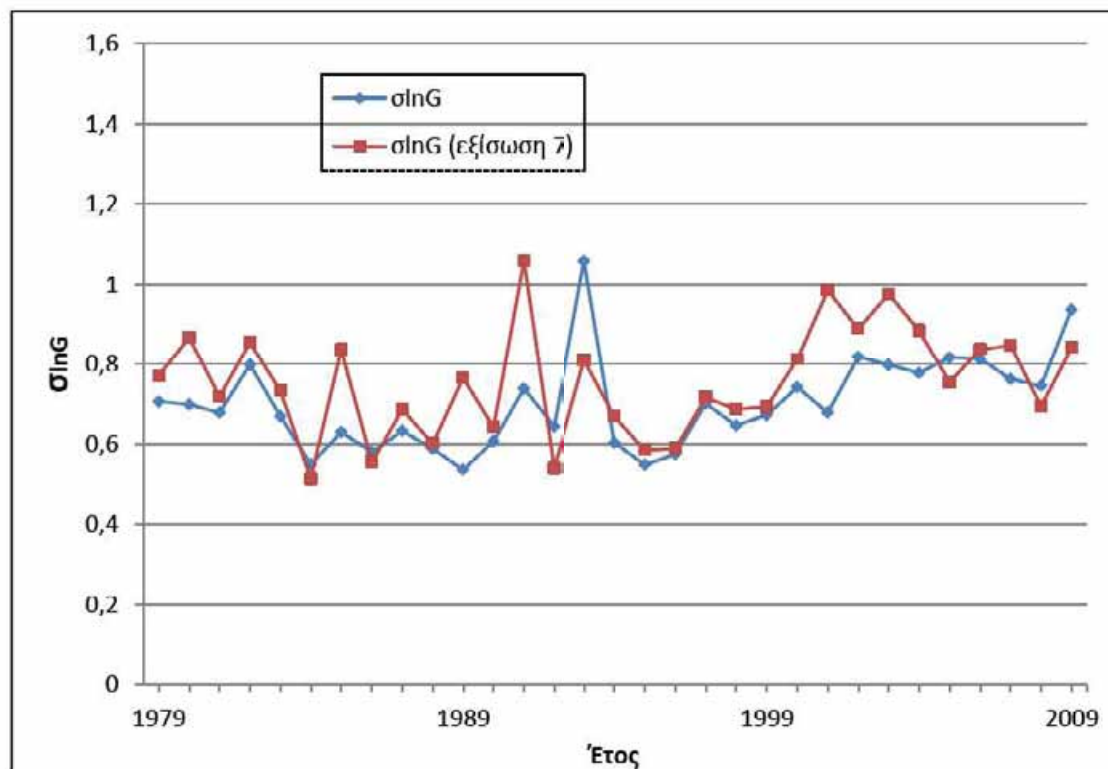
Διάγραμμα 3.10: Διάγραμμα διακύμανσης σ_{lnG} για τύπο καιρού 2



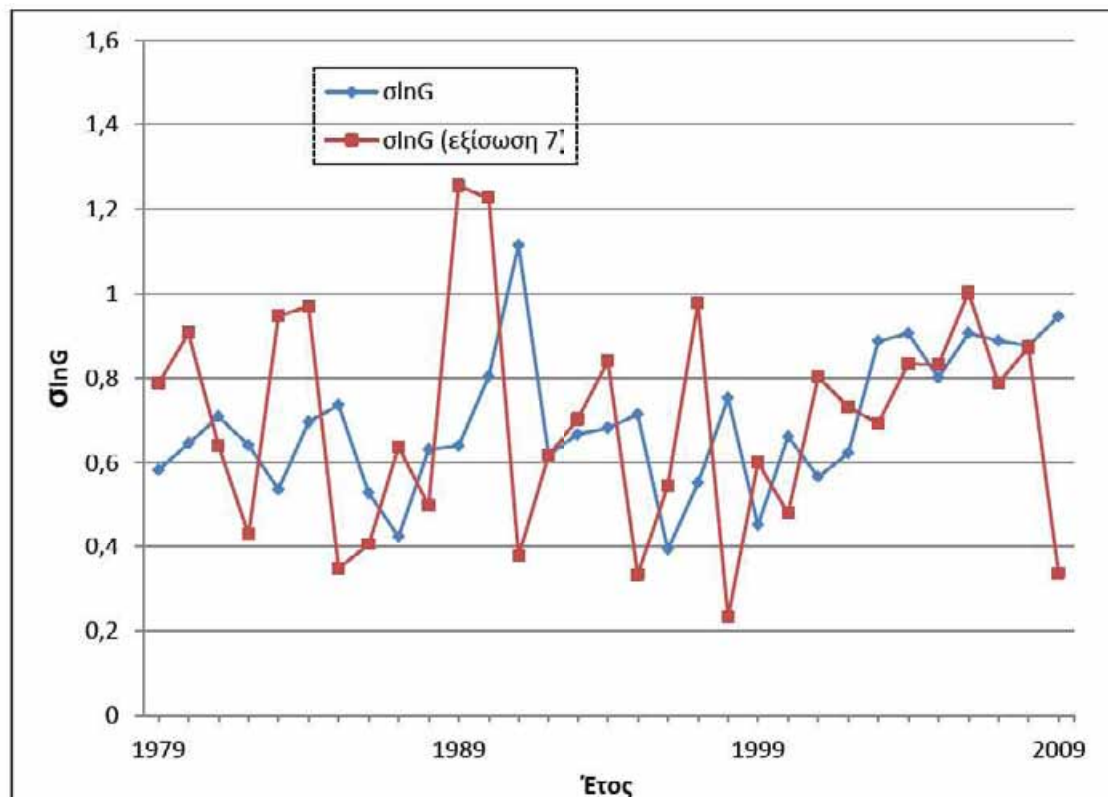
Διάγραμμα 3.11: Διάγραμμα διακύμανσης σ_{lnG} για τύπο καιρού 3



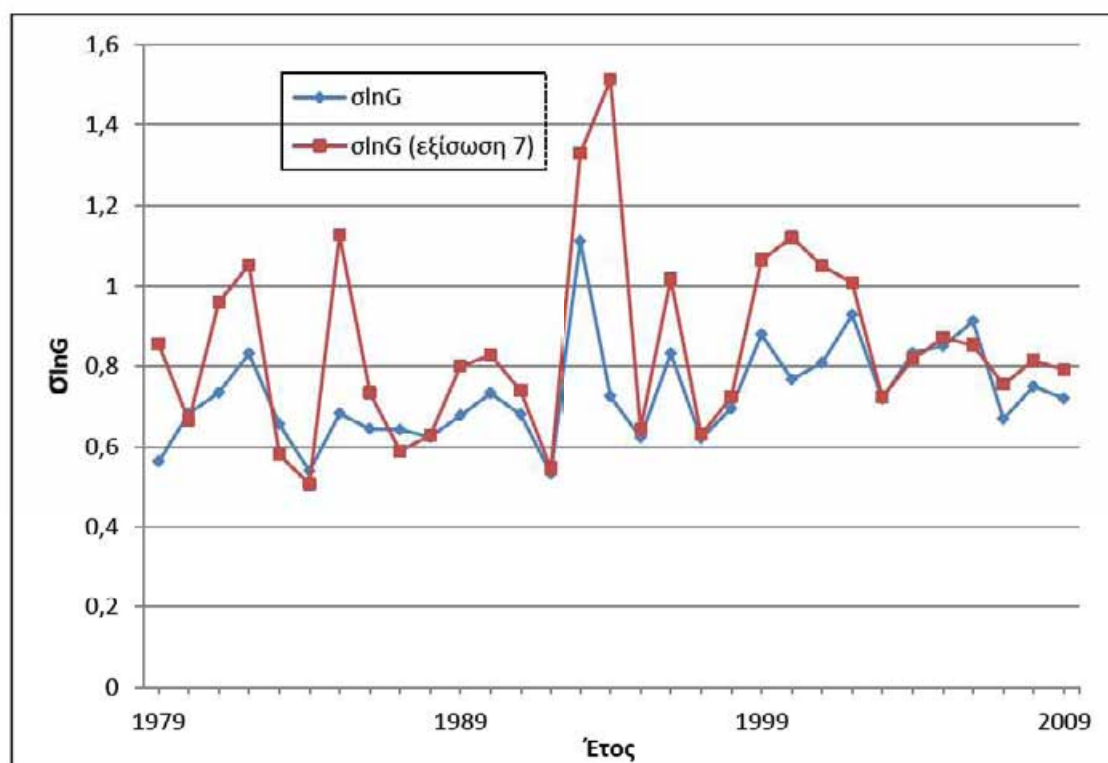
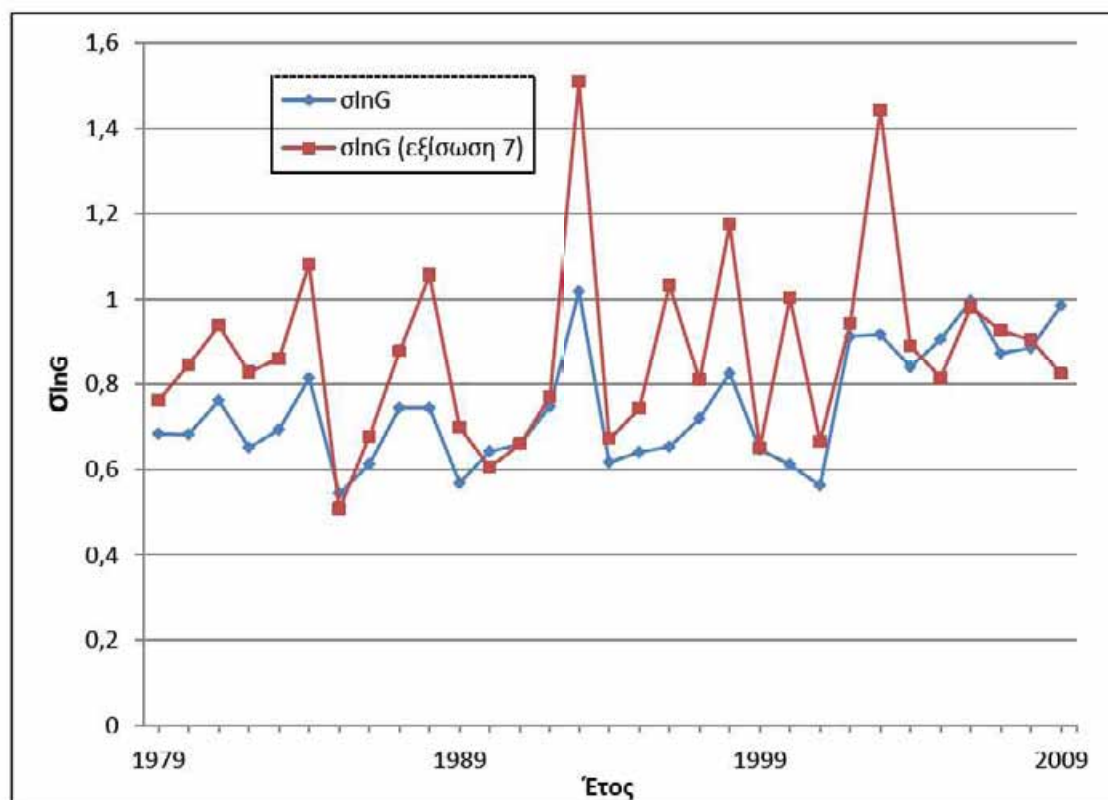
Διάγραμμα 3.12: Διάγραμμα διακύμανσης σ_{lnG} για τύπο καιρού 4

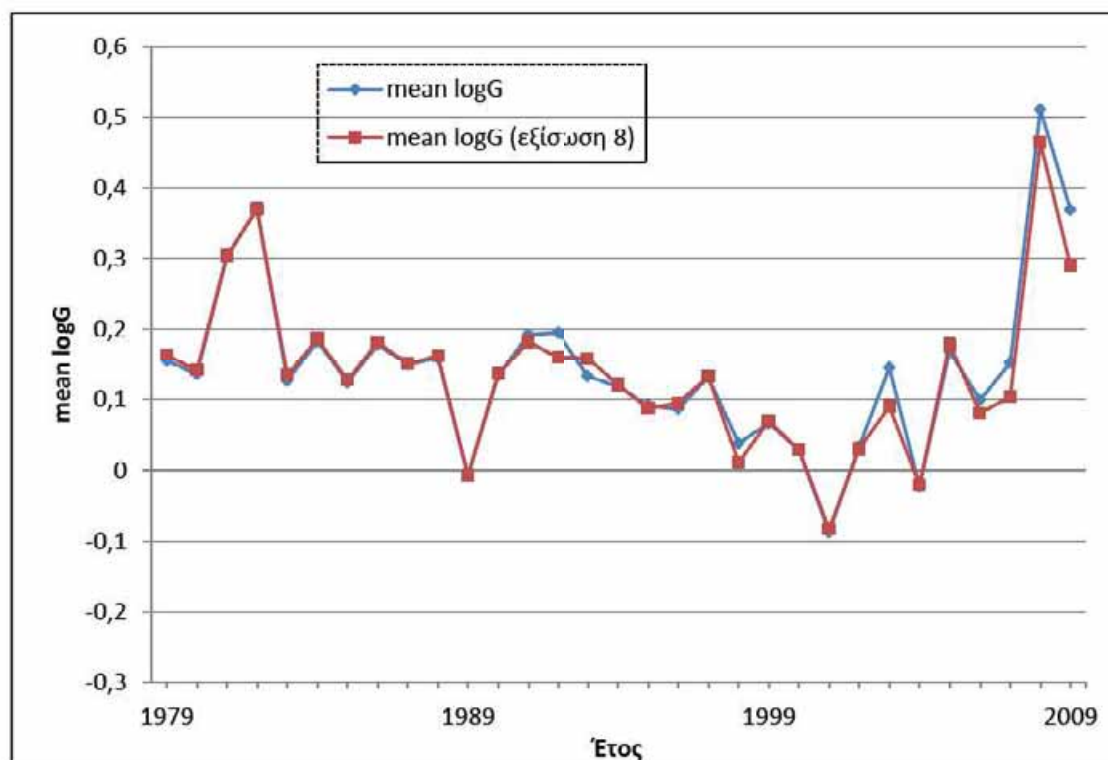


Διάγραμμα 3.13: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\ln G}$ για τύπο καιρού 5

