

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ  
ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ  
ΥΔΡΟΣΤΑΓΟΝΙΔΙΩΝ ΤΟΥ  
DISDROMETER RD-69**

**ΕΚΠΟΝΗΣΗ:** ΑΛΕΞΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:** ΜΠΑΛΤΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΞΕΤΑΣΗΣ:**

ΜΠΑΛΤΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΜΑΜΑΣΗΣ ΝΙΚΟΣ ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΓΙΑΚΟΥΜΑΚΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**<<ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ>>**

# **ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΥΔΡΟΣΤΑΓΟΝΙΔΙΩΝ ΤΟΥ DISDROMETER RD-69**



**ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ν. ΑΛΕΞΙΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΠΑΛΤΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**<<ΕΠΙΣΤΗΜΗ  
&  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ>>**

**ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014**

© Copyright: Γ. Αλεξίου, Οκτώβριος 2014, Αθήνα

---

**ΕΙΚΟΝΕΣ ΤΗΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ:**

Από επάνω προς τα κάτω:

**ΕΙΚΟΝΑ 1. :** ΠΡΟΜΗΘΕΥΣ ΠΥΡΦΟΡΟΣ  
**ΠΗΓΗ:** ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ.

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΕΜΠΡΟΣ ΦΟΝΤΟ:** ΒΡΟΧΕΡΟΣ ΚΑΙΡΟΣ  
**ΠΗΓΗ:** ΕΤΑΙΡΕΙΑ LIVE CITY ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ Ι.Κ.Ε (ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΩΝ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΩΝ)

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΕΜΠΡΟΣ ΦΟΝΤΟ:** ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΡΙΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

**ΕΙΚΟΝΑ 1. :** ΣΥΝΝΕΦΙΑΣΜΕΝΟΣ ΟΥΡΑΝΟΣ  
**ΠΗΓΗ:** HELLASWEATHER, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΦΙΛΙΚΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΣΥΖΗΤΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΚΑΙΡΟ.

**ΕΙΚΟΝΑ 2. :** WATER FOOTPRINT  
**ΠΗΓΗ:** ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ F.A.O. (ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΑΣ).

**ΕΙΚΟΝΑ 3. :** DISDROMETER RD-69  
**ΠΗΓΗ:** NICT-NATIONAL INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY OKINAWA.

**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ: AUTOCAD 2008, CORELDRAW 9.



ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ –  
ΕΞΩΦΥΛΛΟ:

**Copy&Print Peppas** | Κέντρο Ψηφιακών Εκτυπώσεων  
Αιτωλίας 33-35 & Θεοφάνους Αμπελόκηποι 11523 Αθήνα  
Τηλ. : 210 6420066 | Fax : 210 6440993  
E-mail: [info@copyprintpeppas.gr](mailto:info@copyprintpeppas.gr)

***‘Το σύννεφο αποτελεί την υπόσχεση...  
Η βροχή είναι η ολοκλήρωση’***



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το θέμα της μελέτης αυτής, δόθηκε από τον κ. Μπαλτά Ευάγγελο, Αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π. στα πλαίσια εκπόνησης μεταπτυχιακής εργασίας του μεταπτυχιακού προγράμματος "Επιστήμης και Τεχνολογίας Υδατικών Πόρων" στην κατεύθυνση Α' "Υδρολογία και Περιβαλλοντική Διαχείριση Υδατικών Πόρων" της σχολής Πολιτικών Μηχανικών. Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει τίτλο «Στατιστική Ανάλυση της κατανομής του μεγέθους υδροσταγονιδίων του Disdrometer RD-69».

Για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, αισθάνομαι υποχρεωμένος να ευχαριστήσω κάποια πρόσωπα, δίχως τις υποδείξεις και τις συμβουλές των οποίων δεν θα ήταν δυνατή η πληρέστερη κατανόηση του θέματος και η καλύτερη παρουσίασή του.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή του τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., κ. Μπαλτά Ευάγγελο, επιβλέπων της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας, ο οποίος υπέδειξε το θέμα της εργασίας και είχε την επίβλεψη και την επιστημονική καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω:

Τον υποψήφιο διδάκτορα Δημήτρη Πανάγο, που αφιέρωσε αρκετές ώρες για την επεξεργασία των αμέτρητων 2λέπτων (πρωτογενή δεδομένα), αλλά και για την βοήθειά του σε κάθε απορία μου.

Ευχαριστίες οφείλονται, δεν θα σταθώ σε προσωπικό επίπεδο, σε όλους όσους εργάζονται, μάλιστα αρκετοί ανιδιοτελώς, ώστε ο μετεωρολογικός σταθμός Ζωγράφου να λειτουργεί συνεχώς χωρίς κανένα πρόβλημα και να παρέχει τα δεδομένα ελεύθερα σε όλους, τόσο στον απλό όσο και στον πιο εξειδικευμένο χρήστη.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της μεταπτυχιακής μου εργασίας για την τιμή που μου έκαναν και το χρόνο που μου αφιέρωσαν, στον Αναπληρωτή Καθηγητή Μαμάση Νίκο του τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος της σχολής Πολιτικών Μηχανικών και στον Αναπληρωτή Καθηγητή Γιακουμάκη Σπύρο του τομέα Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών.

Θα ήταν παράλειψή μου να μην αναφερθώ στην συνεισφορά και βοήθεια στη συγγραφή αυτού του τεύχους στον αδερφό μου Αλεξίου Αλέξανδρο και φίλο και συνάδελφό μου Αντώνη Καραλούλη.

Ολοκληρώνοντας θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και ιδιαίτερα στους γονείς μου τόσο για την ηθική αλλά και οικονομική υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	vii
Εκτενής αγγλική περίληψη.....	ix

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

1.1. Διάρθρωση μεταπτυχιακής εργασίας .....	3
1.2. Γενικά.....	3
1.3. Δίκτυο σταθμών υδρολογικού παρατηρητηρίου Αθηνών .....	5
1.4. Μέτρηση βροχόπτωσης .....	8

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. DISDROMETER RD-69**

2.1. Εισαγωγή.....	13
2.2. Περιγραφή του Disdrometer RD-69.....	16
2.2.1. Γενικά.....	16
2.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	17
2.2.3. Σήματα εξόδου.....	18
Η γραμμική έξοδος $U_{lin}$ .....	19
Η επεξεργασμένη έξοδος $U_{compr}$ .....	19
Δοκιμαστικό σήμα .....	20
2.2.4. Διατεταγμένος μετατροπέας (transducer) .....	20
2.2.5. Επεξεργαστής (Processor) .....	22
2.2.6. Εγκατάσταση (θέση) του διατεταγμένου μετατροπέα .....	22
2.2.7. Συντήρηση – Έλεγχος του διατεταγμένου μετατροπέα.....	24
2.3. Analyzer ADA - 90 .....	25
2.3.1. Γενικά.....	25
2.3.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	26
2.3.3. Περιγραφή Λειτουργίας .....	27

2.4. Το λογισμικό του Disdrometer RD-69 .....	28
2.4.1. Περιγραφή Λειτουργίας.....	28
Το πρόγραμμα «Drop».....	29
Το πρόγραμμα «Datain» .....	29
Το πρόγραμμα «Eval» .....	32

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

3.1. Εισαγωγή.....	37
3.2. Μετρήσεις .....	37
3.2.1. Κατανομή Μεγέθους Υδροσταγονιδίων, $N(D)$ .....	39
3.2.2. Ένταση βροχόπτωσης, $R$ .....	41
3.2.3. Παράγοντας Ανακλαστικότητας Radar, $Z$ .....	42
3.2.4. Περιεκτικότητα σε νερό, $W$ .....	42
3.2.5. Κινητική ενέργεια, $E_F$ .....	43
3.2.6. Συγκέντρωση υδροσταγονιδίων στην τάξη μεγέθους 0, $N_0$ και κλίση της κατανομής $N(D)$ , $\lambda$ .....	44
3.2.7. Συνολικός αριθμός σταγόνων, $N_{tot}$ .....	46
3.3. Μεθοδολογία.....	46
3.3.1. Εισαγωγή.....	46
3.3.2. Μηχανισμοί δημιουργίας καταιγίδων.....	47
Φυσικό πλαίσιο.....	47
Μετεωρολογικό πλαίσιο .....	48
3.3.3. Διαχωρισμός Επεισοδίων .....	51
3.3.4. Κατανομές.....	54
Κατανομή γάμμα.....	54
Κανονική λογαριθμική κατανομή.....	55
Συντελεστής συσχέτισης $\rho$ .....	56
Συντελεστής προσδιορισμού $R$ .....	57

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

4.1. Convective και Stratiform επεισόδια.....	61
4.2. Στατιστική ανάλυση (κατανομές).....	65
4.3. Τελικά συμπεράσματα.....	74
4.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	74

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	75
------------------------	----

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	95
---------------------------	----



## Περίληψη

Η μελέτη της κατανομής του μεγέθους της σταγόνας της βροχής (Drop Size Distribution ή Raindrop Size Distribution) είναι πολύ χρήσιμη σε διάφορους τομείς, όπως οι τηλεπικοινωνίες, η δορυφορική μετεωρολογία, η διάβρωση του εδάφους και η μελέτη της φυσικής των σύννεφων. Εξαιτίας της αύξησης της διάβρωσης του εδάφους που οφείλεται στην συνεχή επέκταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζεται μεγάλο ενδιαφέρον για τους τομείς αυτούς. Ακριβείς μετρήσεις της κατανομής μεγέθους των σταγόνων είναι σημαντικές για πολλές μετεωρολογικές εφαρμογές, όπως πρόγνωση του καιρού με χρήση Radar και γενικά συμβάλλουν στη «μοντελοποίηση» των βροχοπτώσεων και συνεπώς στην καλύτερη εκτίμησή τους.

Στην διάρκεια των χρόνων έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές δειγματοληψίας και καταγραφής των κατανομών του μεγέθους των υδροσταγονιδίων της βροχής. Έτσι εφευρέθηκε και αναπτύχθηκε το disdrometer. Αναπτύχθηκαν δύο τύποι disdrometers, το οπτικό και το impact. Το impact disdrometer είναι το όργανο που μετατρέπει την κατακόρυφη ορμή ενός προσπίπτοντος, σε ειδική επιφάνεια, υδροσταγονιδίου σε ηλεκτρικό παλμό.

Το πρώτο αυτόματο όργανο αναπτύχθηκε από τους Joss και Waldvogel (1969, 1970) και συνήθως αναφέρεται ως disdrometer Joss-Waldvogel (JWD). Το JWD RD - 69 είναι ένα impact disdrometer και θεωρείται ότι είναι όργανο αναφοράς για την αυτόματη και συνεχόμενη μέτρηση της κατανομής του μεγέθους των σταγόνων και πλέον χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλούς τομείς.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η στατιστική ανάλυση της κατανομής του μεγέθους των υδροσταγονιδίων, από μετρήσεις του Disdrometer RD-69. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας παρουσιάζονται όλες οι κατανομές που χρησιμοποιούνται βιβλιογραφικά για να προσεγγίσουν τις παρατηρημένες τιμές της DSD του οργάνου και ερευνάται η στατιστική επίδοσή τους σε κάθε τύπο βροχόπτωσης (convective και stratiform επεισόδια).