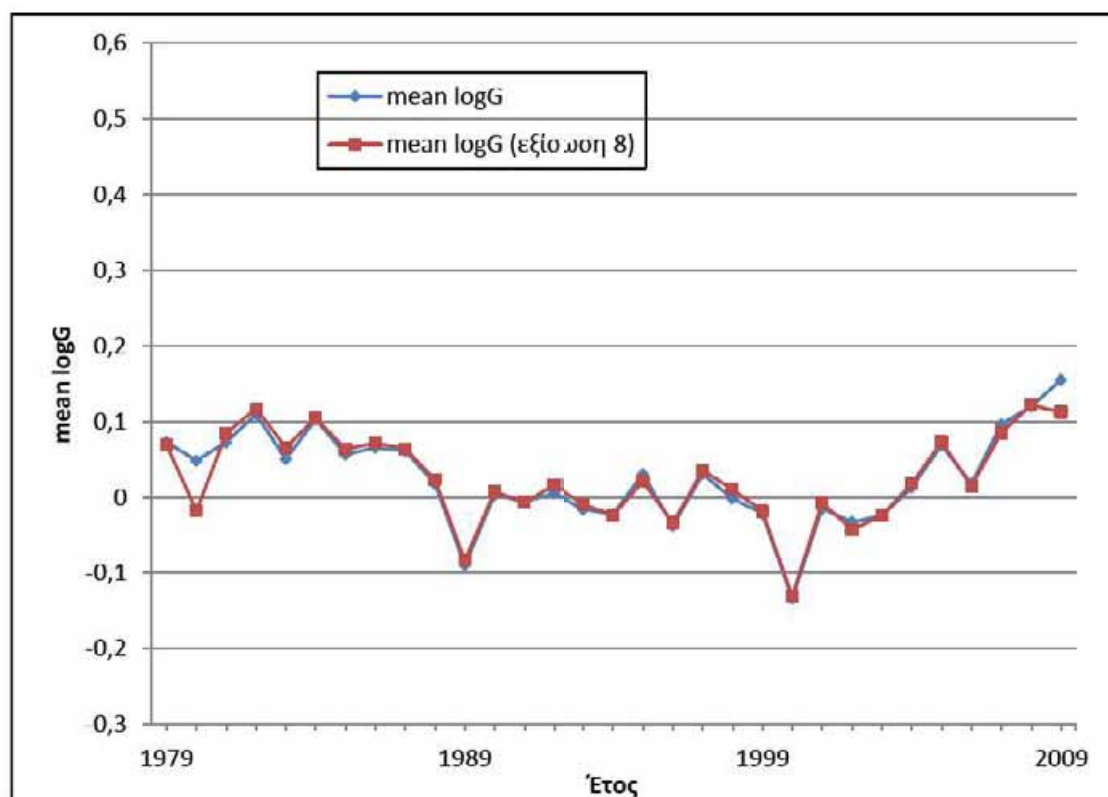


Διάγραμμα 3.14: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\ln G}$ για τύπο καιρού 6

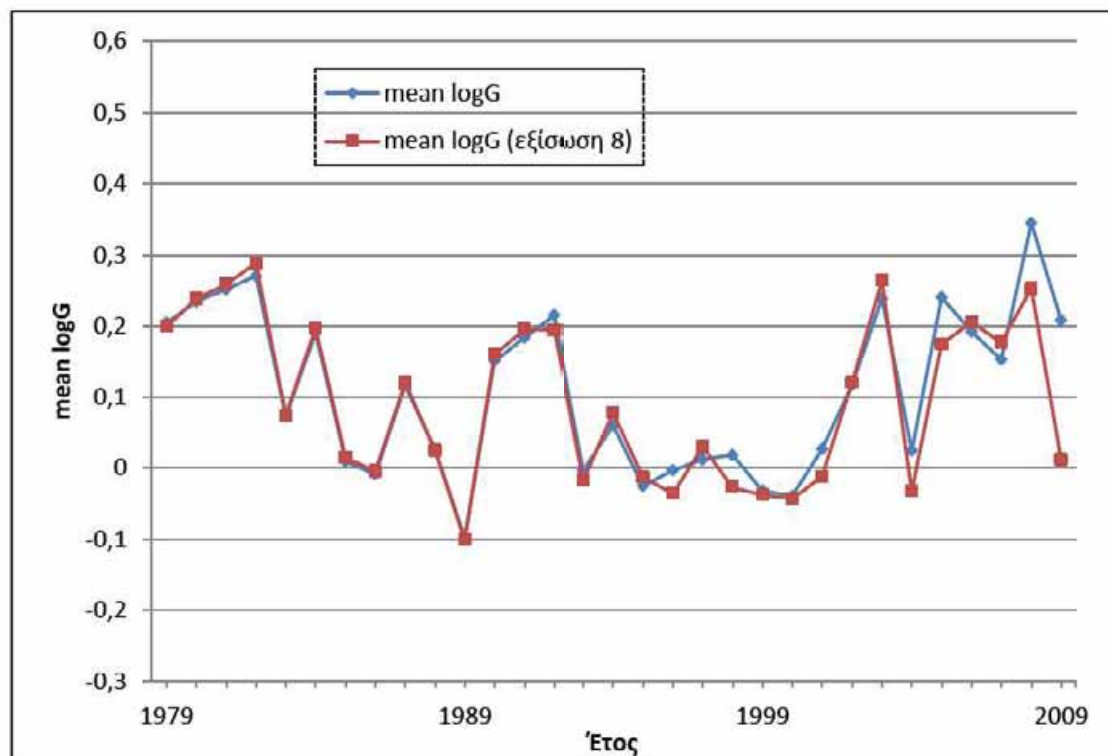




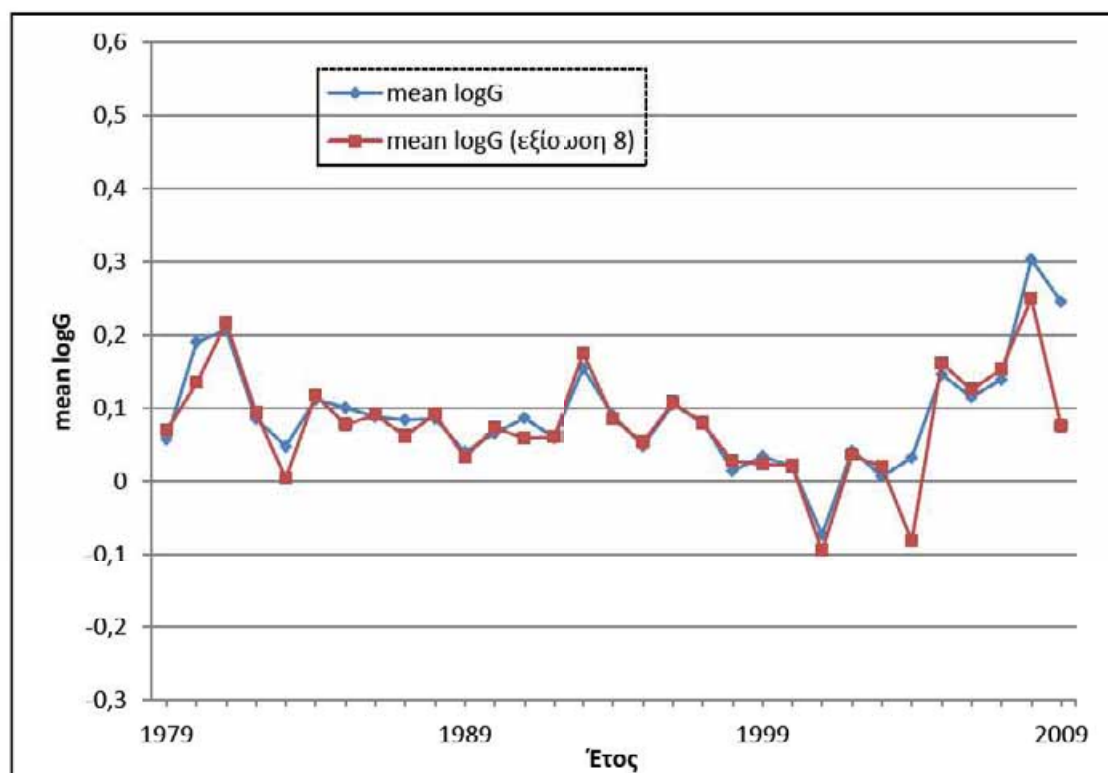
Διάγραμμα 3.17: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 1



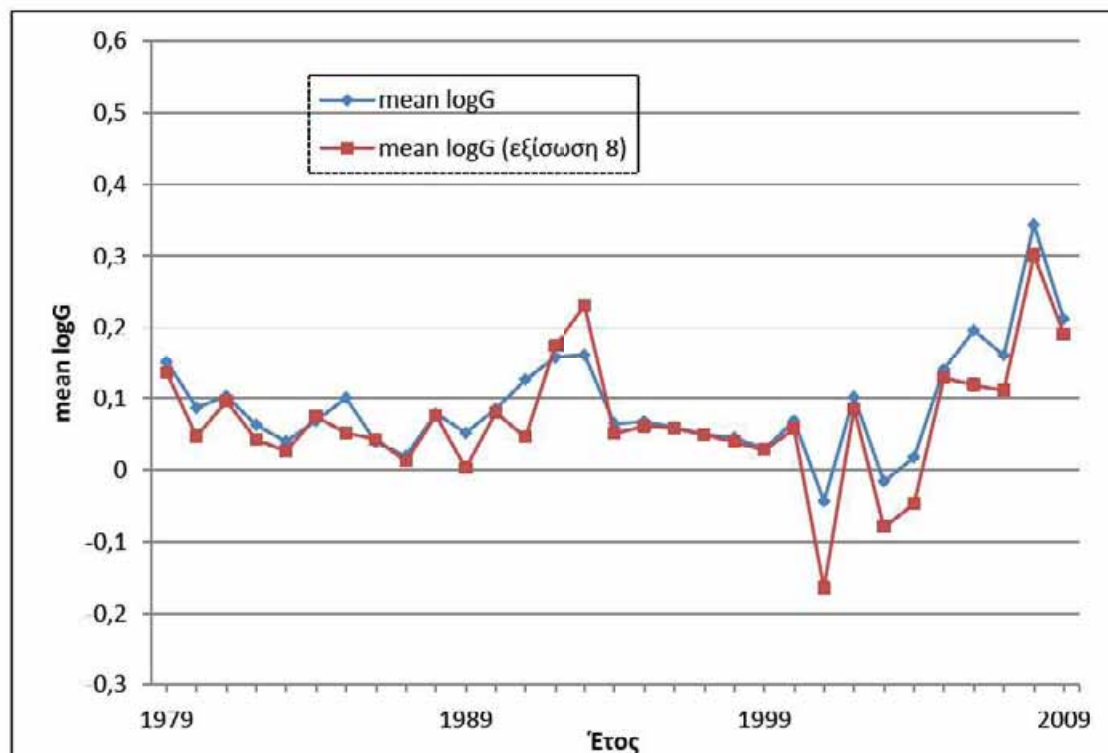
Διάγραμμα 3.18: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 2



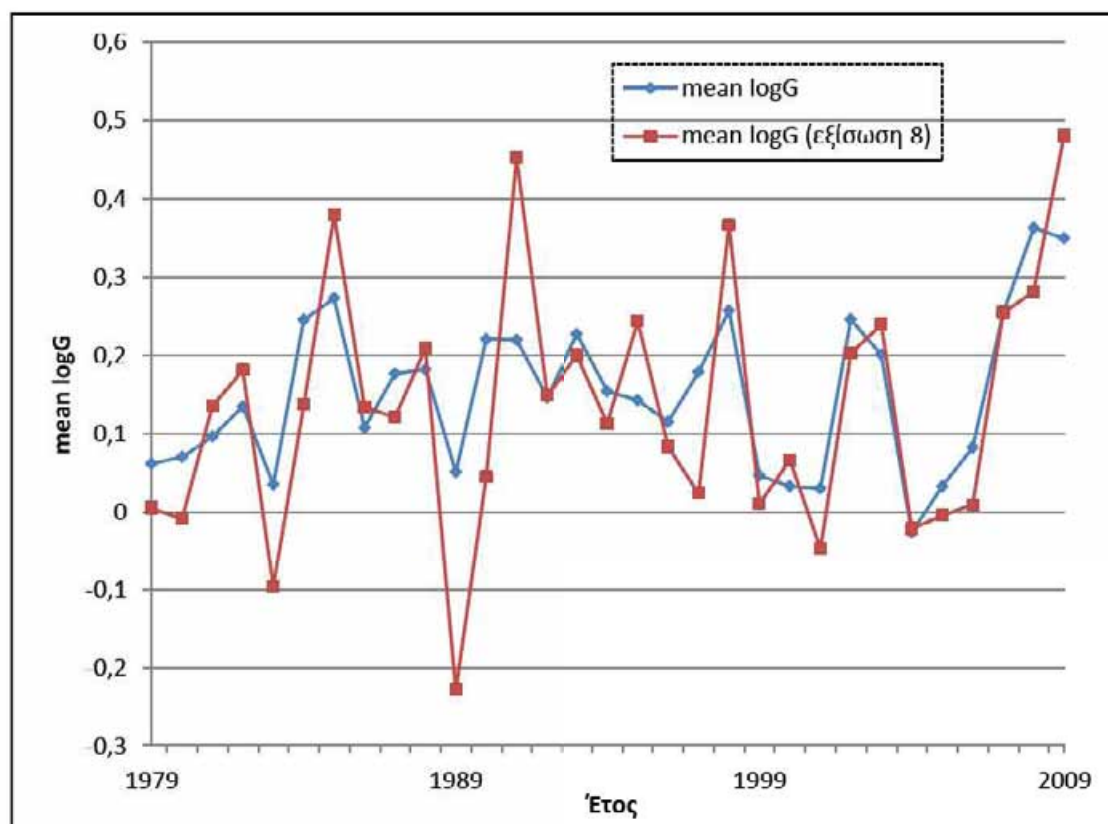
Διάγραμμα 3.19: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 3



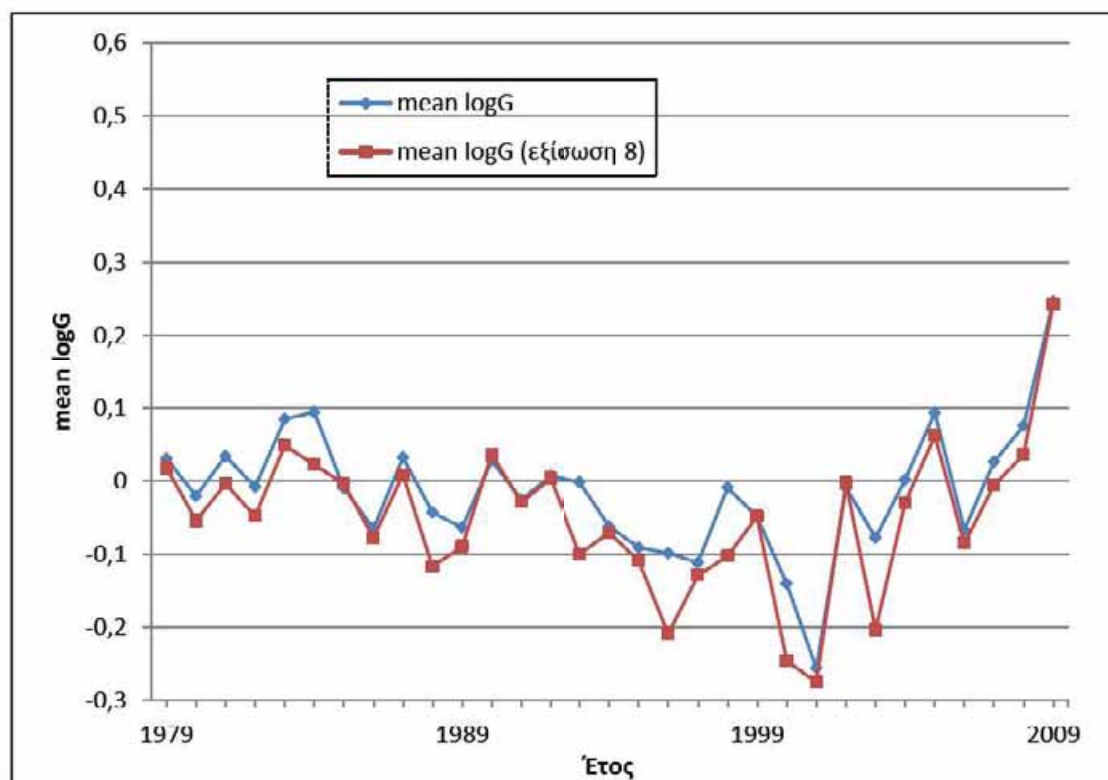
Διάγραμμα 3.20: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 4



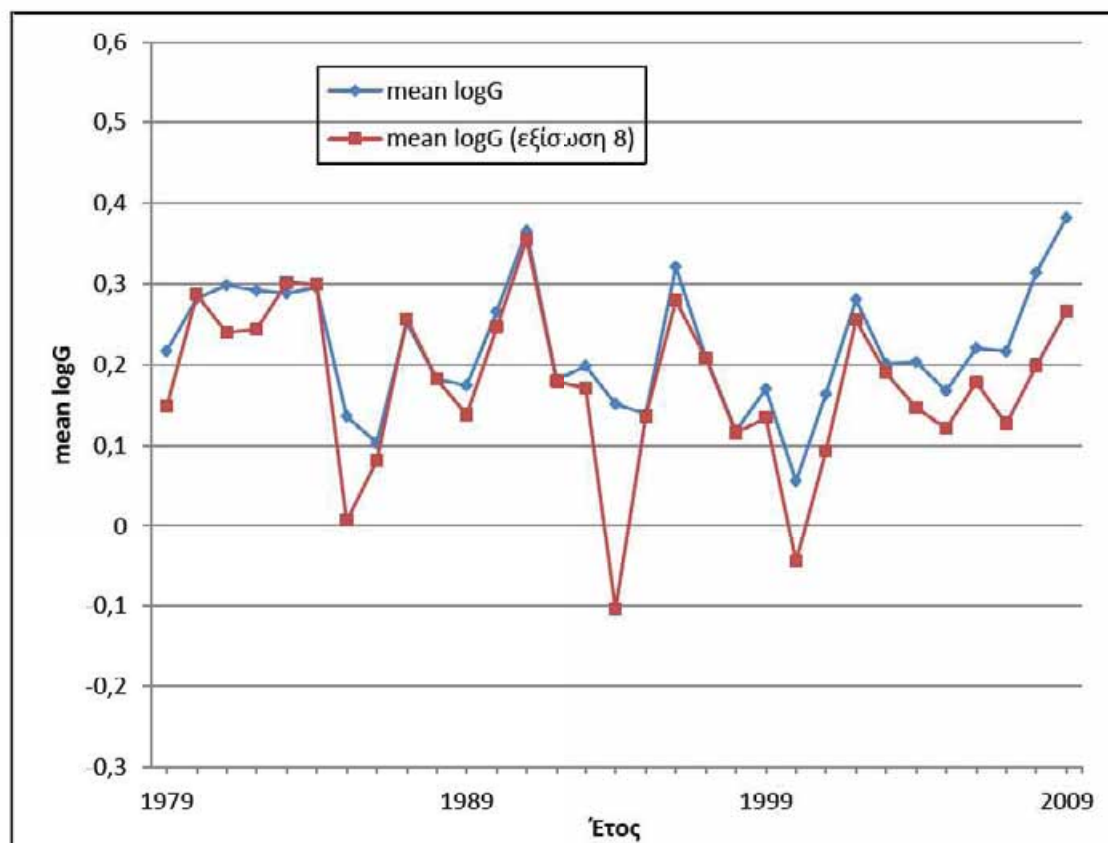
Διάγραμμα 3.21: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 5



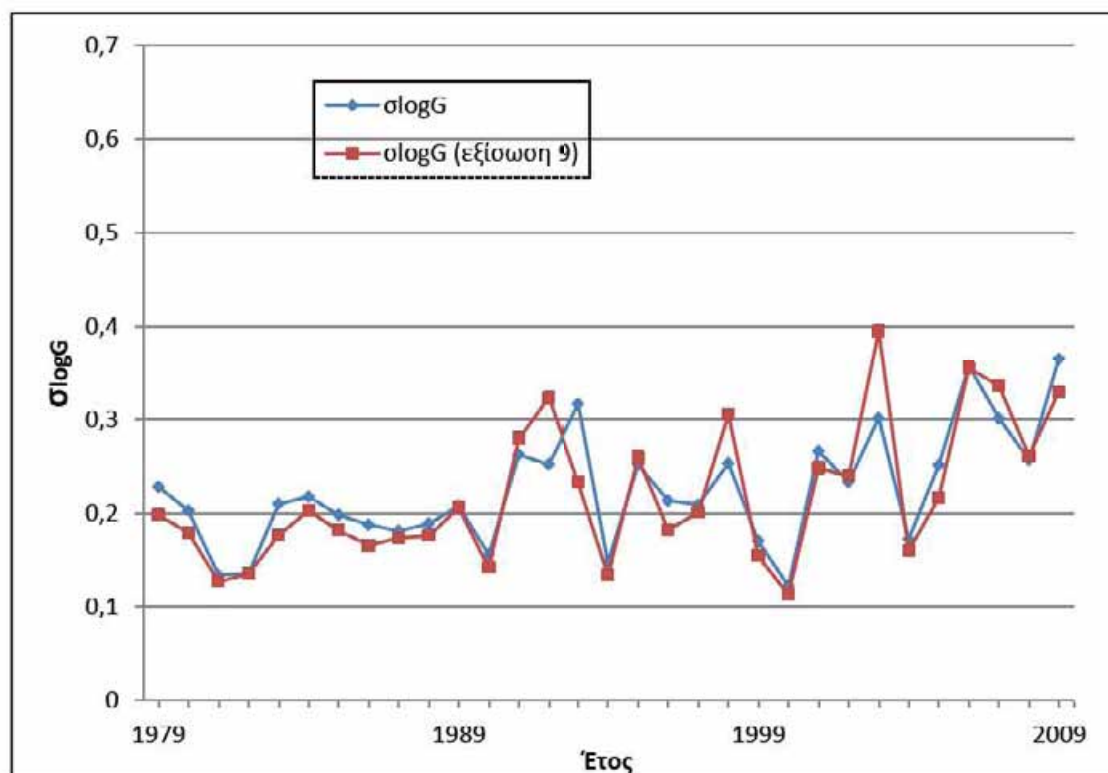
Διάγραμμα 3.22: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 6



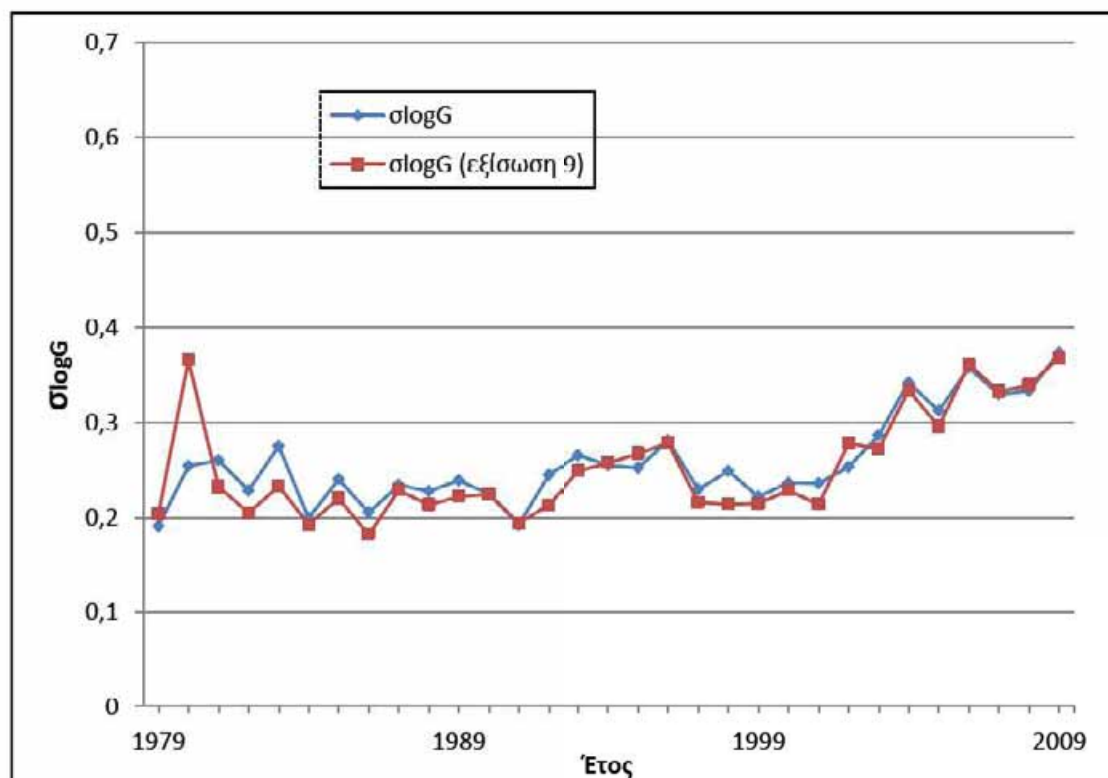
Διάγραμμα 3.23: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 7



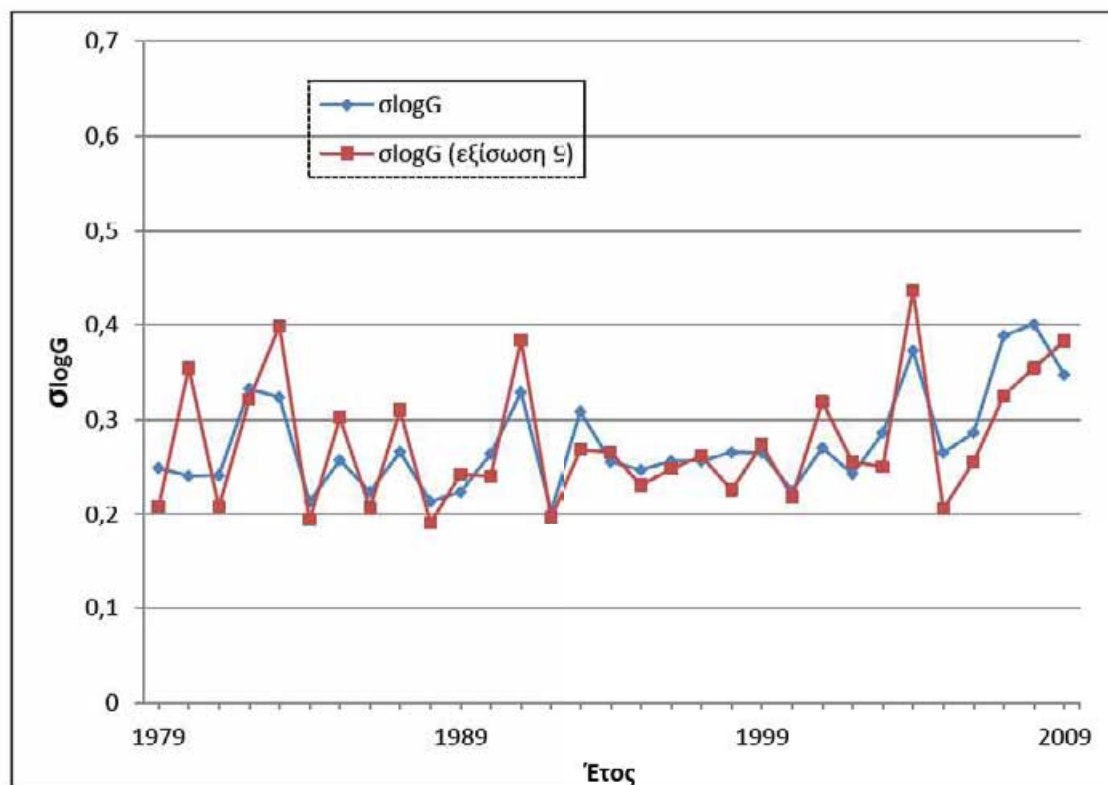
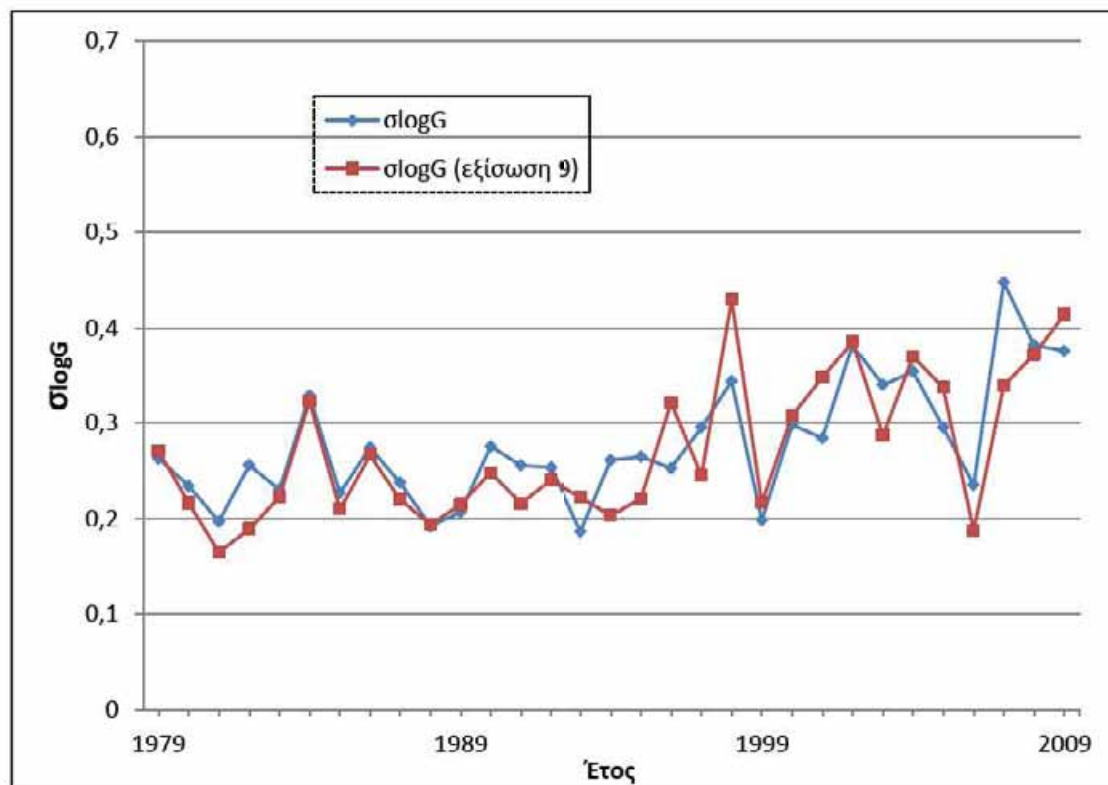
Διάγραμμα 3.24: Διάγραμμα διακύμανσης $\overline{\log G}$ για τύπο καιρού 8