## **Extended Abstract**

### **1) INTRODUCTION**

The study of rain drop size distribution (DSD) is very useful in a wide spectrum of scientific areas like microwave communication, satellite meteorology, soil erosion and cloud physics. There is an increased interest in these areas for several reasons, including climatic change and soil erosion issues due to expanding human activities. Accurate measurements of drop size distributions are important for many meteorological applications, including the estimation of rainfall, cloud radiative transfer studies, and cloud model initialization and verification.

### **2) DISDROMETER RD – 69 AND DATA MEASUREMENTS**

Scientific progress lead to the development of two types of ground-based disdrometers, the impact and the optical one. In optical disdrometers, a laser (or another source of light) and a light detector (e.g., a photodiode) are used to measure the signals that are generated by precipitation particles passing through the measuring area. Several designs of optical disdrometers have been developed.

On the contrary on impact disdrometers precipitation particles hit a component of the instrument which transforms the mechanical momentum into electrical signal. The first automatic impact disdrometer was developed by Joss and Waldvogel (1969, 1970) and is commonly referred to as the Joss-Waldvogel disdrometer (JWD). The (JWD) is considered to be a reference instrument for drop size distribution (DSD) measurements. It has been widely used in many field campaigns to complement validation efforts of radar rainfall estimation. It has also been incorporated in radar rain gauge networks at several ground validation sites for NASA's Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Moreover, it is anticipated that the Joss-Waldvogel disdrometer will be one of the key instruments for ground validation of the upcoming Global Precipitation Measurement (GPM) mission.

The RD-69 (Joss-type) Disdrometer is an instrument for measuring raindrop size distributions continuously and automatically. According to the principal of operation, the Disdrometer measures the size distribution of raindrops falling on the sensitive surface of the transducer.

The actual drop size distribution in a volume of air may be easily calculated from the measurements. The range of drop diameters that can be measured, spans from 0.3 mm

to 5.0 mm. Drops smaller than 0.3 mm cannot be measured due to practical limits of the measuring principle and are usually of minor importance in applications for which the instrument is intended. Drops larger than 5.0 mm are very rare because of drop breakup due to the instability of large drops.

One such shortcoming is that it underestimates the number of small drops in heavy rain due to the disdrometer “dead time” (Sauvageot and Lacaux, 1995).

The RD-69 Disdrometer for raindrops consists of three main units (Distromet LTD, 1997):

- The transducer which is exposed to the rain
- The processor and
- The analog to digital converter - adapter, Analyser ADA – 90

The Disdrometer RD-69 was installed in the meteorological station “Zografou” (METEONET hydrometeorological network) inside the camp of NTUA and operates since November 1997. The data measurements which are recorded by JWD RD-69 and used in this study are for the years 2005 -2014. The transducer is composed by a styrofoam cone. Due to the sensitivity of this cone the instrument is uninstalled approximately two months during the summer.

### **3) METHODOLOGY**

According to Maria-Carmen Llasat (2001), the definition of an episode is quite subjective. In this case it was felt that it is possible to distinguish between two different episodes when the time which elapses between them without rainfall exceeds 1 h, which ensures that the two episodes come from different ‘clouds’. Although Tokay et al. (2005) report that the criterion for establishing a new rain event was a minimum of 30- minute rain-free period after the preceding event. In this study the separation criterion of disdrometer’s measurements is the 1 h and thus resulting 689 rainfall events.

On the following step, the 689 episodes were separated according to the respective rainfall generation’ mechanism. There are two types of rainfalls:

**CONVECTIVE PRECIPITATION** : This type is observed mainly from spring until autumn, during the midday and early afternoon hours, due to the instability of the atmosphere and



the relatively high temperatures prevailing until noon. The rain caused, is heavy and usually has short duration, while in some cases may be accompanied by hail. So it is concluded that such a precipitation will consist of a considerable number of large diameter ( $> 3\text{mm}$ ) raindrops.

**STRATIFORM PRECIPITATION** : This type is formed during mixing or expansion of air masses indicated by the upward movement of the cold and warm fronts, as the warm air is forced to ascend the face. These rains tend to have a long duration and extent and several times obtain characteristics from convective rainfalls. The frontal rains over the Greek area have maximum frequency in winter. Naturally, in this case the number of droplets with a large diameter ( $> 3\text{mm}$ ) occurs quite less compared with convective events.

The criterion which is used to separate 689 rainfall events to convective and stratiform is presented in Table 1, where  $\Delta T$  is the total time the event lasts and RA is the total rainfall depth.

**Table 1.** : Criterion of rainfall events separation

<b>SEPARATION CRITERION</b>	
<b>stratiform</b>	<b>convective</b>
<b><math>RA \geq 11,5\text{mm}</math> AND <math>360\text{min} &lt; \Delta T &lt; 720\text{min}</math></b>	<b><math>RA \geq 11,5\text{mm}</math> AND <math>\Delta T &lt; 180\text{min}</math></b>

Thus, conclude to the following convective and stratiform rainfall events are presented in Table 2.

**Table 2. :** Convective and Stratiform rainfall events

stratiform			convective		
<u>EVENT DETAILS</u> START DATE AND TIME	$\Delta T$	RA	<u>EVENT DETAILS</u> START DATE AND TIME	$\Delta T$	RA
24/11/2005 23:28	536	17.98	17/11/2005 10:52	162	12.05
5/1/2006 4:55	536	40.04	5/2/2006 22:01	136	46.92
22/1/2006 17:07	540	18.78	23/9/2006 20:35	116	13.22
7/3/2006 22:50	440	15.61	7/10/2006 20:10	144	15.84
9/10/2006 21:43	540	58.63	19/5/2007 0:01	158	14.67
23/11/2006 18:51	408	14.94	20/10/2007 21:31	112	13.57
11/2/2007 12:07	622	40.82	18/12/2008 10:07	144	17.94
8/12/2007 20:02	640	29.70	21/3/2009 5:20	142	13.59
2/4/2008 19:34	626	23.04	8/2/2010 19:00	164	13.45
27/1/2009 21:38	376	24.57	12/6/2011 11:41	148	41.12
6/4/2009 3:14	428	12.25	21/12/2011 21:40	176	21.64
10/12/2009 23:44	490	26.66	16/1/2013 9:28	164	33.64
28/1/2011 5:42	496	13.31	25/1/2013 16:00	96	13.71
24/2/2011 11:31	528	11.85	11/11/2013 21:35	58	16.64
19/12/2011 12:40	630	21.33	24/11/2013 10:39	140	14.87
18/4/2012 4:48	376	21.69	24/1/2014 21:57	148	24.81
18/5/2012 8:57	590	16.90	26/1/2014 4:41	140	12.68
29/12/2012 10:20	432	21.09	22/2/2013 6:47	274	63.15

### 3) DISTRIBUTIONS

Three well known distribution functions have been used by different authors to represent the DSD.

**Exponential distribution** (Marshall and Palmer, 1948) of the form:

$$N(D) = N_0 * e^{(-\lambda * D)} \quad (3.1.)$$

where,

$N_0$  is the Intercept parameter (signifies the number density in the first channel of the Joss Waldvogel Disdrometer) and

$\lambda$  is the Slope parameter,

a **Gamma distribution** (Ulbrich, 1983) of the form

$$N(D) = N_0 * D^\mu * e^{(-\lambda * D)} \quad (3.2.)$$

where,

$N_0$  is the Intercept parameter,

$\lambda$  is the Slope parameter and

$\mu$  is the Shape parameter where,

$$\mu = -0,0201\lambda^2 + 0,902\lambda - 1,718 \quad (3.3.)$$

and a **lognormal distribution** (Feingold and Levin, 1986) of the form:

$$N(D) = \frac{N_T}{\sqrt{2\pi \ln \sigma} D} e^{\left[ -\frac{\ln^2(D/D_g)}{2 \ln^2 \sigma} \right]} \quad (3.4.)$$

where,

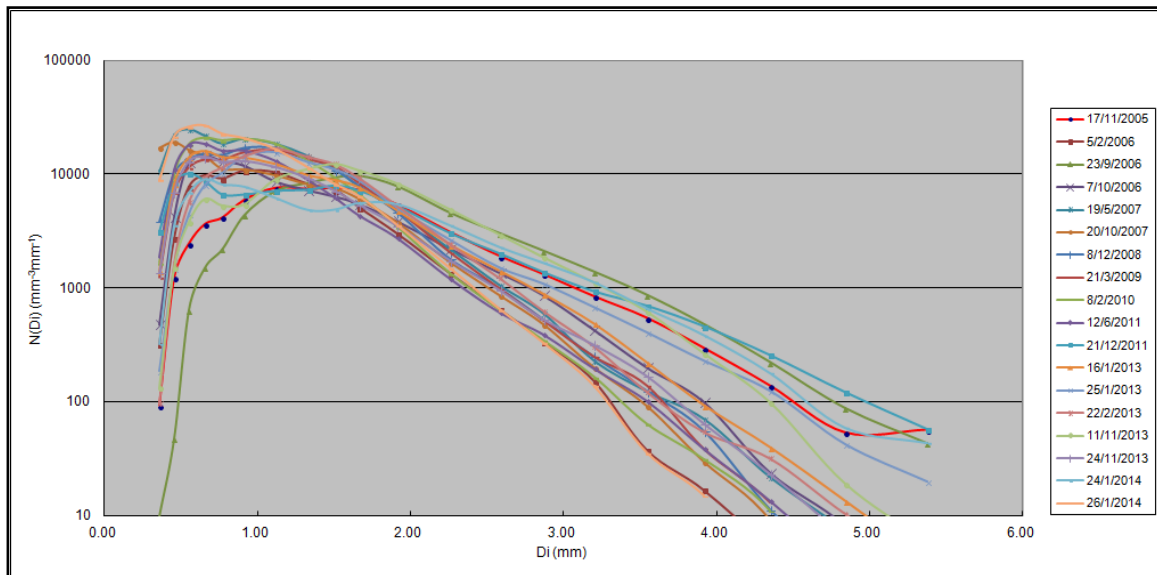
$N_T$  is the Total number of drops,

$D_g$  is the Geometric mean diameter and

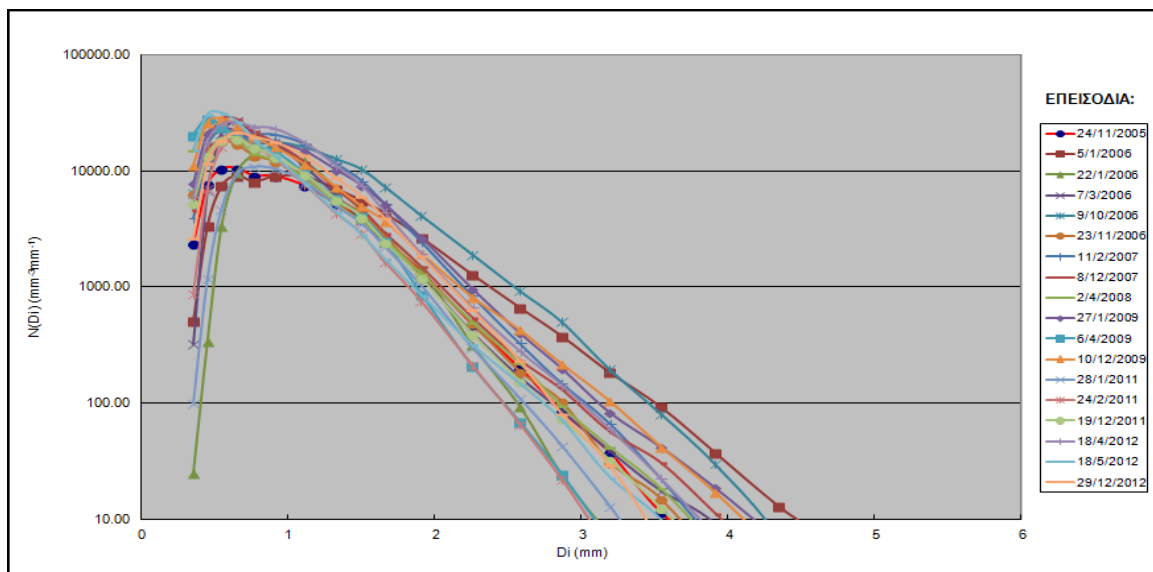
$\sigma$  is the Standard geometric deviation of the drop size.