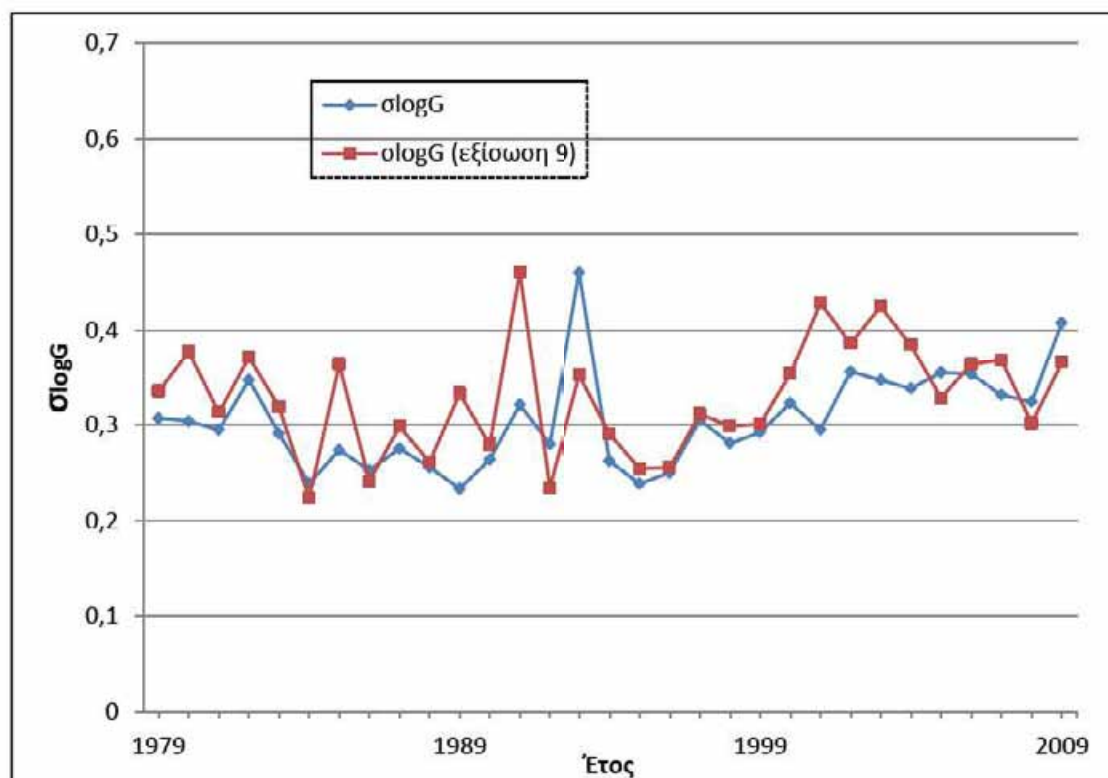


Διάγραμμα 3.25: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\log G}$ για τύπο καιρού 1

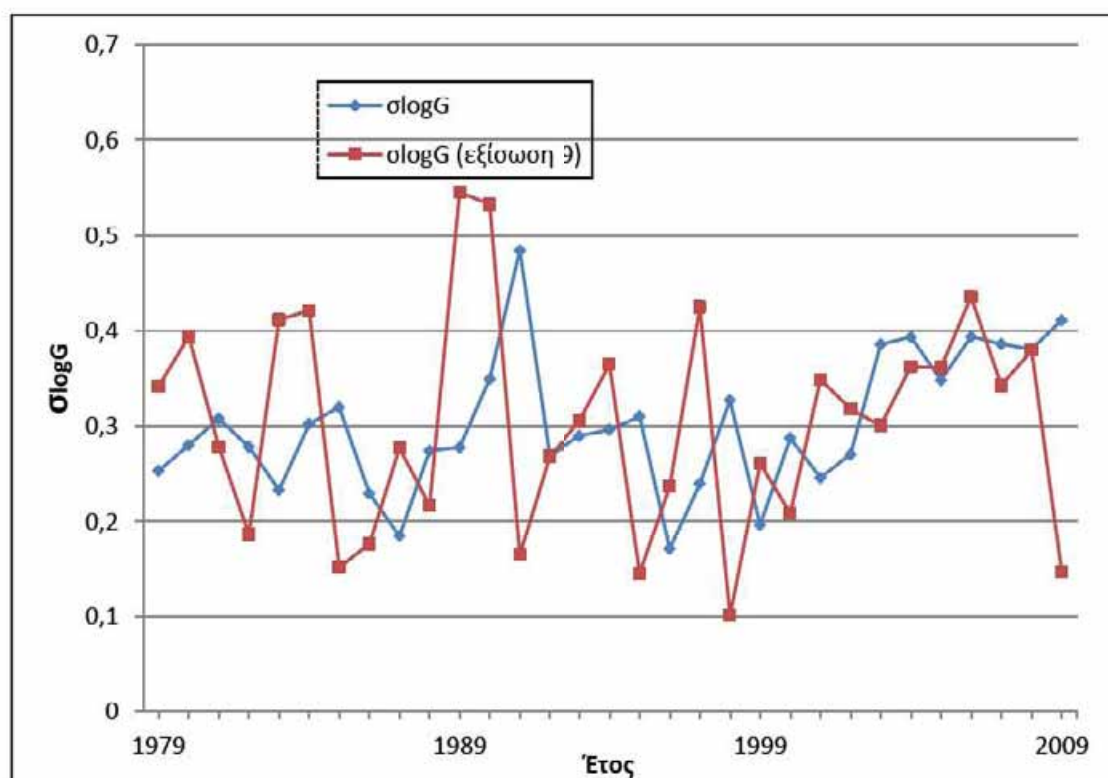


Διάγραμμα 3.26: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\log G}$ για τύπο καιρού 2

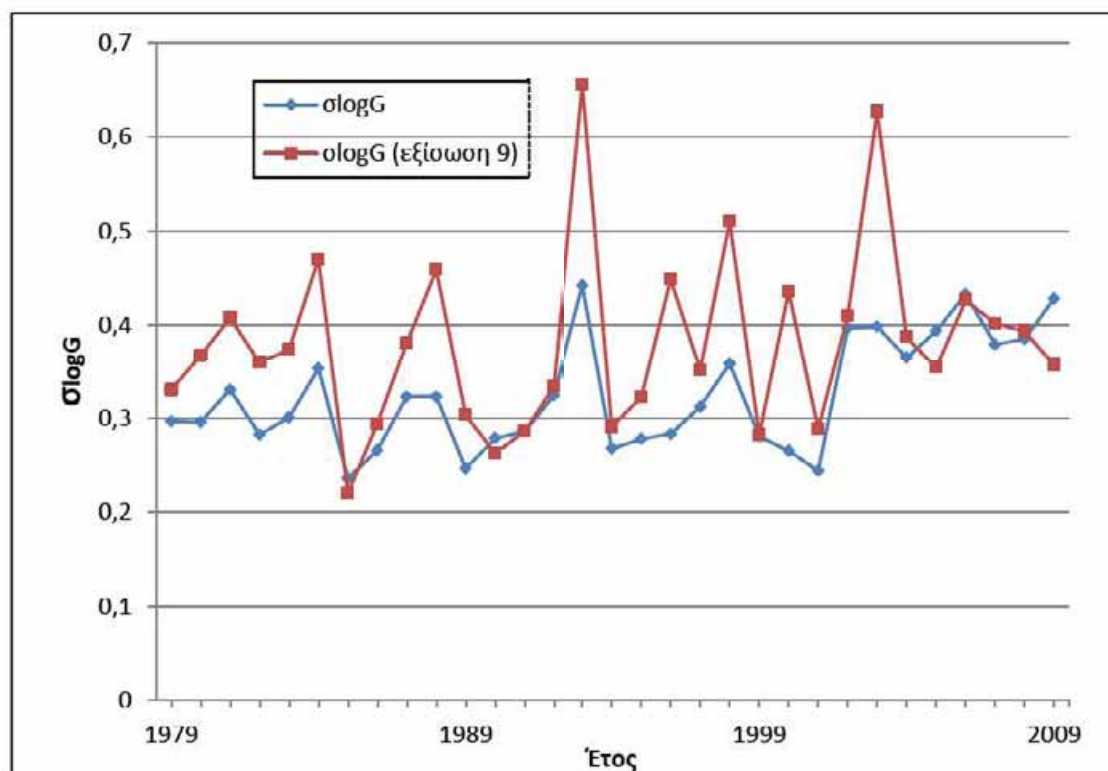




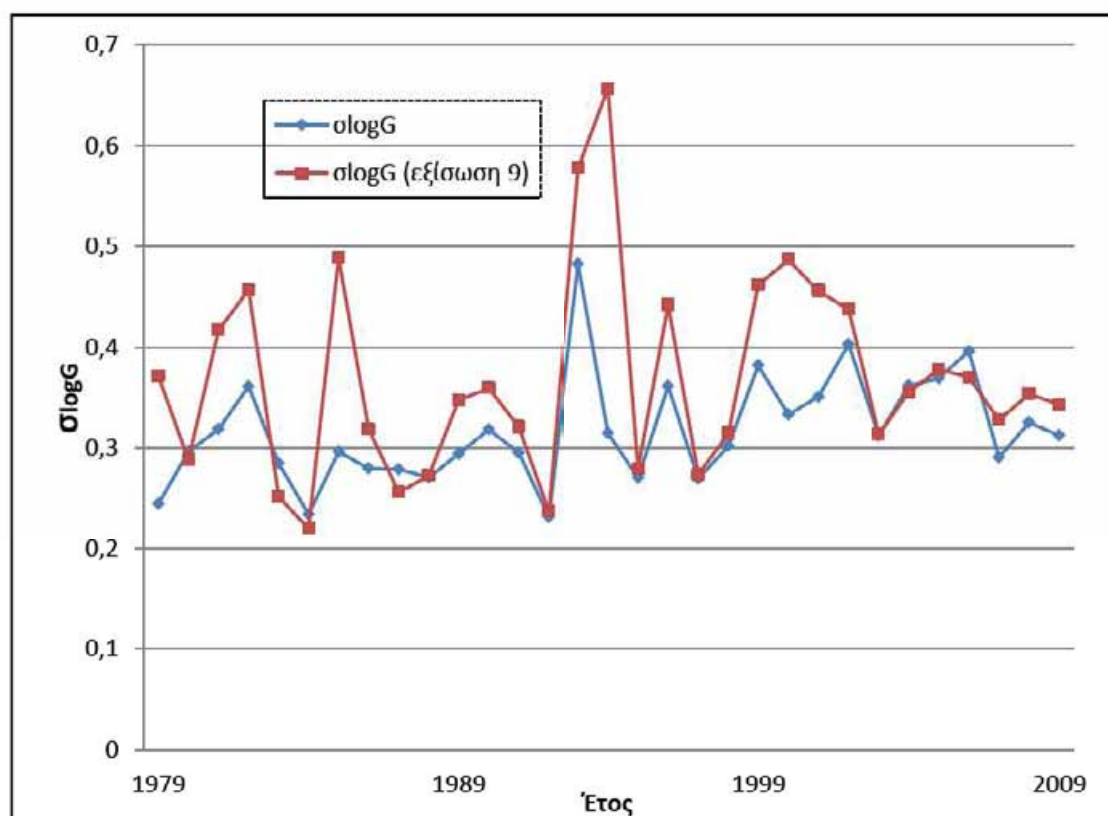
Διάγραμμα 3.29: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\log G}$ για τύπο καιρού 5



Διάγραμμα 3.30: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\log G}$ για τύπο καιρού 6



Διάγραμμα 3.31: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\log G}$ για τύπο καιρού 7



Διάγραμμα 3.32: Διάγραμμα διακύμανσης $\sigma_{\log G}$ για τύπο καιρού 8

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ο πίνακας 3.2 όπου φαίνονται τα αποτελέσματα για κάθε τύπο καιρού συνολικά, ώστε να είναι εύκολη η σύγκριση των τιμών που προέκυψαν από την κάθε μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε.

Πίνακας 3.2 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε τύπο καιρού.

Τύπος καιρού	Μέθοδος	$\ln G$	$\sigma_{\ln G}$	$\log G$	$\sigma_{\log G}$
1	Δεδομένα	0,3239171	0,6017754	0,1406754	0,2613477
1	Εξισώσεις	0,27798374	0,663698136	0,120726804	0,288239505
2	Δεδομένα	0,0563258	0,6191394	0,02446199	0,2688888
2	Εξισώσεις	0,03100529	0,659215836	0,013465426	0,286292873
3	Δεδομένα	0,2345107	0,6837367	0,10184674	0,2969431
3	Εξισώσεις	0,195463644	0,712474522	0,084888782	0,309422752
4	Δεδομένα	0,2178360	0,652357	0,09460499	0,2833152
4	Εξισώσεις	0,163741756	0,715021978	0,071112141	0,310529094
5	Δεδομένα	0,2068693	0,7214974	0,08984220	0,3133423
5	Εξισώσεις	0,139467077	0,816430637	0,060569782	0,354570173
6	Δεδομένα	0,3399452	0,7357817	0,14763635	0,3195459
6	Εξισώσεις	0,292251903	0,807761633	0,126923389	0,350805284
7	Δεδομένα	-0,0461545	0,7736009	-0,02004468	0,3359706
7	Εξισώσεις	-0,329839054	1,142874737	-0,143247281	0,496342585
8	Δεδομένα	0,495063	0,7562238	0,21500342	0,3284238
8	Εξισώσεις	0,273458905	1,03728839	0,118761693	0,450487165

3.1.1 Συμπεράσματα

Από τη μελέτη των τιμών παρατηρείται ότι είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα μεταξύ τους. Ειδικά για τους πρώτους 6 τύπους καιρού η διαφορά μεταξύ των 2 μεθόδων κυμαίνεται από 0,01 έως 0,06. Δηλαδή βρίσκονται σχεδόν παραπλήσια αποτελέσματα. Επίσης σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται ότι οι τιμές που προκύπτουν μέσω των εξισώσεων για τα $\log G$ και $\ln G$ είναι λίγο μικρότερες από τις αντίστοιχες των πειραματικών δεδομένων, ενώ αντίθετα η τυπική απόκλισή τους έχει μεγαλύτερες τιμές στη μέθοδο των εξισώσεων.

3.2 Εύρεση της πιθανότητας η ταχύτητα των ριπών να υπερβαίνει μια τιμή μέσα στην ημέρα, εάν είναι γνωστή η μέση ημερήσια ταχύτητα του ανέμου

Αρχικά από τις τιμές των $\log U$ και $\log G$ που είχαν υπολογισθεί δημιουργήθηκαν 8 διαγράμματα, ένα για κάθε τύπο καιρού. Στη συνέχεια γνωρίζοντας τη μέση ημερήσια τιμή του ανέμου και τη μέγιστη τιμή της ριπής που μας ενδιαφέρει, με τη χρήση των εξισώσεων (1), (10) και τη βοήθεια του αντίστοιχου διαγράμματος υπολογίζεται ο παράγοντας Z . Από εκεί μέσω των πινάκων της τυπικής κανονικής κατανομής, πίνακας Π.1 και πίνακας Π.2 (παραρτήματος) βρίσκεται η τιμή της πιθανότητας $F(Z)$ και τέλος με την εξίσωση (11) βρίσκεται η πιθανότητα να υπάρξει ριπή με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση από την u_g

$$Z = \frac{\log G - \overline{\log G}}{\sigma_{\log G}} \quad (10)$$

$$P(G \geq \dots) = 1 - F(Z) \quad (11)$$

Για κάθε τύπο καιρού ακολουθεί το διάγραμμα $\log G - \log U$ καθώς και δύο παραδείγματα εύρεσης της πιθανότητας $F(Z)$.