#### 4) RESULTS

Initially, are presented the figures of all events that occurred after their separation in convective and stratiform rainfalls (Fig. 1., 2.).



**Fig. 1.** :  $N(D)$  of all convective rainfall events



**Fig. 2.** :  $N(D)$  of all stratiform rainfall events

Thereafter, examined how the distributions fit to the observed values of  $N(D)$  using the correlation coefficient  $\rho$  and coefficient of determination  $R$  Nash and Sutcliffe (1970). Thus, were designed together with the graph of observed values of  $N(D)$  for each event and graphs of calculated values with the use of the distributions, overall occurred charts 36, 18 for the convective and 18 for stratiform events. The results are shown in Table 3.

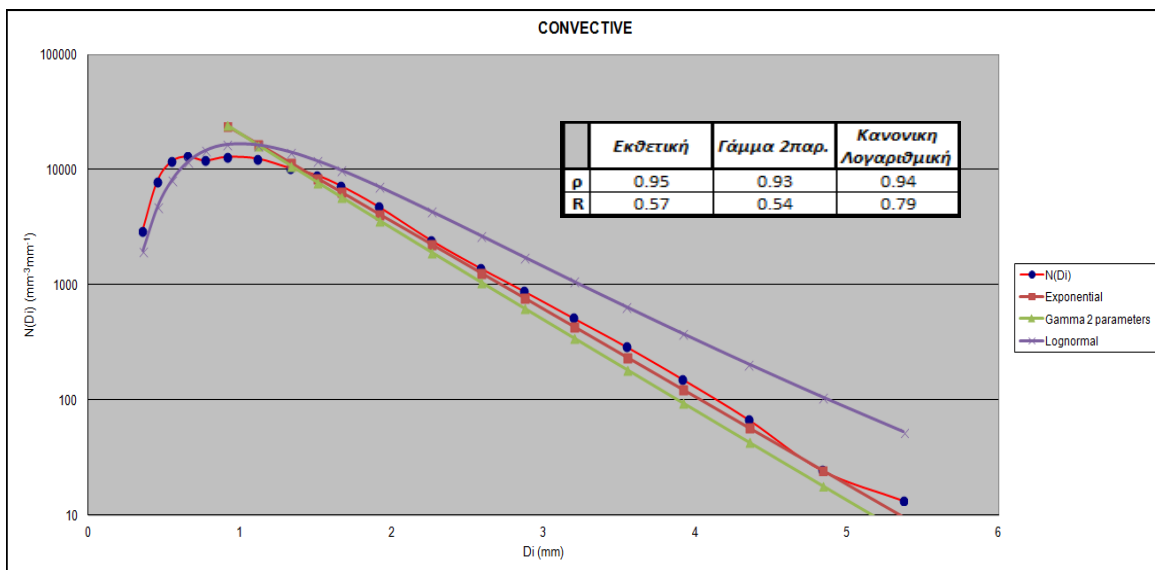
**Table 3.** : Values of correlation coefficient and coefficient of determination in distribution fitting

		DISTRIBUTIONS					
		EXPONENTIAL		GAMMA 2 PARAMETERS		LOGNORMAL	
DATE EVENT	Rate mm/h	$\rho$	$R$	$\rho$	$R$	$\rho$	$R$
24/2/2011	24/2/2011	1.35	0.99	0.96	1.00	1.00	0.96
28/1/2011	28/1/2011	1.61	0.95	0.69	0.98	0.88	0.97
6/4/2009	6/4/2009	1.72	0.97	0.83	0.99	0.98	0.91
18/5/2012	18/5/2012	1.72	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94
24/11/2005	24/11/2005	2.01	0.94	0.45	0.96	0.66	0.94
19/12/2011	19/12/2011	2.03	0.98	0.92	1.00	0.98	0.96
22/1/2006	22/1/2006	2.09	0.91	0.55	0.96	0.84	0.98
7/3/2006	7/3/2006	2.13	0.99	0.98	1.00	0.98	0.94
23/11/2006	23/11/2006	2.20	0.97	0.77	0.99	0.90	0.94
2/4/2008	2/4/2008	2.21	0.98	0.88	0.99	0.95	0.91
8/12/2007	8/12/2007	2.78	0.99	0.98	1.00	1.00	0.95
29/12/2012	29/12/2012	2.93	0.96	0.69	0.98	0.88	0.96
10/12/2009	10/12/2009	3.26	0.99	0.94	1.00	0.97	0.93
18/4/2012	18/4/2012	3.46	0.96	0.81	0.98	0.93	0.96
27/1/2009	27/1/2009	3.92	0.95	0.64	0.97	0.76	0.93
11/2/2007	11/2/2007	3.94	0.93	0.59	0.96	0.78	0.97
17/11/2005	17/11/2005	4.46	0.92	0.47	0.94	0.51	0.95
5/1/2006	5/1/2006	4.48	0.89	-0.36	0.89	-0.33	0.94
8/2/2010	8/2/2010	4.92	0.99	0.96	0.99	0.97	0.94
26/1/2014	26/1/2014	5.43	0.98	0.86	0.99	0.89	0.94
19/5/2007	19/5/2007	5.57	0.92	0.21	0.93	0.24	0.82
21/3/2009	21/3/2009	5.74	0.97	0.89	0.98	0.91	0.96
24/11/2013	24/11/2013	6.37	0.97	0.73	0.97	0.72	0.93
9/10/2006	9/10/2006	6.51	0.90	-0.26	0.92	-0.06	0.91
7/10/2006	7/10/2006	6.60	0.96	0.81	0.97	0.82	0.91
23/9/2006	23/9/2006	6.84	0.97	0.21	0.96	0.20	0.88
20/10/2007	20/10/2007	7.27	0.93	0.66	0.94	0.68	0.95
21/12/2011	21/12/2011	7.38	0.95	0.42	0.94	0.41	0.92
8/12/2008	18/12/2008	7.47	0.90	0.46	0.92	0.49	0.96
25/1/2013	25/1/2013	8.57	0.89	0.43	0.89	0.44	0.98
24/1/2014	24/1/2014	10.06	0.89	-4.29	0.86	-4.10	0.79
16/1/2013	16/1/2013	12.31	0.94	0.70	0.92	0.66	0.97
22/2/2013	22/2/2013	13.73	0.81	-1.61	0.75	-1.68	0.97
12/6/2011	12/6/2011	16.67	0.84	-1.76	0.78	-1.79	0.79
11/11/2013	11/11/2013	17.22	0.61	-4.61	0.58	-4.66	0.95
5/2/2006	5/2/2006	20.70	0.61	-5.82	0.54	-5.84	0.98

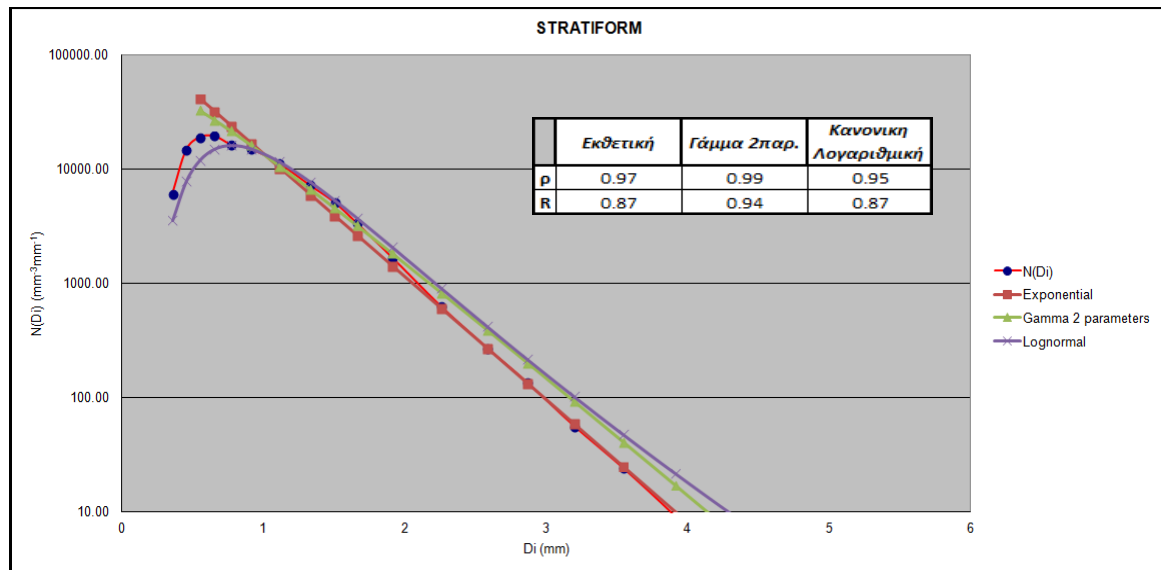
Distinguished readily that the log-normal distribution approximates better the observed values of both types of rainfall compared with other good correlation coefficient values ( $p > 0.8$ ) and satisfying values index Nash ( $R > 0,6$ ). The exponential shows a very good correlation coefficient values but the index has negative values, which means that the observed and calculated values are completely different. Finally, the gamma distribution follows the exponential behavior however distinguished best values in stratiform events compared with convective.

The classification of Table 3. materialized on the basis of rain rate in order to ascertain that the exponential and gamma distribution with 2 parameter as the value of the rate increases and so they 'removed' from the observed values.

Finally, was designed graphically from the average of the observed values of all convective events (fig. 1.) a representative curve. The same is conducted for the stratiform events. The distributions and the results of fitting are shown in fig. 3., 4.



**Fig. 3. :** Distributions and results of fitting on a representative curve of all convective events



**Fig. 4.** : Distributions and results of fitting on a representative curve of all stratiform events

## 5) CONCLUSIONS

The separation depending on the type of rainfall events (convective and stratiform) can be observed through the data measurements of disdrometer.