Τύπος καιρού 1

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=10\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=20\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{20}{10} - 1 = 1 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0$$

$$\text{Από το διάγραμμα 3.33 υπολογίζεται το } \overline{\log G} = -0,3261$$

$$\text{Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι } \sigma_{\log G} = 0,26135$$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0 - (-0,3261)}{0,26135} = \frac{0,3261}{0,26135} = 1,25$$

$$\text{Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι } F(Z) = 0,8944$$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρξει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 20\text{m/s}$ όταν $U=10\text{m/s}$ είναι :

$$P(G \geq 1) = 1 - 0,8944 = 0,1056 = 10,56\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=6\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=14\text{m/s}$.

Υπολογίζεται ο : $G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{14}{6} - 1 = 1,333$ άρα $\log G = 0,1248$

Από το διάγραμμα 3.33 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = -0,1683$

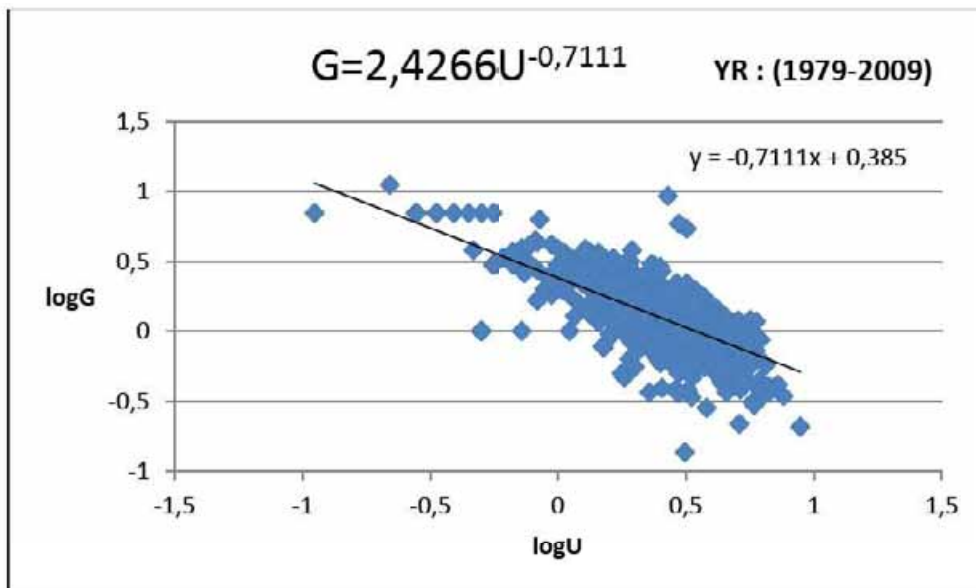
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,26135$

Άρα από την εξίσωση (10) : $Z = \frac{0,1248 - (-0,1683)}{0,26135} = \frac{0,2931}{0,26135} = 1,12$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,8686$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 14\text{m/s}$ όταν $U=6\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 1,333) = 1 - 0,8686 = 0,1314 = 13,14\%$$



Διάγραμμα 3.33: Διάγραμμα (logG-logU) για τύπο καιρού 1

Τύπος καιρού 2

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=5\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=11\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{11}{5} - 1 = 1,2 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0,0792$$

Από το διάγραμμα 3.34 υπολογίζω το $\overline{\log G} = -0,4469$

Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,2689$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0,0792 - (-0,4469)}{0,2689} = \frac{0,5261}{0,2689} = 1,96$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,975$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 11\text{m/s}$ όταν $U=5\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 1,2) = 1 - 0,975 = 0,025 = 2,5\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=3\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=8\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{8}{3} - 1 = 1,667 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0,2219$$

Από το διάγραμμα 3.34 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = 0,0026$

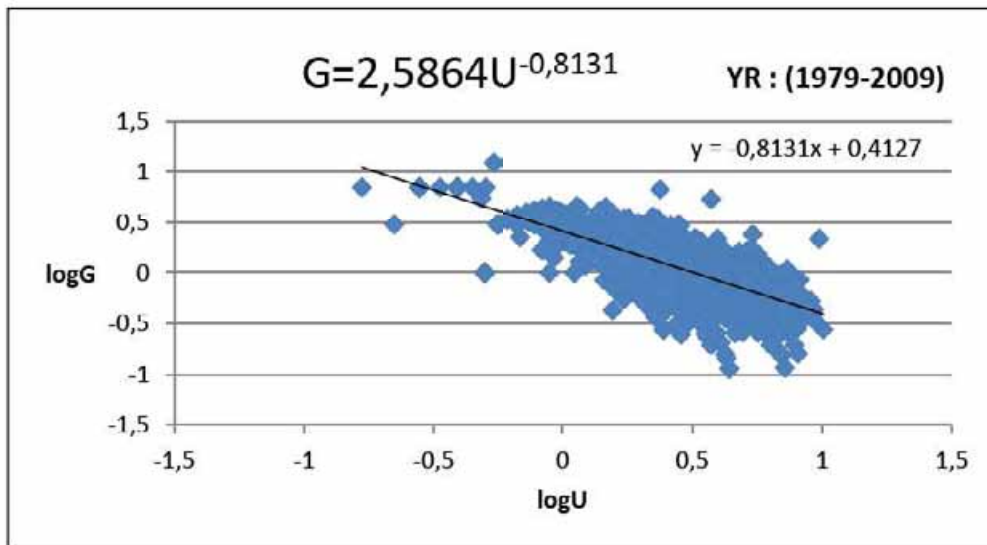
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,2689$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0,2219 - 0,0026}{0,2689} = \frac{0,2193}{0,2689} = 0,82$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,7939$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 8\text{m/s}$ όταν $U=3\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 1,667) = 1 - 0,7939 = 0,2061 = 20,61\%$$



Διάγραμμα 3.34: Διάγραμμα (logG-logU) για τύπο καιρού 2

Τύπος καιρού 3

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=3\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=9\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{9}{3} - 1 = 2 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0,301$$

Από το διάγραμμα 3.35 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = 0,0166$

Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,2969$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0,301 - 0,0166}{0,2969} = \frac{0,2844}{0,2969} = 0,96$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,8315$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 9\text{m/s}$ όταν $U=3\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 2) = 1 - 0,8315 = 0,1685 = 16,85\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=3\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=5\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{5}{3} - 1 = 0,667 \quad \text{άρα} \quad \log G = -0,1759$$

Από το διάγραμμα 3.35 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = 0,0166$

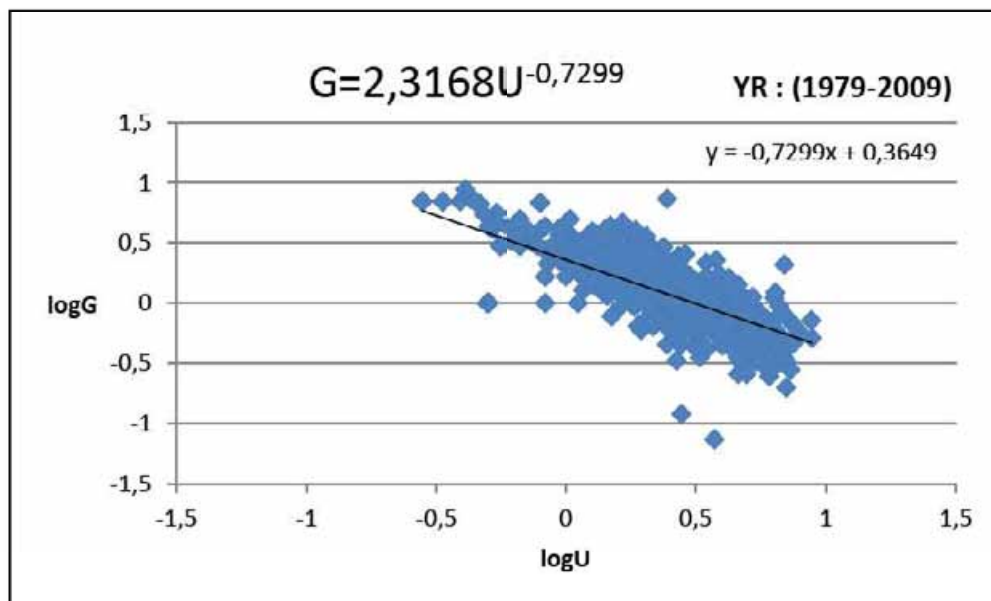
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,2969$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{-0,1759 - 0,0166}{0,2969} = \frac{-0,1925}{0,2969} = -0,65$$

Από τον πίνακα Π.1 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,2579$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 5\text{m/s}$ όταν $U=3\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 0,667) = 1 - 0,2579 = 0,7421 = 74,21\%$$



Διάγραμμα 3.35: Διάγραμμα (logG-logU) για τύπο καιρού 3

Τύπος καιρού 4

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=8\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=16\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{16}{8} - 1 = 1 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0$$

Από το διάγραμμα 3.36 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = -0,2653$

Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,2833$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{\overline{\log G} - (-0,2653)}{0,2833} = \frac{0,2653}{0,2833} = 0,94$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,8264$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 16\text{m/s}$ όταν $U=8\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 1) = 1 - 0,8264 = 0,1736 = 17,36\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=6\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να ξεπεράσει την τιμή $u_g=9\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{9}{6} - 1 = 0,5 \quad \text{άρα} \quad \log G = -0,301$$

Από το διάγραμμα 3.36 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = -0,178$

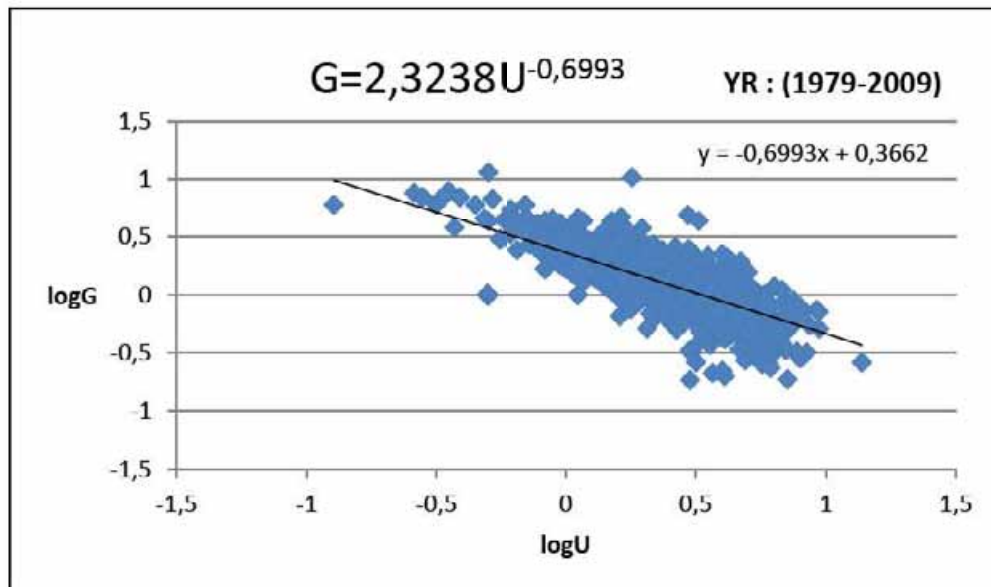
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,2833$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{\overline{\log G} - (-0,178)}{0,2833} = \frac{-0,123}{0,2833} = -0,43$$

Από τον πίνακα Π.1 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,3336$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 9\text{m/s}$ όταν $U=6\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 0,5) = 1 - 0,3336 = 0,6664 = 66,64\%$$



Διάγραμμα 3.36: Διάγραμμα (logG-logU) για τύπο καιρού 4

Τύπος καιρού 5

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=2\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=10\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{10}{2} - 1 = 4 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0,602$$

Από το διάγραμμα 3.37 υπολογίζεται το $\log \bar{G} = 0,1656$

Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,3133$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0,602 - 0,1656}{0,3133} = \frac{0,4364}{0,3133} = 1,39$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,9177$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 10\text{m/s}$ όταν $U=2\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 4) = 1 - 0,9177 = 0,0823 = 8,23\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=2\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=6\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{6}{2} - 1 = 2 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0,301$$

Από το διάγραμμα 3.37 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = 0,1656$

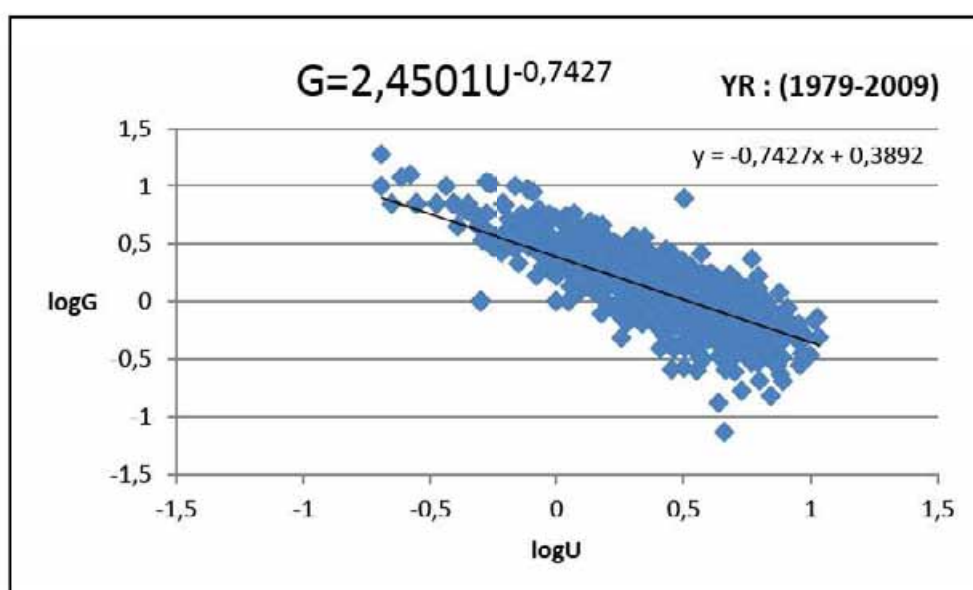
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,3133$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0,301 - 0,1656}{0,3133} = \frac{0,1354}{0,3133} = 0,43$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,6664$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 6\text{m/s}$ όταν $U=2\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 2) = 1 - 0,6664 = 0,3336 = 33,36\%$$



Διάγραμμα 3.37: Διάγραμμα ($\log G - \log U$) για τύπο καιρού 5

Τύπος καιρού 6

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=1\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=8\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{8}{1} - 1 = 7 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0,8451$$

Από το διάγραμμα 3.38 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = 0,4169$

Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,3195$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0,8451 - 0,4169}{0,3195} = \frac{0,4282}{0,3195} = 1,34$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,9099$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 8\text{m/s}$ όταν $U=1\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 7) = 1 - 0,9099 = 0,0901 = 9,01\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=6\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=9\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{9}{6} - 1 = 0,5 \quad \text{άρα} \quad \log G = -0,301$$