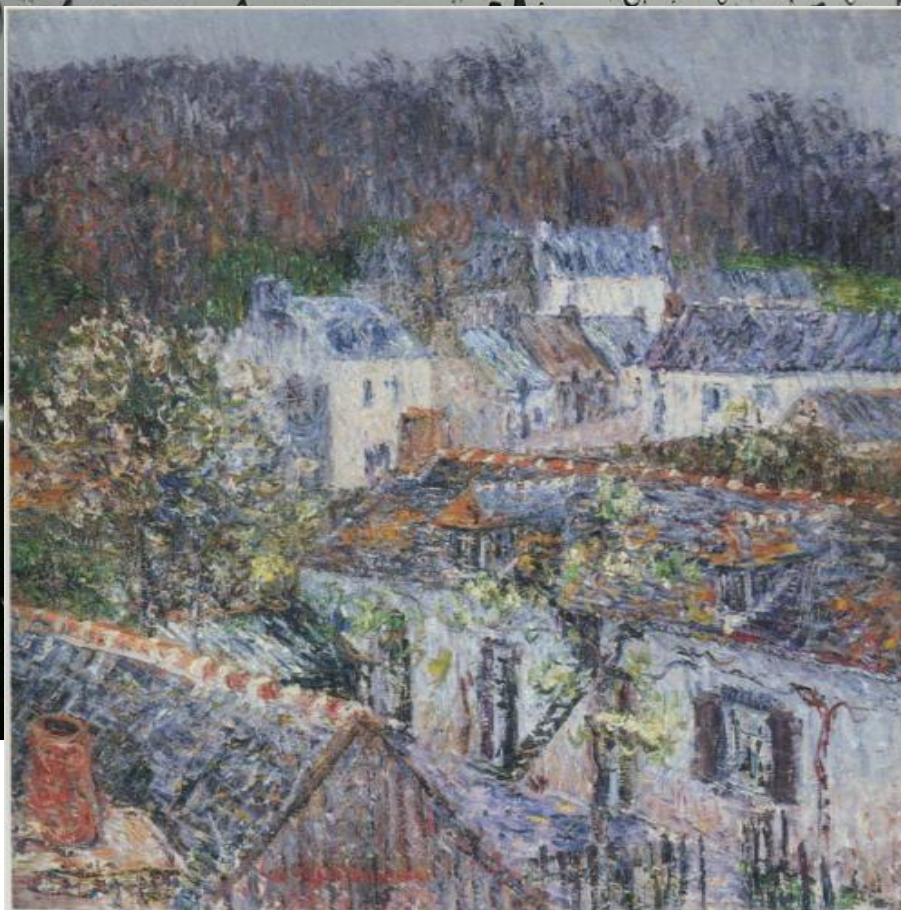
The study of the above observations shows that the log-normal fits to the observed values of the size distribution of raindrops, at least by data of Attica both in convective and stratiform events.

The gamma distribution does not fit the observed values, however, requires further study in more stratiform events, due to the satisfaction in some value. The factor  $\mu$  of gamma distribution, which is relating to the shape of the raindrop is extracted in relation to the parameter  $\lambda$  (form 3.3.) using a second degree polynomial. Therefore, the three factors do not respond successfully to events that take place in Athens.

As for the exponential distribution, although its parameters are calculated by the instrument's software, it is not recommended to use.







# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΙΚΟΝΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ:

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΠΙΣΩ ΦΟΝΤΟ:** ΒΡΟΧΕΡΟΣ ΚΑΙΡΟΣ

**ΠΗΓΗ:** ΕΤΑΙΡΕΙΑ LIVE CITY ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ Ι.Κ.Ε (ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ  
ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΩΝ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΩΝ)

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΕΜΠΡΟΣ ΦΟΝΤΟ:** ΒΡΟΧΗ ΣΤΟ ΡΟΝΤ – ΑΒΕΝ

**ΠΗΓΗ:** ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ ΖΩΓΡΑΦΟΥ GUSTAVE LOISEAU

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. ΔΙΑΡΘΩΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Εργασία είναι δομημένη σε 4 Κεφάλαια:

Το πρώτο (παρόν) κεφάλαιο παρουσιάζει την ανάγκη των μετρήσεων των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών, το δίκτυο υδρομετεωρολογικών σταθμών της Αττικής και πιο αναλυτικά το δίκτυο Η.Ο.Α. (Hydrological Observatory of Athens) και τα όργανα που βρίσκονται εγκαταστημένα σε κάθε σταθμό και γίνεται η πρώτη αναφορά στο όργανο του disdrometer που λειτουργεί στο σταθμό του δικτύου στη περιοχή της Ζωγράφου εντός της Πολυτεχνειούπολης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το disdrometer RD – 69 τόσο ως προς τη δομή του (τεχνικά μέρη από τα οποία αποτελείται) όσο και ως προς τον τρόπο λειτουργίας (πώς ένας παλμός που δημιουργεί μια σταγόνα καταλήγει σε μέτρηση μιας υδρομετεωρολογικής παραμέτρου) καθώς και το λογισμικό, το οποίο παρέχεται με την αγορά του οργάνου.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά το θεωρητικό υπόβαθρο του τρόπου μέτρησης του οργάνου (αναφέρονται όλοι οι τύποι που «μεσολαμβάνουν» ώστε να προκύψουν τα εξαγόμενα αποτελέσματα από το disdrometer). Ακόμη, περιγράφονται οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν και ο τρόπος διαχωρισμού των επεισοδίων τόσο μεταξύ τους όσο και με βάση το μηχανισμό δημιουργίας τους (stratiform και convective), που ακολουθήθηκε στη παρούσα εργασία, καθώς και οι στατιστικές κατανομές που αναφέρονται βιβλιογραφικά ότι προσεγγίζουν τις τιμές  $N(D)$  του οργάνου.

Τέλος, το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης τα οποία οδηγούν σε χρήσιμα συμπεράσματα. Συμπεράσματα που αναδεικνύουν κατά πόσο δύναται μια στατιστική κατανομή να προσεγγίσει την κατανομή του μεγέθους των υδροσταγονιδίων  $N(D)$  και εάν κάποια «ταιριάζει» καλύτερα σε βροχοπτώσεις τύπου convective ή stratiform.

Ακολουθεί το παράρτημα, όπου επισυνάπτεται χρήσιμο υλικό για την κατανόηση της παρούσας μελέτης και εν συνεχεία η βιβλιογραφία.

### 1.2. ΓΕΝΙΚΑ

Πάνω από τα δύο τρίτα του πλανήτη καλύπτονται από νερό. Το νερό αποτελεί φυσικό πόρο, που διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στη ζωή του ανθρώπου καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορικής διαδρομής του έως και σήμερα. Αποτέλεσε και αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα ανάπτυξης μιας περιοχής, λειτουργώντας συμπληρωματικά με τους άλλους φυσικούς πόρους. Καθορίζει αφενός την ποιότητα του περιβάλλοντος και αφετέρου τη δυνατότητα ή αδυναμία επέκτασης των παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή. Συνεπώς αυξάνεται συνεχώς η ανάγκη για πιο διεξοδική μελέτη της κίνησης του ύδατος από τη στιγμή που φθάνει στο έδαφος (σε οποιαδήποτε μορφή: βροχή, χιόνι, χαλάζι) ώσπου να καταλήξει σε επιφανειακούς ή υπόγειους αποδέκτες, φυσικούς ή τεχνητούς

(ποτάμια, λίμνες, υπόγειους υδροφορείς κ.ά.) μέχρι τελικά την θάλασσα. Οι συνέπειες του υδρολογικού κύκλου, ορισμένες φορές καταστρεπτικές (πλημμύρες, διαβρώσεις, κλπ.) συνήθως ευεργετικές (εξασφάλιση πόσιμου και αρδευτικού νερού) σε κάθε περίπτωση κάνουν επιτακτική την ανάγκη ορθής διαχείρισης των υδατικών πόρων. Διαχείριση που εκτός από ανθρώπινες κατασκευές επιβάλλει και εκτίμηση και πρόγνωση των υδρολογικών διαδικασιών. Ειδικά σήμερα, όπου οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι πλέον εμφανείς στον υδρολογικό κύκλο αλλά και η τάση για μεγαλύτερη εκμετάλλευση των υδατικών πόρων είναι αυξητική, είναι περισσότερο από επιβεβλημένη η εμβάθυνση στις γνώσεις μας πάνω στις υδρολογικές διεργασίες.

Η βροχή αποτελεί την συνηθέστερη μορφή κατακρημνίσματος και είναι η κύρια πηγή των υδρολογικών διαδικασιών. Αποτελεί το πρώτο μετεωρολογικό στοιχείο που μετρήθηκε από τον άνθρωπο. Η παλαιότερη και μακρύτερη περίοδος καταγραφής αναφέρεται στην Αίγυπτο, στον ποταμό Νείλο περίπου στα 980. Στην Ελλάδα, το μακρύτερο μήκος καταγραφής βροχής αφορά στα δεδομένα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών από το 1870 περίπου (Μιμίκου κ.ά.). Η ακριβής εκτίμηση της βροχόπτωσης αποτελεί διαχρονικά πρόβλημα στην επιστήμη της υδρομετεωρολογίας. Αρχικά οι επιστήμονες έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη πολύπλοκων μοντέλων παρά στο σχεδιασμό και βελτίωση τεχνικών για ακριβή μέτρηση και εκτίμηση των χαρακτηριστικών της βροχόπτωσης. Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας εφευρέθηκαν και κατασκευάστηκαν όργανα που παρέχουν ποιοτική και ποσοτική πληροφορία για πολλά χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων. Πλέον υπάρχουν αρκετοί τύποι οργάνων που μπορούν να υπολογίσουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ο καθένας ή να λειτουργήσουν ταυτόχρονα και να προσφέρουν στο χρήστη ακρίβεια και επαλήθευση των μετρήσεων.

Από την πρώτη στιγμή φάνηκε ότι είναι απαραίτητη η διεθνής συνεργασία για τη σωστή πρόβλεψη του καιρού με αποτέλεσμα να συσταθεί το 1878 ο Διεθνής Μετεωρολογικός Οργανισμός, από τον οποίο δημιουργήθηκε το 1950 ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (W.M.O.).

Στην Ελλάδα από το 1839 αρχίζουν να γίνονται οι πρώτες μετεωρολογικές παρατηρήσεις από το Αστεροσκοπείο Αθηνών ενώ από το 1890 αρχίζει να λειτουργεί ένα μικρό δίκτυο από 7 μετεωρολογικούς σταθμούς σε όλη τη χώρα. Σήμερα (2014), η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) παρέχει την έγκαιρη προειδοποίηση για πιθανή εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων. Εκδίδει έκτακτα δελτία, δίνει εικόνες ραντάρ και εικόνες δορυφόρου για την ενημέρωση των Ελλήνων πολιτών και των δημοσίων υπηρεσιών.

Επίσης το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (Ε.Α.Α.), παρέχει πληροφορίες τόσο από τους σταθμούς της Ε.Μ.Υ. όσο και από το δικό του εγκατεστημένο δίκτυο σχετικά με τον παρόντα καιρό, αλλά διαθέτει και αρχείο καταγραφής ιδιαίτερων καιρικών φαινομένων μιας και εκδίδει μηνιαίο δελτίο μετεωρολογικών παραμέτρων, και μέσω αυτού αναλύει καιρικά δεδομένα.

Στην Αττική, εκτός από το μετεωρολογικό δίκτυο της Ε.Μ.Υ. και του Ε.Α.Α. ιδρύθηκε και λειτουργεί το δίκτυο METEONET.