Από το διάγραμμα 3.38 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = -0,144$

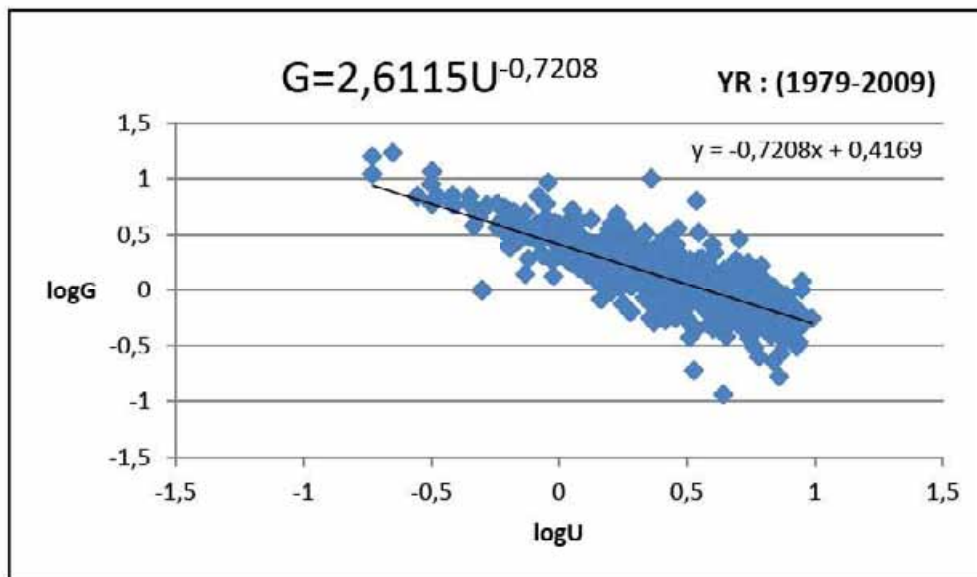
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,3195$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{-0,301 - (-0,144)}{0,3195} = \frac{-0,157}{0,3195} = -0,49$$

Από τον πίνακα Π.1 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,3121$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 9\text{m/s}$ όταν $U=6\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 0,5) = 1 - 0,3121 = 0,6879 = 68,79\%$$



Διάγραμμα 3.38: Διάγραμμα (logG-logU) για τύπο καιρού 6

Τύπος καιρού 7

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=6\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=12\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{12}{6} - 1 = 1 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0$$

Από το διάγραμμα 3.39 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = -0,2529$

Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,336$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0 - (-0,2529)}{0,336} = \frac{0,2529}{0,336} = 0,75$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,7734$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 12\text{m/s}$ όταν $U=6\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 1) = 1 - 0,7734 = 0,2266 = 22,66\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=10\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=12\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{12}{10} - 1 = 0,2 \quad \text{άρα} \quad \log G = -0,699$$

Από το διάγραμμα 3.39 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = -0,4243$

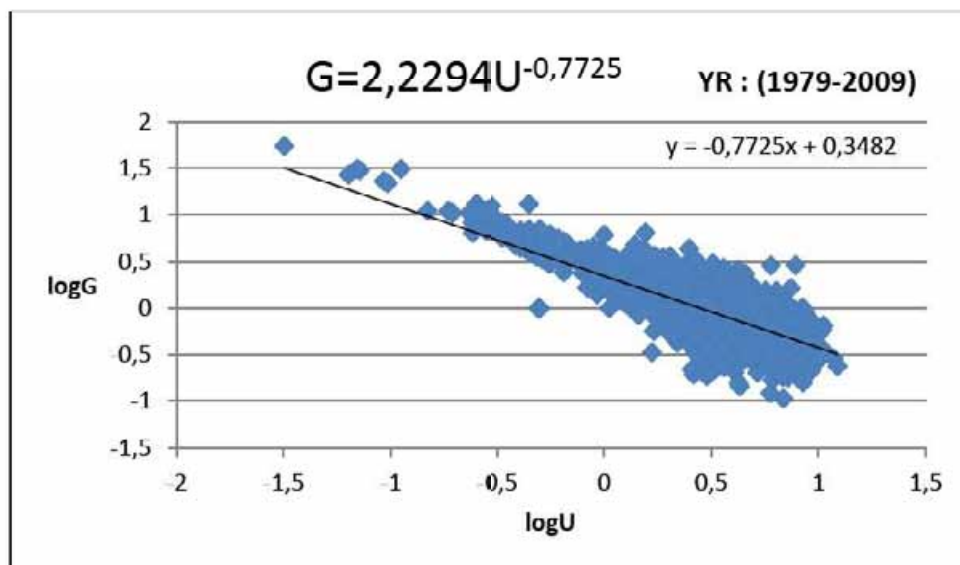
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,336$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{-0,699 - (-0,4243)}{0,336} = \frac{-0,2747}{0,336} = -0,82$$

Από τον πίνακα Π.1 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,2061$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 12\text{m/s}$ όταν $U=10\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 0,2) = 1 - 0,2061 = 0,7939 = 79,39\%$$



Διάγραμμα 3.39: Διάγραμμα ($\log G - \log U$) για τύπο καιρού 7

Τύπος καιρού 8

Παράδειγμα 1: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=10\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=16\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται ο : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{16}{10} - 1 = 0,6 \quad \text{άρα} \quad \log G = -0,2218$$

Από το διάγραμμα 3.40 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = -0,3357$

Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,3284$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{-0,2218 - (-0,3357)}{0,3284} = \frac{0,1139}{0,3284} = 0,35$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,6368$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 16\text{m/s}$ όταν $U=10\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 0,6) = 1 - 0,6358 = 0,3632 = 36,32\%$$

Παράδειγμα 2: Έστω ότι η μέση τιμή της ημερήσιας ταχύτητας είναι $U=3\text{m/s}$ και ζητείται η πιθανότητα η ταχύτητα μιας ριπής να είναι μεγαλύτερη από την τιμή $u_g=12\text{m/s}$.

$$\text{Υπολογίζεται το : } G = \frac{u_g}{U} - 1 = \frac{12}{3} - 1 = 3 \quad \text{άρα} \quad \log G = 0,4771$$

Από το διάγραμμα 3.40 υπολογίζεται το $\overline{\log G} = 0,0425$

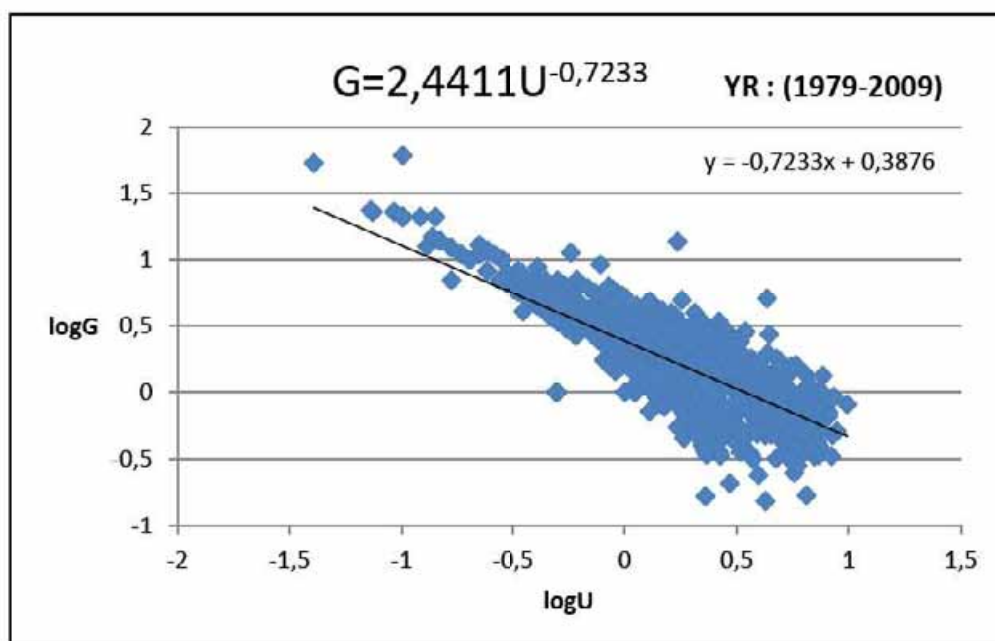
Από τον πίνακα 3.2 για το συνολικό διάστημα είναι $\sigma_{\log G} = 0,3284$

$$\text{Άρα από την εξίσωση (10) : } Z = \frac{0,4771 - 0,0425}{0,3284} = \frac{0,4346}{0,3284} = 1,32$$

Από τον πίνακα Π.2 βρίσκεται ότι $F(Z) = 0,9066$

Οπότε η πιθανότητα να υπάρχει ριπή με ταχύτητα $u_g \geq 12\text{m/s}$ όταν $U=3\text{m/s}$ είναι:

$$P(G \geq 3) = 1 - 0,9066 = 0,0934 = 9,34\%$$



Διάγραμμα 3.40: Διάγραμμα ($\log G - \log U$) για τύπο καιρού 8

3.2.1 Συμπεράσματα

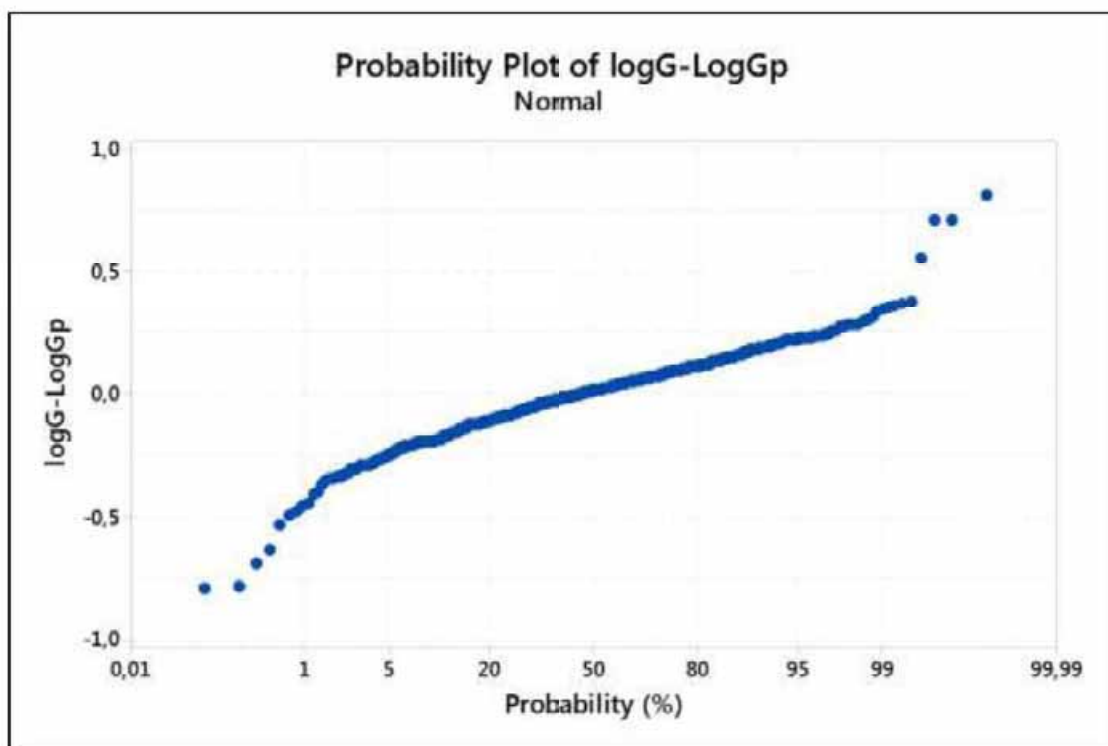
Μέσω των παραδειγμάτων αυτών αποδείχθηκε ότι μπορεί να υπολογισθεί η πιθανότητα να υπάρξει ριπή αέρα με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση από κάποια τιμή, κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, αρκεί να είναι γνωστή η μέση ημερήσια ταχύτητα του U και η τυπική απόκλιση του λογάριθμου του συντελεστή ριπής $\sigma_{\log G}$. Οι τιμές, όμως, της μέσης ταχύτητας και της τυπικής απόκλισης, μπορούν να υπολογισθούν, αν υπάρχει αρχείο που αναγράφονται οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου για κάποιο χρονικό διάστημα στην εκάστοτε περιοχή. Από το αρχείο αυτό υπολογίζεται η μέση ημερήσια ταχύτητα του ανέμου U και ο λογάριθμος της $\log U$ και στη συνέχεια από την εξίσωση (1) προκύπτει ο συντελεστής ριπής G άρα και ο λογάριθμός του $\log G$. Από τις τιμές του λογάριθμου $\log G$ υπολογίζεται η τυπική του απόκλιση $\sigma_{\log G}$ και από το διάγραμμα $\log G - \log U$ προκύπτει η μέση τιμή του λογαρίθμου $\overline{\log G}$. Τέλος, με αντικατάσταση των τιμών στην εξίσωση (10) και τη βοήθεια των πινάκων του παραρτήματος, υπολογίζεται η πιθανότητα μέσω της εξίσωσης (11). Άρα για την εύρεση της πιθανότητας αρκούν μόνο οι μετρήσεις των ταχυτήτων του ανέμου, εφόσον υπάρχει ένα μεγάλο δείγμα δεδομένων.

3.3 Διάγραμμα απλής πιθανότητας ($\log G_{\text{actual}} - \log G_{\text{pred}}$)

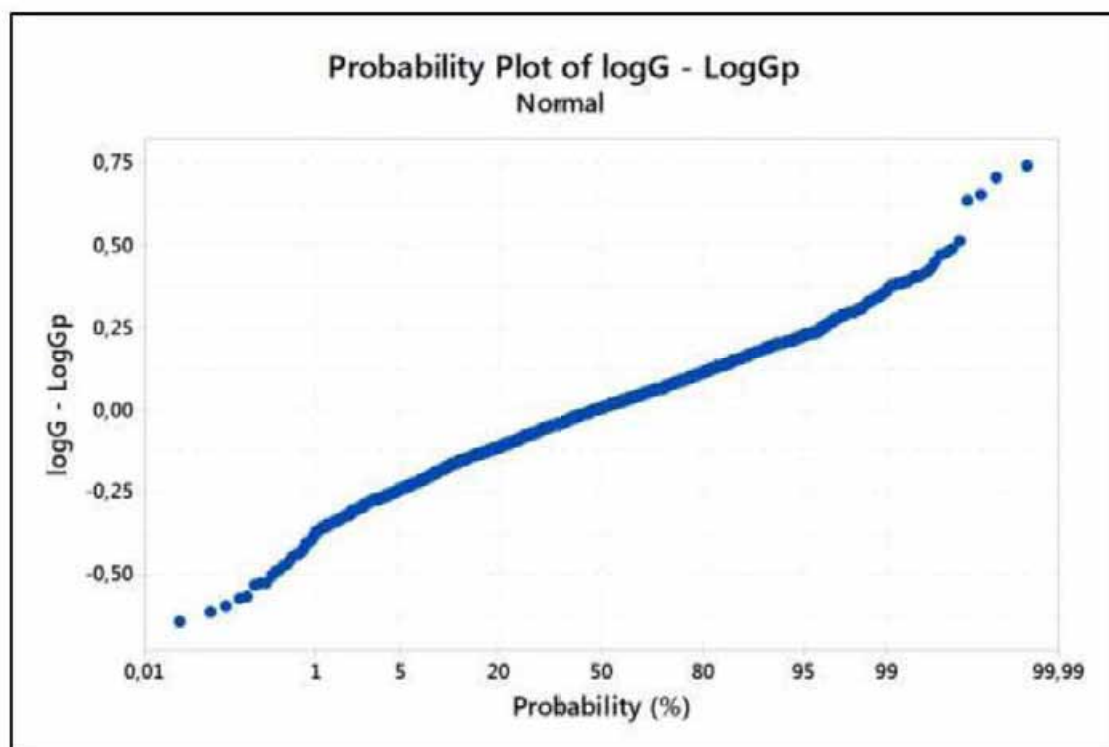
Για να κατασκευασθεί το διάγραμμα απλής πιθανότητας έπρεπε πρώτα να υπολογιστεί ο προβλεπόμενος συντελεστής ριπής $G_{\text{predicted}}$ και στη συνέχεια να γίνει η λογαριθμική μετατροπή του.