### 1.3. ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΑΘΜΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

Στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (687 km<sup>2</sup>), δέκα πλήρως αυτόματοι τηλεμετρικοί υδρομετεωρολογικοί σταθμοί έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν στο πλαίσιο του δικτύου ΜΕΤΕΟΝΕΤ. Το δίκτυο αυτό αναπτύχθηκε από τα μέλη του Εργαστηρίου Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και ονομάζεται δίκτυο Η.Ο.Α. (*Hydrological Observatory of Athens*).

Ο χάρτης 1.1. απεικονίζει την ακριβή θέση του κάθε σταθμού και ο πίνακας 1.1. τα χαρακτηριστικά της θέσης τοποθέτησής του.



**ΧΑΡΤΗΣ 1.1.** : ΘΕΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ Η.Ο.Α.

**ΠΗΓΗ** : ΕΠΙΣΗΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Η.Ο.Α.

ΘΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ '87)	
			X (m)	Ψ(m)
ΖΩΓΡΑΦΟΥ	5/8/2005	181	481137,0	4203010,6
ΜΕΝΙΔΙ	25/2/2005	210	476525,5	4217394,2
ΨΥΤΤΑΛΛΕΙΑ	25/2/2005	20	463569,2	4199167,6
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	25/2/2005	6	475537,3	4194336,4
ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	20/5/2005	206	478845,12	4196491,25
ΜΑΝΔΡΑ	6/7/2005	258	461612,23	4219259,46
ΓΑΛΑΤΣΙ	15/6/2005	176	478560,86	4208815,54
ΠΕΝΤΕΛΗ	8/11/2005	729	487886,13	4215140,08
ΠΙΚΕΡΜΙ	21/12/2005	133	493588,36	4205655,86
ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΑ	21/2/2006	184	470969,29	4213921,93

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.** : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΕΣΗΣ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ Η.Ο.Α.

**ΠΗΓΗ** : ΕΠΙΣΗΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Η.Ο.Α.

Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης κάθε σταθμού υλοποιήθηκε με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- Υψομετρικά, ώστε να αποφευχθούν αποκλίσεις κατά τον υπολογισμό της πραγματικής ποσότητας κατακρήμνισης.
- Ασφάλειας, πέρα από την εύκολη πρόσβαση στον σταθμό επιδιώκεται και η τοποθέτησή του κοντά σε δημόσιο κτίριο ώστε να επιτυγχάνεται η φύλαξή του.
- Τοπογραφικά, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας - W.M.O.

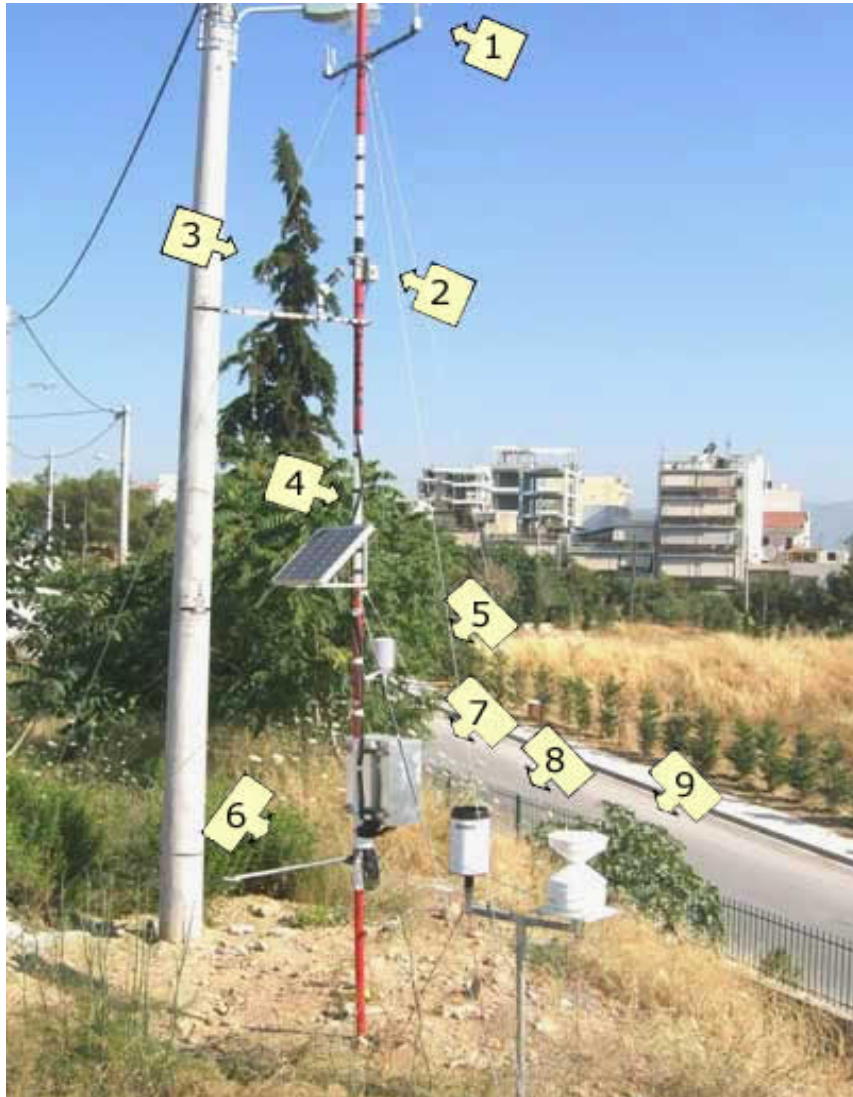
Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του W.M.O., για την παρακολούθηση τοπικών καιρικών φαινομένων (π.χ. καταιγίδες), η επιλογή της θέσης των σταθμών θεωρείται σημαντική. Η απόσταση μεταξύ των σταθμών δεν ξεπερνά τα 10km. Όλοι οι σταθμοί τοποθετούνται στο έδαφος και περιφράσσονται προκειμένου να μην είναι δυνατή η πρόσβαση σε οποιονδήποτε πέραν του εξειδικευμένου προσωπικού. Απέχουν από δέντρα, κτίρια, τοίχους ή άλλα εμπόδια που προϋπήρχαν στον περιβάλλοντα χώρο, καθώς επίσης και από αυτά που μπορεί να προκύψουν στο μέλλον. Συγκεκριμένα η απόσταση που έχουν τα βροχόμετρα από τα εμπόδια επιλέχθηκε να είναι τουλάχιστον διπλάσια σε σχέση με το ύψος του εμποδίου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του W.M.O.

Εκτός από τα βροχόμετρα, όλα τα άλλα όργανα – αισθητήρες τοποθετούνται σε έναν ανοξειδωτο ιστό 6 μέτρων, που αντέχει σε υψηλές ταχύτητες ανέμου και είναι εξοπλισμένος με αλεξικέραυνο. Για την εύρυθμη λειτουργία κάθε σταθμού, η απαιτούμενη τροφοδοσία παρέχεται μέσω ενός ηλιακού πάνελ, το οποίο είναι εγκατεστημένο στον ιστό. Με αυτό, επιτυγχάνεται η τροφοδοσία κάθε σταθμού με ρεύμα, ικανή για τη συνεχή λειτουργία για περίοδο τουλάχιστον 15 ημερών, ακόμη και με εντελώς συννεφιασμένο καιρό. Τέλος, ένας καταγραφέας δεδομένων είναι εγκατεστημένος σε κάθε σταθμό. Σε αυτόν καταγράφονται οι μετρήσεις όλων των αισθητήρων και αποθηκεύονται προσωρινά. Εν συνεχεία μέσω κινητής τηλεφωνίας (GPRS), όλες οι μετρήσεις που διαβιβάζονται στην κεντρική βάση δεδομένων.

Η γενική διάταξη των αισθητήρων σταθμών είναι ως εξής:

1. Ανεμόμετρο και ανεμοδείκτης
2. Ηλιογράφος
3. Πυρανόμετρο
4. Ηλιακό πάνελ
5. Θερμόμετρο – Αισθητήρας Υγρασίας (Θερμογράφος)
6. Ραδιόμετρο
7. Καταγραφέας Δεδομένων
8. Επιπρόσθετο Βροχόμετρο
9. Κύριο Βροχόμετρο

Στην εικόνα 1.1. φαίνονται αναλυτικά τα παραπάνω όργανα – αισθητήρες, που τοποθετούνται είτε στο έδαφος είτε στον ιστό.



**ΕΙΚΟΝΑ 1.1. : ΘΕΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ – ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΕΝΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ**  
**ΠΗΓΗ : ΕΠΙΣΗΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Η.Ο.Α.**

Οι μετρήσεις της βροχόπτωσης, θερμοκρασίας (μέγιστη, μέση και ελάχιστη), σχετικής υγρασίας, ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου, ηλιακής ακτινοβολίας και της διάρκειας ηλιοφάνειας που πραγματοποιούνται από τα παραπάνω όργανα κάθε δέκα λεπτά και αποθηκεύονται.

Η ιστοσελίδα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να κατεβάσει ιστορικές χρονοσειρές των μετρήσεων από έναν ή περισσότερους σταθμούς και να τις χρησιμοποιήσει για στατιστική ανάλυση υδρολογικών δεδομένων ή οποιαδήποτε άλλη χρήση.

#### 1.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Το μεγαλύτερο μέρος των κατακρημνίσεων στην Αττική εκδηλώνεται ως βροχοπτώση. Ο κύριος στόχος του προγράμματος ΜΕΤΕΟΝΕΤ είναι η διερεύνηση των βροχοπτώσεων που σημειώνονται. Προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία του δικτύου τοποθετούνται δύο βροχόμετρα ανά σταθμό. Έτσι διασφαλίζεται η συνεχή καταγραφή του ύψους βροχής, της έντασης και της χρονικής κατανομή της σε περίπτωση βλάβης ενός εκ των δύο.

Τα βροχόμετρα τοποθετούνται 1,5μ. πάνω από το έδαφος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τόσο τα όργανα όσο και τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε βροχόμετρου.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2. : ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟΥ**

<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΡΙΟΥ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟΥ</b>	
<b>ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ:</b>	<i>Cambell Scientific</i>
<b>ΜΟΝΤΕΛΟ:</b>	<i>ARG-100</i>
<b>ΕΥΡΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:</b>	<i>-30° ΕΩΣ +70°C</i>
<b>ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ:</b>	<i>+/- 1%</i>
<b>ΑΚΡΙΒΕΙΑ:</b>	<i>0,2 mm</i>

**ΕΙΚΟΝΑ 1.2. : ΚΥΡΙΟ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ**

**ΠΗΓΗ :** ΕΠΙΣΗΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Η.Ο.Α.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3. : ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟΥ**

<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟΥ</b>	
<b>ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ:</b>	<i>Young Company</i>
<b>ΜΟΝΤΕΛΟ:</b>	<i>52202</i>
<b>ΕΥΡΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:</b>	<i>-20° ΕΩΣ +50°C</i>
<b>ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ:</b>	<i>+/- 2-3%</i>
<b>ΑΚΡΙΒΕΙΑ:</b>	<i>0,1 mm</i>

**ΕΙΚΟΝΑ 1.3. : 2<sup>ο</sup> ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ**

**ΠΗΓΗ :** ΕΠΙΣΗΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Η.Ο.Α.



Ο σταθμός της Ζωγράφου βρίσκεται εντός της έκτασης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Πολυτεχνειούπολης). Εντός του σταθμού λειτουργεί ένα ακόμη όργανο μέτρησης του ύψους βροχής, το «Ντιστρόμετρο». Το συγκεκριμένο όργανο εγκαταστάθηκε στο χώρο Ε.Μ.Π. για να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση ρυθμού βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια των γεγονότων βροχής. Είναι τύπου Joss – Waldvogel (RD – 69) και μετράει την κατανομή της διαμέτρου των βροχοσταγόνων. Το όργανο αυτό έχει τη δυνατότητα να μετράει συνεχώς και αυτόματα την κατανομή του μεγέθους των υδροσταγονιδίων της βροχής  $N(D)$  και μέσα από μία διαδικασία μετατροπής να εκτιμάται το ολικό ύψος βροχής καθώς επίσης και ένα σύνολο εξειδικευμένων υδρομετεωρολογικών χαρακτηριστικών της βροχόπτωσης.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

DISDROMETER RD-69

ΕΙΚΟΝΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ:

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΠΙΣΩ ΦΟΝΤΟ:** ΒΡΟΧΕΡΟΣ ΚΑΙΡΟΣ

**ΠΗΓΗ:** ΕΤΑΙΡΕΙΑ LIVE CITY ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ Ι.Κ.Ε (ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΩΝ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΩΝ)

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΕΜΠΡΟΣ ΦΟΝΤΟ:** THE YERRES, RAIN, 1875

**ΠΗΓΗ:** ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ ΖΩΓΡΑΦΟΥ GUSTAVE CAILLEBOTTE

## 2. DISDROMETER RD – 69

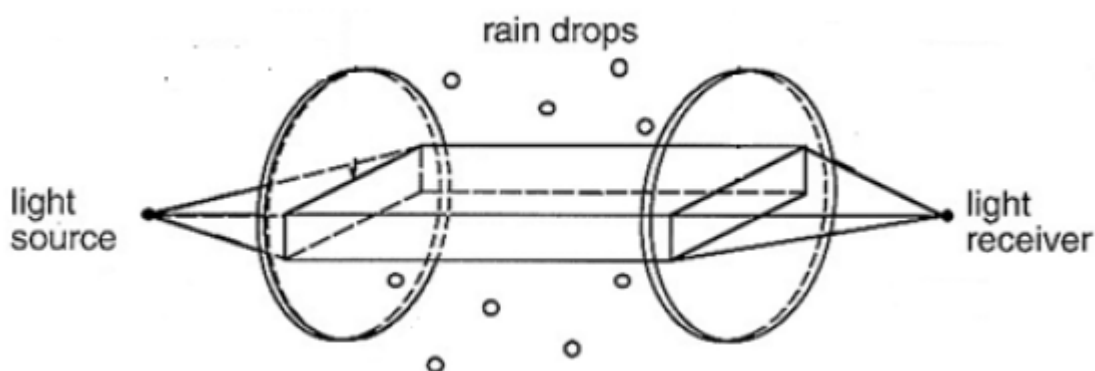
### 2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην διάρκεια των χρόνων έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές δειγματοληψίας και καταγραφής των κατανομών του μεγέθους των υδροσταγονιδίων της βροχής. Αρχικά μια πρώτη τεχνική ήταν η φωτογράφιση ενός όγκου βροχόπτωσης με μια κάμερα σε τέτοια ανάλυση ώστε να δύναται να μετρηθούν όλα τα υδροσταγονίδια στον συγκεκριμένο όγκο. Η τεχνική αυτή γρήγορα εγκαταλείφτηκε εξαιτίας του μεγάλου όγκου εργασίας, που χρειαζόταν ώστε να συγκεντρωθεί ένα σημαντικό στατιστικό δείγμα υδροσταγονιδίων. Στην προσπάθεια να αποφευχθεί η χρονοβόρα αυτή εργασία εφευρέθηκε το disdrometer.

Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως δύο τύποι επίγειων disdrometers:

- Οπτικό / Video disdrometer
- Impact ή Ακουστικό disdrometer

Το οπτικό disdrometer χρησιμοποιεί μια ακτίνα φωτός για να καθορίσει το μέγεθος και την ταχύτητα της βροχής. Στην μία πλευρά (πομπός) παράγεται μια φωτεινή δέσμη που διαβιβάζεται στην απέναντι πλευρά της συσκευής (δέκτης). Εάν μια σταγόνα βροχής περάσει μπροστά από τη δέσμη ο δέκτης θα λαμβάνει λιγότερο φως από τον πομπό (Εικόνα 2.1.). Η ταχύτητα και το μέγεθος της σταγόνας καθορίζει το χρόνο και σε ποιο βαθμό αντίστοιχα, η δέσμη φωτός θα διακόπτεται. Εκτός από τη βροχή, τα περισσότερα οπτικά disdrometers μπορούν να ανιχνεύουν και να διακρίνουν και άλλα υγρά κατακρημνίσματα, χαλάζι και χιόνι.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.1.:** ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ DISDROMETER  
**ΠΗΓΗ:** LAVERGNAT AND GOLÉ, 1998

Σύμφωνα με τους Lavergnat και Gole, που μελέτησαν ένα μοντέλο οπτικού disdrometer, η συγκεκριμένη συσκευή έχει την ικανότητα να εξηγήσει διάφορες πτυχές της βροχόπτωσης (π.χ. ένταση, περίπλοκη συμπεριφορά). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μετεωρολογία, καθώς και στις τηλεπικοινωνίες. Βέβαια, το σημαντικό μειονέκτημα που

παρουσιάζει είναι η εσφαλμένη μέτρηση των υδροσταγονιδίων με διάμετρο κάτω των 3mm.

Πλέον, διάφορα μοντέλα του οπτικού disdrometer έχουν αναπτυχθεί. Εκτός από τα μοντέλα μίας διάστασης, 1-D disdrometer (Löffler-Mang and Joss, 2000), χρησιμοποιούνται και τα μοντέλα δύο διαστάσεων, 2-DVD disdrometer (Kruger and Krajewski, 2002). Στις εικόνες 2.2. και 2.3. παρατηρούνται κάποια μοντέλα και από τις δύο κατηγορίες. Η συμβολή των οπτικών disdrometers φαίνεται από το γεγονός ότι έχουν εγκατασταθεί τέτοια όργανα από την Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος (N.A.S.A.) στο πρόγραμμα της Παγκόσμιας Μέτρησης Βροχοπτώσεων (G.P.M.).



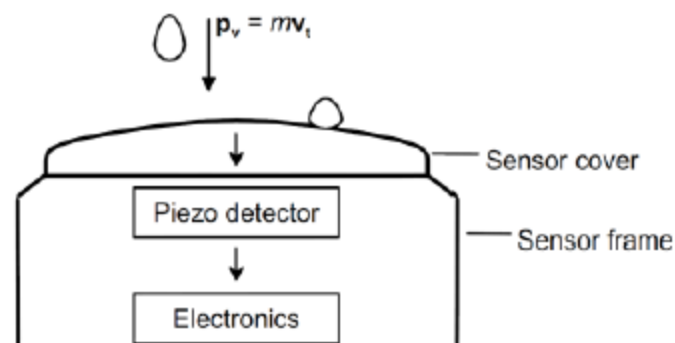
**EIKONA 2.2.:** 1-D DISDROMETER



**EIKONA 2.3.:** 2-DVD DISDROMETER

**ΠΗΓΗ:** RAINFALL: STATE OF SCIENCE, 2013

Το impact ή το ακουστικό disdrometer μετατρέπει την κατακόρυφη ορμή ενός προσπίπτοντος υδροσταγονιδίου σε ηλεκτρικό παλμό. Ομοίως και ο ήχος που παράγεται κατά την πρόσπτωση σε ειδική επιφάνεια της συσκευής μετατρέπεται σε παλμό. Και στις δύο περιπτώσεις το μέγεθος του παλμού σχετίζεται με τη διάμετρο της σταγόνας.



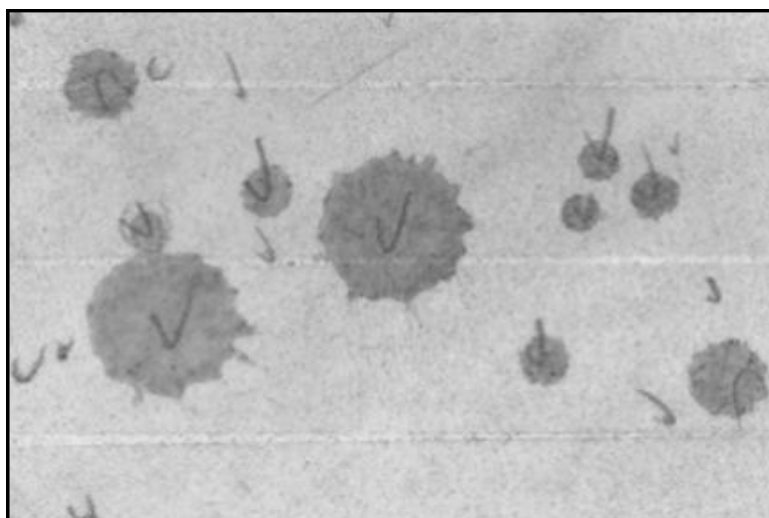
**EIKONA 2.4.:** ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ DISDROMETER

**ΠΗΓΗ:** SALMI AND IKONEN, 2005



Στην εικόνα 2.4. παρατηρούμε ότι η κατακόρυφη ορμή ( $\rho_{\text{vertical}}$ ) της σταγόνας ισούται με την μάζα ( $m$ ) επί την ταχύτητά της ( $v_{\text{terminal}}$ ). Και στις δύο παραμέτρους αυτές καθοριστικό ρόλο παίζει το σχήμα της σταγόνας άρα η διάμετρός της.

Στα μέσα του 1800 ο W.A. Bentley προσπάθησε να παρατηρήσει την κατανομή του μεγέθους των υδροσταγονιδίων (DSD) χρησιμοποιώντας πολύ λεπτά κοσκινισμένο αλεύρι. Μελετούσε τα σφαιρίδια ζύμης που σχηματίζονταν από τις σταγόνες που έπεφταν στο αλεύρι (Blanchard, 1970). Το αλεύρι στην πορεία του χρόνου αντικαταστάθηκε από ένα ειδικό φίλτρο κατασκευασμένο από χαρτί. Στην εικόνα 2.5. φαίνονται τα σημάδια που δημιουργούν οι σταγόνες πάνω στο χαρτί (Palmer 1949). Τα μεγέθη των σημαδιών αυτών συγκρίνονταν στο εργαστήριο με γνωστού μεγέθους σταγόνες. Το πρώτο αυτόματο disdrometer αναπτύσσεται από τους Joss και Waldvogel το 1969 – 1970 για αυτό και είναι ευρέως γνωστό ως Joss – Waldvogel disdrometer (JWD).



**ΕΙΚΟΝΑ 2.5.:** ΣΗΜΑΔΙΑ ΑΠΟ ΣΤΑΓΟΝΕΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΕ ΕΙΔΙΚΟ ΧΑΡΤΙ

**ΠΗΓΗ:** PALMER, 1949

Οι Madden et al. (1998) έχουν αναφερθεί σε μια πιεζοηλεκτρική συσκευή για τη μέτρηση της κινητικής ενέργειας των σταγόνων βροχής. Επίσης, μια έκθεση σχετικά με ένα πιεζοηλεκτρικό βροχόμετρο για εφαρμογή σε σημαντήρες (δηλ. σηματοδούρες) δημοσιεύθηκε πρόσφατα από τους Förster et al. (2004). Η συσκευή Vaisala RAINCAP, που παρουσιάστηκε από τους Salmi και Ikonen (2005), βασίζεται στην ακουστική ανίχνευση των σταγόνων της βροχής. Ο αισθητήρας της συσκευής αυτής έχει τη δυνατότητα να διακρίνει το χαλάζι από σταγόνες βροχής.