Ο υπολογισμός του $G_{\text{predicted}}$ έγινε με τη χρήση της εξίσωσης (2) και την αντικατάσταση των n , A με τις τιμές τους, για κάθε ημέρα ξεχωριστά.

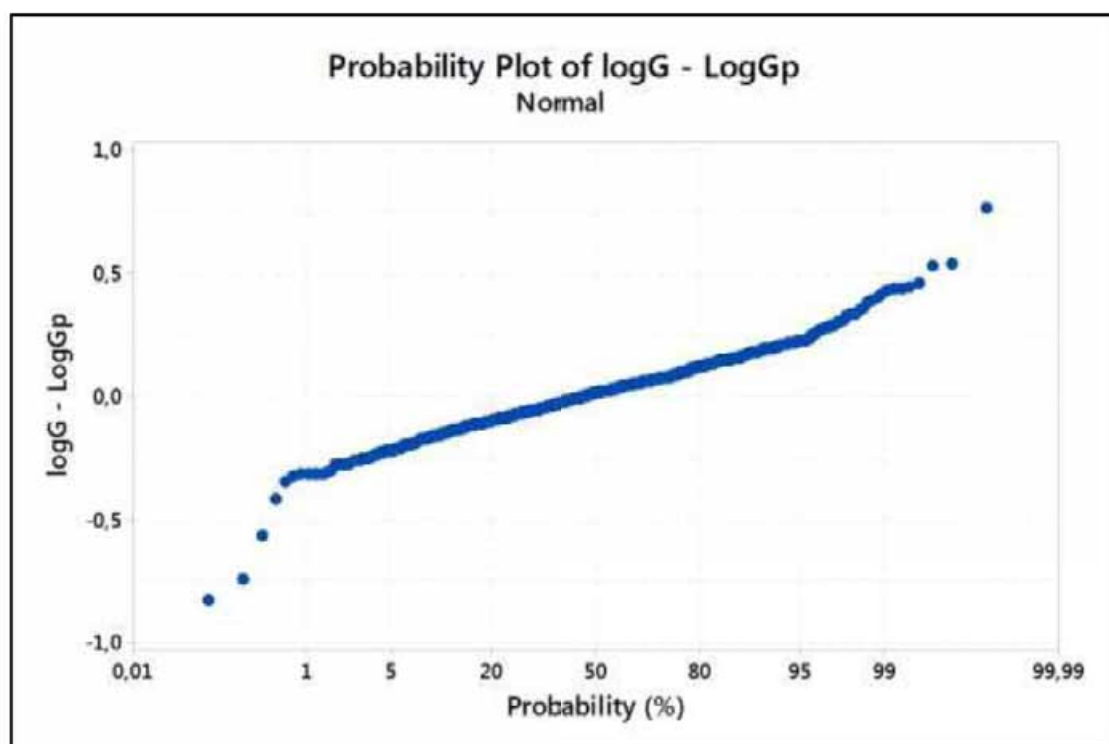
Μέσω αυτής της διαδικασίας δημιουργήθηκαν 8 διαγράμματα πιθανοτήτων (διάγραμμα 3.41 – διάγραμμα 3.48), ένα για κάθε τύπο καιρού.



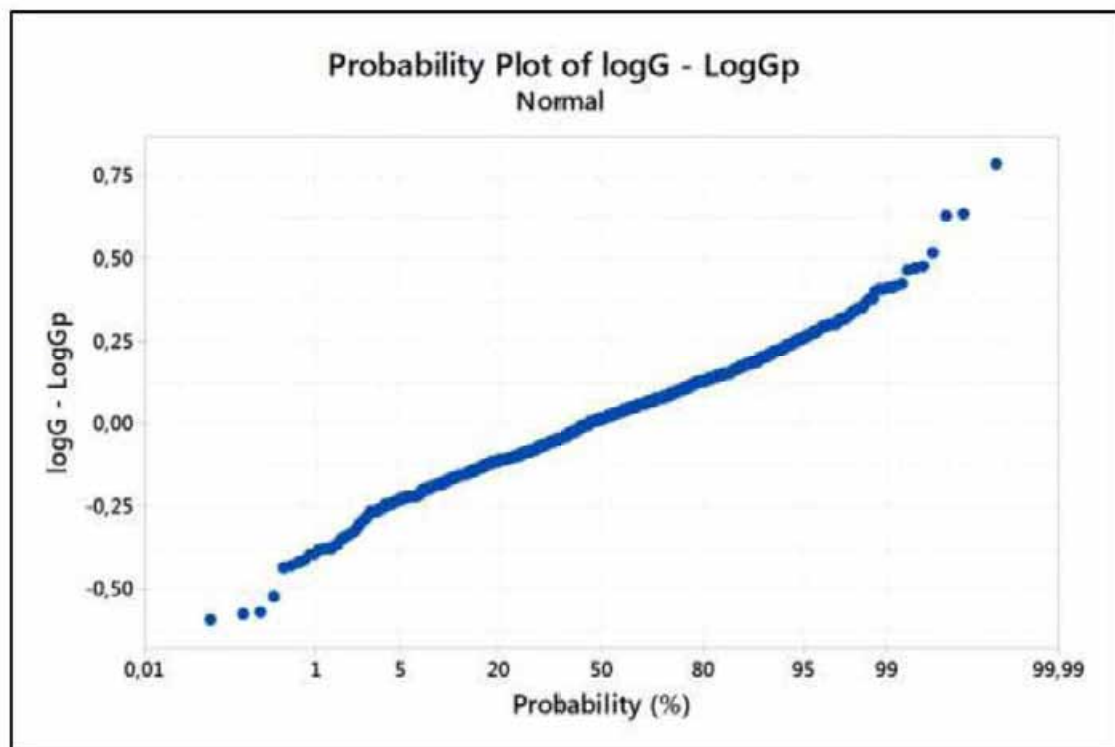
Διάγραμμα 3.41: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 1



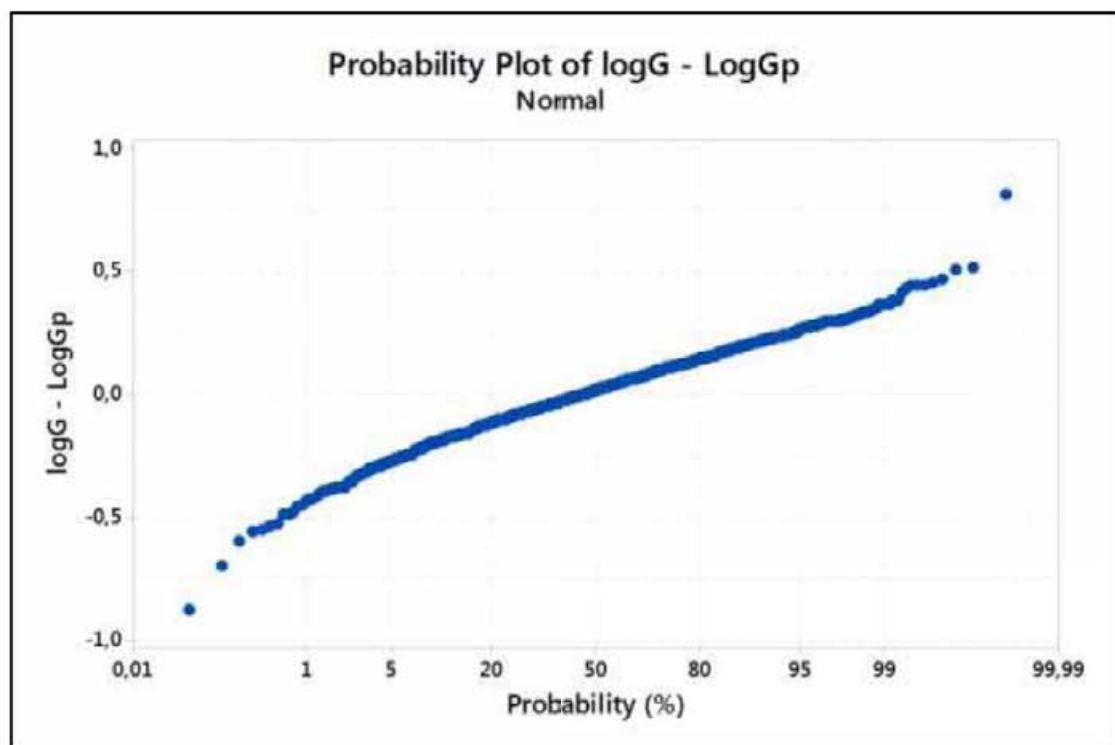
Διάγραμμα 3.42: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 2



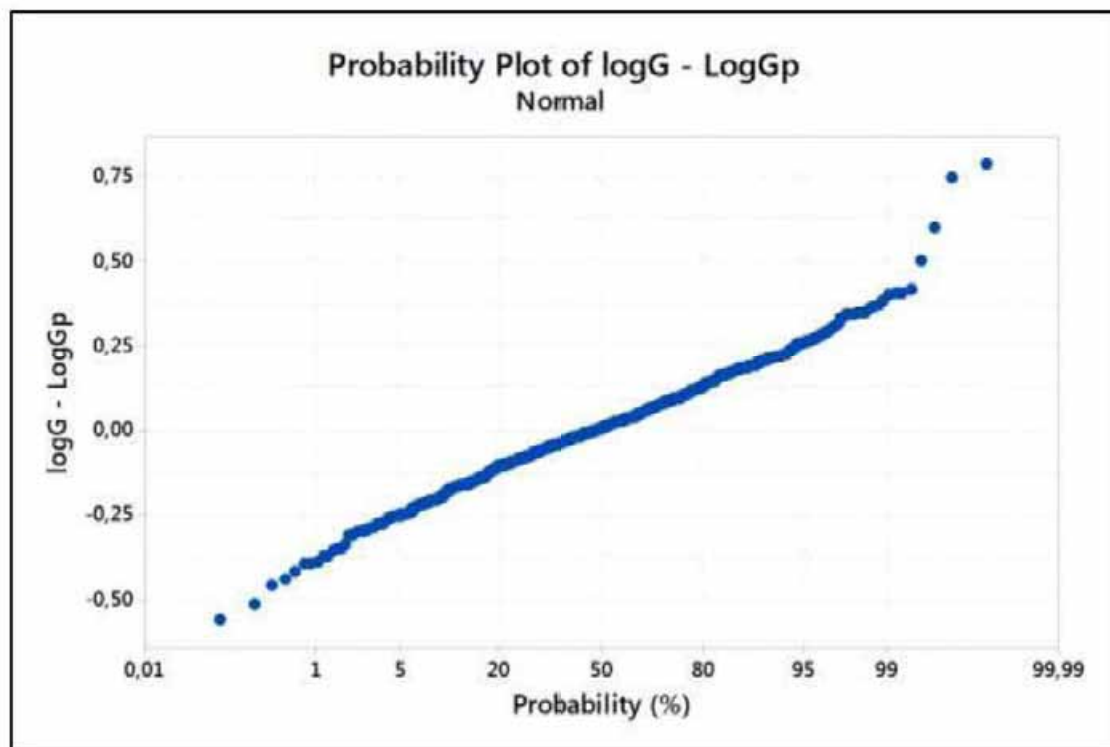
Διάγραμμα 3.43: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 3



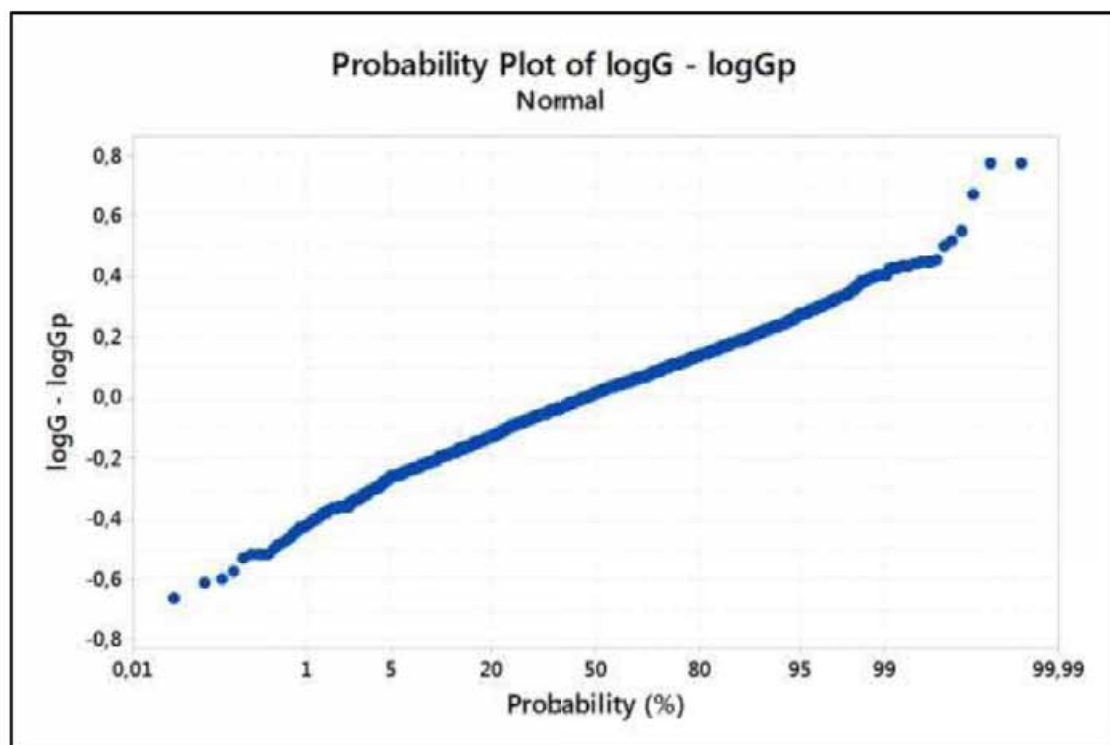
Διάγραμμα 3.44: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 4