Τέλος, οι Mikhaylovskaya (1964) , Joss και Waldvogel (1967), Kinnell (1972) και Nystuen et al. (1994), μελετούν disdrometers που βασίζονται σε ακουστική ή ηλεκτρομηχανική ανίχνευση μεμονωμένων σταγόνων βροχής. Οι συσκευές αυτές έχουν σχεδιαστεί για τη μέτρηση του μεγέθους της σταγόνας και την κατανομή της.

Το **DISDRUMETER RD – 69** που ανέπτυξαν οι Joss και Waldvogel έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετά χρόνια να χρησιμοποιείται ευρέως. Η ελβετική εταιρεία που προμηθεύει την αγορά με το συγκεκριμένο μοντέλο εμπορεύεται πλέον και το νέο μοντέλο RD – 80.

Πριν από περίπου 15 με 20 έτη η χρήση του disdrometer περιοριζόταν σε ερευνητικούς σκοπούς από διάφορα πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα στην Ευρώπη. Το πανεπιστήμιο του Salford (University of Salford) και τα πολυτεχνεία της Grenoble (Institut National Polytechnique de Grenoble) και της Catalunya (U.P.C. – Universitat Polytechnica de Catalunya) ήταν από τα πρώτα που εγκατέστησαν και σύγκριναν τις μετρήσεις των disdrometers με μετρήσεις άλλων οργάνων.

Το Ε.Μ.Π. αρχικά εγκατέστησε το όργανο στην οροφή του κτιρίου της Υδραυλικής και στις 27/12/97 ξεκίνησε να καταγράφει τα πρώτα επεισόδια βροχής. Εν συνεχεία, το όργανο τοποθετήθηκε στο μετεωρολογικό σταθμό του Ζωγράφου (αναφέρεται στο προηγούμενο κεφάλαιο) εντός της Πολυτεχνειούπολης μαζί με τα υπόλοιπα όργανα, όπου και παραμένει μέχρι σήμερα.

Πλέον, το Disdrometer είναι ένα απαραίτητο όργανο σε όλες τις περιπτώσεις που γίνεται πειραματική ή επιχειρησιακή χρήση επίγειων μέσων μέτρησης, εκτίμησης και πρόγνωσης βροχής (π.χ. με χρήση Radar). Και αυτό γιατί με την γνώση της κατανομής του μεγέθους των υδροσταγονιδίων της βροχής γίνεται καλύτερη εκτίμηση της σχέσης που συνδέει την ένταση της βροχόπτωσης  $R$  και τον παράγοντα ανακλαστικότητας του Radar  $Z$ .

## 2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ DISDROMETER RD – 69

### 2.2.1. Γενικά

Το DISDROMETER RD – 69 αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

- Το διατεταγμένο μετατροπέα (transducer)
- Τον επεξεργαστή (processor)



**ΕΙΚΟΝΑ 2.6.:** ΔΙΑΤΕΤΑΓΜΕΝΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D.

Τα δύο αυτά μέρη, όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 2.6., συνδέονται με ένα καλώδιο. Ο διατεταγμένος μετατροπέας είναι στεγασμένος σε μια κυλινδρική μεταλλική θήκη, η



οποία προστατεύει τα ευαίσθητα κομμάτια του. Ο επεξεργαστής περιέχει κυκλώματα για να εξαλείψει τα ανεπιθύμητα σήματα, που κυρίως οφείλονται σε ακουστικό θόρυβο, και για να μειώσει το εύρος του σήματος του μετατροπέα από 90 db σε 36 db στην έξοδο  $U_{compr}$ .

Το σύστημα συμπληρώνεται και με ένα τρίτο μέρος:

- Το μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (analyzer ADA – 90)

Ο διατεταγμένος μετατροπέας μετασχηματίζει τη μηχανική ορμή της προσπίπτουσας σταγόνας σε έναν ηλεκτρικό παλμό. Το μέγεθος του ηλεκτρικού σήματος είναι περίπου ανάλογο της μηχανικής ορμής, που εξαρτάται όπως προαναφέρθηκε από το μέγεθος της σταγόνας της βροχής. Στη συνέχεια ο ηλεκτρικός παλμός μεταφέρεται στον επεξεργαστή, ο οποίος «καθαρίζει» το σήμα και το προσαρμόζει. Το επεξεργασμένο σήμα προωθείται στο τρίτο μέρος του συστήματος στον μετατροπέα, όπου και ψηφιοποιείται και μεταδίδεται σε σειριακή μορφή σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τη στιγμή της μέτρησης (κάθε λεπτό) υπάρχει η δυνατότητα στην οθόνη του υπολογιστή να παρακολουθείται, με τη χρήση του αντίστοιχου λογισμικού, η κατανομή του μεγέθους των υδροσταγονιδίων στο συγκεκριμένο λεπτό, η ένταση της βροχόπτωσης καθώς και το συνολικό ύψος της βροχής. Με την αγορά του οργάνου παρέχεται δωρεάν στον αγοραστή και το λογισμικό της εταιρίας. Μέσω του προγράμματος για το DISDROMETER RD-69 μπορούν να υπολογιστούν και οι ακόλουθες υδρομετεωρολογικές παράμετροι, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.: ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ**  
**ΠΗΓΗ: ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

<b>ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</b>	<b>ΣΥΜΒΟΛΟ</b>	<b>ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>
Ένταση Βροχόπτωσης	<b><i>R</i></b>	<b><i>mm/h</i></b>
Περιεκτικότητα υγρού νερού	<b><i>W</i></b>	<b><i>mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup></i></b>
Ανακλαστικότητα Radar	<b><i>Z</i></b>	<b><i>mm<sup>6</sup>/m<sup>3</sup></i></b>
Συγκέντρωση υδροσταγονιδίων στην τάξη μεγέθους 0,	<b><i>N<sub>0</sub></i></b>	<b><i>m<sup>-3</sup>/mm<sup>-1</sup></i></b>
Κλίση της καμπύλης N(D)	<b><i>λ</i></b>	<b><i>mm<sup>-1</sup></i></b>
Κινητική ενέργεια	<b><i>E<sub>F</sub></i></b>	<b><i>N/m<sup>2</sup></i></b>
Συνολικός αριθμός σταγόνων	<b><i>N<sub>tot</sub></i></b>	<b>-</b>

## 2.2.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του διατεταγμένου μετατροπέα και του επεξεργαστή είναι τα παρακάτω:

- Εύρος διαμέτρων σταγόνων 0,3 έως 5mm
- Επιφάνεια δειγματοληψίας 50cm<sup>2</sup>
- Προσεγγιστική σχέση μεταξύ D και του U<sub>compr</sub>:

$$U_{compr} \approx 0,94 * D^{1.47} \quad (2.1.)$$

όπου,

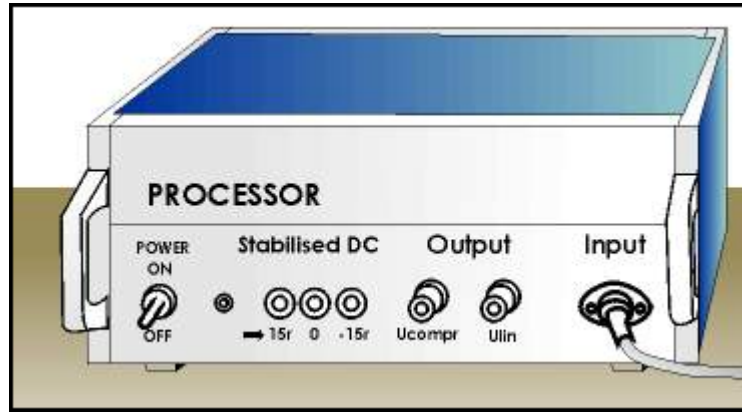
**D**: η διάμετρος της προσπίπτουσας σταγόνας σε mm και  
**U<sub>compr</sub>**: το μέγεθος του παλμού εξόδου σε Volts

- Ακρίβεια +/- 5% των μετρούμενων διαμέτρων D
- Απαιτήσεις ενέργειας 230Volts AC, +/- 10%  
50 έως 60Hz, 3,5Watts
- Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας 0 έως 40° C
- Διαστάσεις:  
 Μετατροπέα: 10cm \* 10cm \* 17cm (M\*Π\*Υ)  
 Επεξεργαστή: 10cm \* 23cm \* 27cm (Υ\*M\*Π)
- Βάρος:  
 Μετατροπέα: 2,9kg  
 Επεξεργαστή: 1,9kg
- Μήκος καλωδίου συνδέσεως: ≤100m

### 2.2.3. Σήματα Εξόδου

Στον πίνακα που βρίσκεται στο μπροστινό τμήμα του επεξεργαστή υπάρχουν δύο θύρες-έξοδοι (εικόνα 2.7.):

- Γραμμική έξοδος U<sub>in</sub>
- Η επεξεργασμένη έξοδος U<sub>compr</sub>



**ΕΙΚΟΝΑ 2.7.:** ΔΥΟ ΕΞΟΔΟΙ ΤΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D.

### **Η γραμμική έξοδος $U_{lin}$**

Στη θύρα  $U_{lin}$  το ανεπεξεργαστο σήμα εξόδου είναι διαθέσιμο. Κάθε σταγόνα που πέφτει στην επιφάνεια του μετατροπέα προκαλεί ένα παλμό διάρκειας περίπου ίσο με 0,5ms. Το μέγεθος του παλμού στην έξοδο  $U_{lin}$  είναι συνάρτηση της διαμέτρου της σταγόνας και είναι ανάλογος της μηχανικής ορμής της σταγόνας και επομένως δίνεται από τη σχέση:

$$U_{lin} \approx V_{term} * D^3 \quad (2.2)$$

Όπου,

$V_{term}$ : η τελική (terminal) ταχύτητα της σταγόνας

$D$ : η διάμετρος της προσπίπτουσας σταγόνας.

Επειδή η τελική ταχύτητα  $V_{term}$  είναι περίπου ίση με τη διάμετρό της, προκύπτει:

$$U_{lin} \approx D^4 \quad (2.3)$$

Για διαμέτρους σταγονιδίων μεταξύ 0,3mm και 0,5mm το disdrometer παράγει παλμούς εξόδου  $U_{lin}$  με μεγέθη μεταξύ 0,3mV και 10V τα οποία ανταποκρίνονται στο εύρος των 90db.