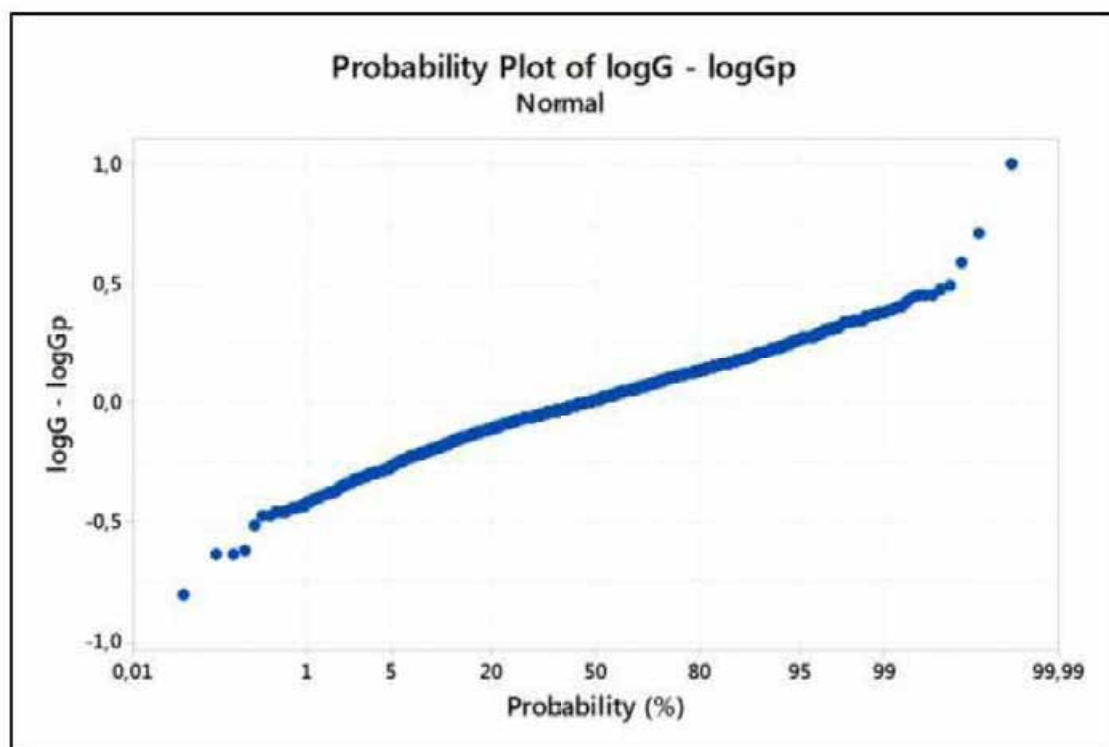
Διάγραμμα 3.45: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 5



Διάγραμμα 3.46: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 6



Διάγραμμα 3.47: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 7



Διάγραμμα 3.48: Διάγραμμα απλής πιθανότητας για τύπο καιρού 8

3.3.1 Συμπεράσματα

Από τη μελέτη των διαγραμμάτων παρατηρείται ότι όλα σχεδόν τα σημεία βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία, άρα συμπεραίνεται ότι τα δεδομένα είναι κανονικά κατανομημένα. Τα δεδομένα που βρίσκονται στο κάτω άκρο του κάθε διαγράμματος, και δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, είναι ασήμαντα διότι αναφέρονται σε μικρές τιμές ριπών που είναι σχεδόν ίσες με τη μέση ταχύτητα του ανέμου. Ενώ τα δεδομένα που βρίσκονται στο πάνω άκρο, και δεν ακολουθούν την κατανομή, είναι ελάχιστα, μόλις 3 με 4 σε κάθε περίπτωση σε σχέση με το δείγμα, μεταξύ 800 και 2500 τιμών. Οπότε η λογαριθμική κατανομή φαίνεται να παρέχει ένα ικανοποιητικό μοντέλο για το συντελεστή ριπής G και επομένως συμπεραίνεται ότι το $\log G$ είναι κανονικά κατανοημένο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Γενικά συμπεράσματα

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε με στόχο τη μελέτη των ριπών του ανέμου, αποκλειστικά για την περιοχή του Ελληνικού, για το χρονικό διάστημα 1979-2009. Για το ίδιο διάστημα χρησιμοποιήθηκε κατηγοριοποίηση της συνοπτικής κατάστασης της ατμόσφαιρας για τον Ελλαδικό χώρο, ώστε να πραγματοποιηθεί συσχέτιση των ριπών του ανέμου με τις συνοπτικές καταστάσεις. Για το διάστημα αυτό βρέθηκε ο συντελεστής ριπής G , υπολογίστηκαν στατιστικές παράμετροι, δημιουργήθηκαν διαγράμματα πιθανοτήτων και διαγράμματα διακύμανσης και υπολογίστηκε η πιθανότητα να υπάρξει ρ.πλή ανέμου με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση κάποιας δοθείσας τιμής, κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, εφόσον είναι γνωστή η μέση ημερήσια ταχύτητα του ανέμου και όλα αυτά πάντοτε εκπεφρασμένα ανά τύπο καιρού. Τα συμπεράσματα είναι τα εξής:

- a) Ο υπολογισμός των στατιστικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκε με δύο τρόπους, με χρήση μόνο των δεδομένων και με χρήση εξισώσεων. Από τη μελέτη των συνολικών τιμών των στατιστικών παραμέτρων και με τους δυο τρόπους (πίνακας 3.2), για κάθε τύπο καιρού, παρατηρείται ότι είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα μεταξύ τους. Ειδικά για τους πρώτους 6 τύπους καιρού η διαφορά μεταξύ των 2 μεθόδων, για κάθε στατιστική παράμετρο, κυμαίνεται από 0,01 έως 0,06. Δηλαδή βρίσκονται σχεδόν παραπλήσια αποτελέσματα.
- b) Από τη μελέτη των διαγραμμάτων διακύμανσης, σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται ότι οι τιμές που προκύπτουν μέσω των εξισώσεων για τα $\log G$ και $\ln G$ είναι λίγο μικρότερες από τις αντίστοιχες των πειραματικών δεδομένων, ενώ αντίθετα η τυπική απόκλισή τους έχει μεγαλύτερες τιμές στη μέθοδο των εξισώσεων. Επίσης στους 5 πρώτους τύπους καιρού, που αναφέρονται σε ασθενείς έως μέτριας έντασης ανέμους και σταθερής διεύθυνσης, τα αποτελέσματα είναι παραπλήσια, ενώ στους υπόλοιπους 3 τύπους καιρού, που είτε έχουν μέτριας έως υψηλής έντασης ανέμους είτε

ανέμους μεταβαλλόμενης διεύθυνσης, τα αποτελέσματα αποκλίνουν περισσότερο.

- c) Μέσω των παραδειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν αποδείχθηκε ότι μπορεί να υπολογισθεί η πιθανότητα να υπάρξει ριπή αέρα με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση από κάποια τιμή, κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, αρκεί να είναι γνωστή η μέση ημερήσια ταχύτητά του U και η τυπική απόκλιση του λογάριθμου του συντελεστή ριπής $\sigma_{\log G}$. Οι τιμές αυτές υπολογίζονται, αν υπάρχει αρχείο που αναγράφονται οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου για κάποιο χρονικό διάστημα στην εκάστοτε περιοχή. Άρα για την εύρεση της πιθανότητας αρκούν μόνο οι μετρήσεις των ταχυτήτων του ανέμου, εφόσον υπάρχει ένα μεγάλο δείγμα δεδομένων.
- d) Από τη μελέτη των διαγραμμάτων απλής πιθανότητας παρατηρείται ότι όλα σχεδόν τα σημεία βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία, άρα συμπεραίνεται ότι τα δεδομένα είναι κανονικά κατανεμημένα. Τα δεδομένα στο κάτω άκρο του κάθε διαγράμματος, που δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, είναι ασήμαντα διότι αναφέρονται σε μικρές τιμές ριπών που είναι σχεδόν ίσες με τη μέση ταχύτητα του ανέμου. Ενώ τα δεδομένα που βρίσκονται στο πάνω άκρο, και δεν ακολουθούν την κατανομή, είναι ελάχιστα, μόλις 3 με 4 σε κάθε περίπτωση σε σχέση με το δείγμα, μεταξύ 800 και 2500 τιμών. Οπότε η λογαριθμική κατανομή φαίνεται να παρέχει ένα ικανοποιητικό μοντέλο για το συντελεστή ριπής G και επομένως συμπεραίνεται ότι το $\log G$ είναι κανονικά κατανεμημένο. Επίσης στους τύπους καιρού 2, 3, 4 και 7, που αναφέρονται σε βόρειους ανέμους, τα δεδομένα έχουν την καλύτερη κατανομή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Π.1: Πίνακας τιμών F(Z) για Z<0

STANDARD NORMAL DISTRIBUTION: Table Values Represent AREA to the LEFT of the Z score.										
Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.9	.00005	.00005	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00003	.00003
-3.8	.00007	.00007	.00007	.00006	.00006	.00006	.00006	.00005	.00005	.00005
-3.7	.00011	.00010	.00010	.00010	.00009	.00009	.00008	.00008	.00008	.00008
-3.6	.00016	.00015	.00015	.00014	.00014	.00013	.00013	.00012	.00012	.00011
-3.5	.00023	.00022	.00022	.00021	.00020	.00019	.00019	.00018	.00017	.00017
-3.4	.00034	.00032	.00031	.00030	.00029	.00028	.00027	.00026	.00025	.00024
-3.3	.00048	.00047	.00045	.00043	.00042	.00040	.00039	.00038	.00036	.00035
-3.2	.00069	.00066	.00064	.00062	.00060	.00058	.00056	.00054	.00052	.00050
-3.1	.00097	.00094	.00090	.00087	.00084	.00082	.00079	.00076	.00074	.00071
-3.0	.00135	.00131	.00126	.00122	.00118	.00114	.00111	.00107	.00104	.00100
-2.9	.00187	.00181	.00175	.00169	.00164	.00159	.00154	.00149	.00144	.00139
-2.8	.00256	.00248	.00240	.00233	.00226	.00219	.00212	.00205	.00199	.00193
-2.7	.00347	.00336	.00326	.00317	.00307	.00298	.00289	.00280	.00272	.00264
-2.6	.00466	.00453	.00440	.00427	.00415	.00402	.00391	.00379	.00368	.00357
-2.5	.00621	.00604	.00587	.00570	.00554	.00539	.00523	.00508	.00494	.00480
-2.4	.00820	.00798	.00776	.00755	.00734	.00714	.00695	.00676	.00657	.00639
-2.3	.01072	.01044	.01017	.00990	.00964	.00939	.00914	.00889	.00866	.00842
-2.2	.01390	.01355	.01321	.01287	.01255	.01222	.01191	.01160	.01130	.01101
-2.1	.01786	.01743	.01700	.01659	.01618	.01578	.01539	.01500	.01463	.01426
-2.0	.02275	.02222	.02169	.02118	.02068	.02018	.01970	.01923	.01876	.01831
-1.9	.02872	.02807	.02743	.02680	.02619	.02559	.02500	.02442	.02385	.02330
-1.8	.03593	.03515	.03438	.03362	.03288	.03216	.03144	.03074	.03005	.02938
-1.7	.04457	.04363	.04272	.04182	.04093	.04006	.03920	.03836	.03754	.03673
-1.6	.05480	.05370	.05262	.05155	.05050	.04947	.04846	.04746	.04648	.04551
-1.5	.06681	.06552	.06426	.06301	.06178	.06057	.05938	.05821	.05705	.05592
-1.4	.08076	.07927	.07780	.07636	.07493	.07353	.07215	.07078	.06944	.06811
-1.3	.09680	.09510	.09342	.09176	.09012	.08851	.08691	.08534	.08379	.08226
-1.2	.11507	.11314	.11123	.10935	.10749	.10565	.10383	.10204	.10027	.09853
-1.1	.13567	.13350	.13136	.12924	.12714	.12507	.12302	.12100	.11900	.11702
-1.0	.15866	.15625	.15386	.15151	.14917	.14686	.14457	.14231	.14007	.13786
-0.9	.18406	.18141	.17879	.17619	.17361	.17106	.16853	.16602	.16354	.16109
-0.8	.21186	.20897	.20611	.20327	.20045	.19766	.19489	.19215	.18943	.18673
-0.7	.24196	.23885	.23576	.23270	.22965	.22663	.22363	.22065	.21770	.21476
-0.6	.27425	.27093	.26763	.26435	.26109	.25785	.25463	.25143	.24825	.24510
-0.5	.30854	.30503	.30153	.29806	.29460	.29116	.28774	.28434	.28096	.27760
-0.4	.34458	.34090	.33724	.33360	.32997	.32636	.32276	.31918	.31561	.31207
-0.3	.38209	.37828	.37448	.37070	.36693	.36317	.35942	.35569	.35197	.34827
-0.2	.42074	.41683	.41294	.40905	.40517	.40129	.39743	.39358	.38974	.38591
-0.1	.46017	.45620	.45224	.44828	.44433	.44038	.43644	.43251	.42858	.42465
-0.0	.50000	.49601	.49202	.48803	.48405	.48006	.47608	.47210	.46812	.46414

Πίνακας Π.2: Πίνακας τιμών F(Z) για Z<0

STANDARD NORMAL DISTRIBUTION: Table Values Represent AREA to the LEFT of the Z score.										
Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
0.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
0.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
0.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
0.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
0.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
0.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
0.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
0.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
0.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97778	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Χαρά Μιχαλοπούλου και Δέσποινα Δεληγιώργη. Εργαστηριακές ασκήσεις Συνοπτικής Μετεωρολογίας. Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μιχάλης Λαζαρίδης. Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας, Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
- Kroyer WR, Marshall RD, 1992: "Gust factor applied to hurricane winds", *Bulletin of the American Meteorological Society*, **73**:613-617
- Palutikof JP, Brabson BB, Lister DH, Adcock ST. 1999: "A review of methods to calculate extreme wind speeds", *Meteorological Applications*, **6**: 119-132
- Weggel JR, 1999: "Maximum daily wind gusts related to mean daily wind speed", *Journal of structural Engineering (April)*:465-468
- Sheridan P., 2011: "Review of techniques and research for gust forecasting and parameterization", Forecasting Research Technical Report 570, April 2011
- K. Philippopoulos, D. Deligiorgi, T. Mavroukou and J. Cheliotis, 2014: "Winter atmospheric circulation patterns and their relationship with the meteorological conditions in Greece", *Meteorology and Atmospheric Physics*, Vol. 124, Issue 3-4, pp. 195-204
- K. Philippopoulos and D. Deligiorgi, 2012: "A Self-Organizing Maps multivariate spatio-temporal approach for the classification of atmospheric conditions", *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Vol. 7666, pp. 544-551, Springer, Proceedings of the 19th International Conference on Neural Information Processing ICONIP2012, Doha, Qatar, November 12-15, 2012.
- Patricia Jungo, Stephane Goyette and Martin Beniston, 2002: "Daily wind gust speed probabilities over Switzerland according to three types of synoptic circulation", *International Journal of Climatology*, **22**, 485-499
- Κωνσταντίνος Γρανάκης, 2016: "Μελέτη ριπών ανέμου σε συνάρτηση με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία", Διπλωματική εργασία, Τμήμα φυσικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Chow, V.T. , 1954: "The log-probability law and its engineering applications", Proc. Hydr. Div. ASCE, 80 (Nov.)
- Evans M. , Hastings N. ,Peacock B., 1993: "Statistical distributions", 2ed Ed., Wiley, New York