### **Η επεξεργασμένη έξοδος $U_{compr}$**

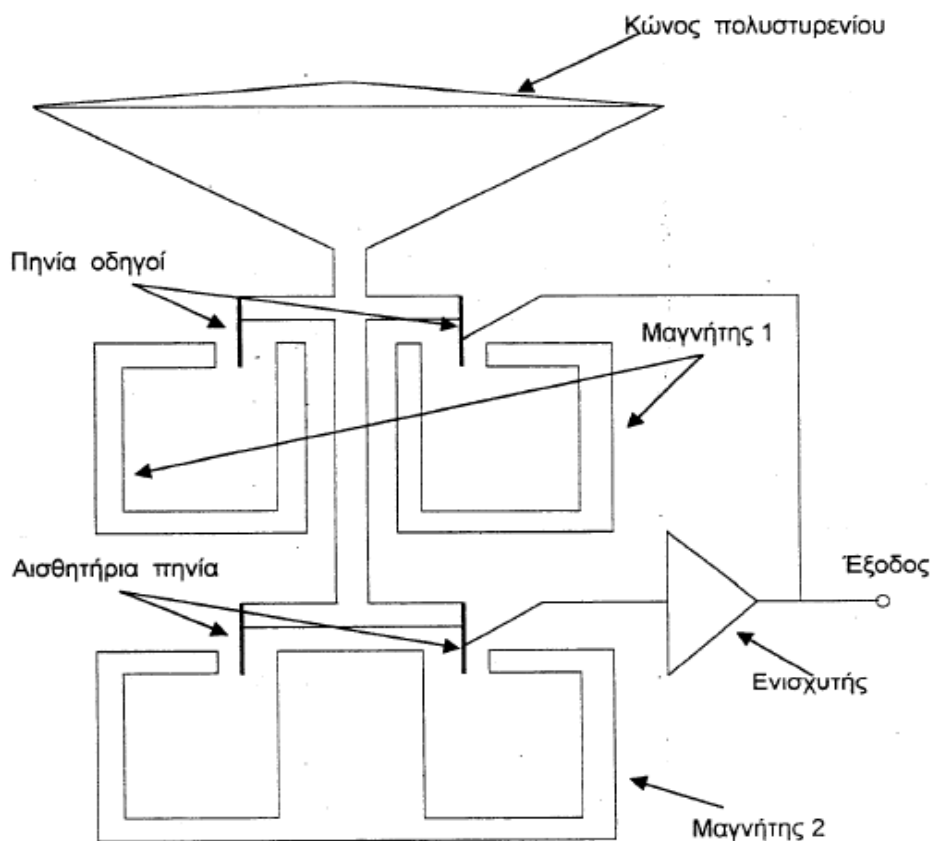
Η έξοδος  $U_{compr}$  αποτελεί την έξοδο που χρησιμοποιείται υπό φυσιολογικές συνθήκες. Η διάρκεια του παλμού είναι ίδια με αυτή της εξόδου  $U_{lin}$  (5ms). Το δυναμικό εύρος του μεγέθους του παλμού είναι σημαντικά μειωμένο, από τα 90db του μη επεξεργασμένου σήματος στην έξοδο  $U_{lin}$  σε 36db στην έξοδο  $U_{compr}$ . Αυτό διευκολύνει την περαιτέρω επεξεργασία. Η σχέση που προκύπτει το μέγεθος του παλμού είναι η 2.1. Το σήμα εξόδου  $U_{compr}$  είναι απαλλαγμένο από όλα τα ανεπιθύμητα παρεμβαλλόμενα σήματα και μπορεί να αναλυθεί με έναν συμβατικό αναλυτή ύψους παλμών.

## Δοκιμαστικό σήμα

Στον επεξεργαστή βρίσκεται ενσωματωμένο ένα κύκλωμα για την παραγωγή δοκιμαστικού σήματος. Το δοκιμαστικό σήμα περιλαμβάνει μια ακολουθία παλμών με συχνότητα 1000Hz. Ένα κουμπί στο πίσω μέρος του επεξεργαστή ενεργοποιεί το δοκιμαστικό σήμα, που εξασφαλίζει ένα γρήγορο τρόπο για την κανονική λειτουργία του οργάνου. Ενεργοποιώντας το θα εμφανιστεί ένα συγκεκριμένο μέγεθος παλμού στην έξοδο  $U_{\text{compr}}$ . Εάν δεν υπάρχουν παλμοί ή δεν έχουν το σωστό μέγεθος τότε το όργανο δεν λειτουργεί σωστά και χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση για την αιτία του προβλήματος. Ένας γρήγορος και εύκολος αλλά λιγότερο αξιόπιστος τρόπος για την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας του οργάνου είναι το άκουσμα ενός αμυδρού ήχου από τον κώνο πολυστυρενίου του μετατροπέα που παράγεται με το πάτημα του κουμπιού του δοκιμαστικού σήματος.

### 2.2.4. Διατεταγμένος Μετατροπέας (transducer)

Ο διατεταγμένος μετατροπέας αποτελείται από μια ηλεκτρομηχανική μονάδα και έναν ενισχυτή ανάδρασης. Ένα κωνικό σώμα πολυστυρενίου χρησιμοποιείται για να μεταδίδει τη μηχανική ώθηση της προσπίπτουσας σταγόνας σε ένα ζεύγος από δύο κινούμενα συρμάτινα πηνία. Ο κώνος και τα δύο κινούμενα πηνία είναι στερεωμένα μεταξύ τους και άκαμπτα (εικόνα 2.8.).

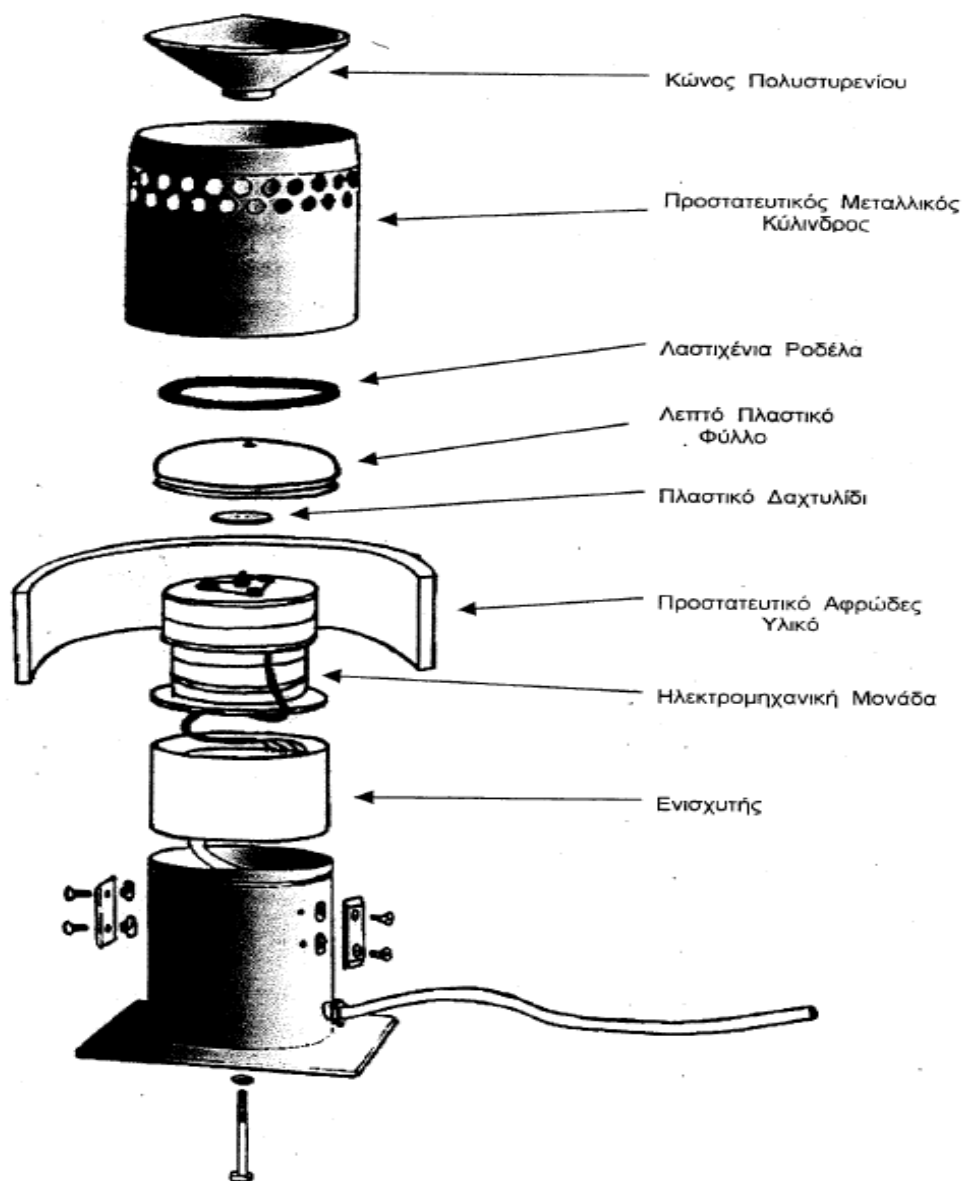


**ΕΙΚΟΝΑ 2.8.: ΔΙΑΤΕΤΑΓΜΕΝΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ (TRANSDUCER)**

**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D. ΚΑΙ ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Με την πρόσκρουση της σταγόνας ο κώνος πολυστερενίου μαζί με τα δυο κινούμενα πηνία κινούνται προς τα κάτω και μια τάση προκαλείται στο αισθητήριο πηνίο. Αυτή η τάση ενισχύεται και εφαρμόζεται στο «πηνίο οδηγός» (driving coil) και έτσι παράγεται μια δύναμη αντίδρασης. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι η διαδρομή είναι πολύ μικρή και το σύστημα χρειάζεται πολύ λίγο χρόνο για να επιστρέψει στην αρχική του θέση ηρεμίας έτσι ώστε να είναι έτοιμο για την επόμενη πρόσκρουση σταγόνας. Το μέγεθος του παλμού στην έξοδο του ενισχυτή είναι ένα μέτρο για το μέγεθος της σταγόνας που τον προκάλεσε.

Στην εικόνα 2.9. παρουσιάζονται τα μέρη που απαρτίζουν το διατεταγμένο μετατροπέα αναλυτικότερα.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.8.:** ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΔΙΑΤΕΤΑΓΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ (TRANSDUCER)  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D. ΚΑΙ ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

## 2.2.5. Επεξεργαστής (Processor)

Ο επεξεργαστής εξυπηρετεί τρεις διαφορετικές λειτουργίες:

- Προμηθεύει ενέργεια το διατεταγμένο μετατροπέα
- Επεξεργάζεται τα σήματα που στέλνει ο διατεταγμένος μετατροπέας
- Περιέχει κυκλώματα για την εξέταση της κατάστασης του οργάνου

Ο ενσωματωμένος μετασχηματιστής ενέργειας παρέχει ρυθμισμένη DC τάση μεταξύ +15V και -15V για να ενεργοποιήσει τον μετατροπέα και τα κυκλώματα του επεξεργαστή.

Το κύκλωμα επεξεργασίας σήματος αποτελείται από:

- ένα φίλτρο μείωσης θορύβου,
- έναν συμπιεστή δυναμικού εύρους και
- ένα κύκλωμα αναγνώρισης σήματος.

Το φίλτρο μείωσης θορύβου είναι ένα ενεργό διαπερατό σε ζώνη (bandpass) φίλτρο, του οποίου η συχνότητα απόκρισης είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε να δίνει τον βέλτιστο λόγο μεταξύ του σήματος από τις σταγόνες και του σήματος από το θόρυβο που επηρεάζει το όργανο.

Ο συμπιεστής δυναμικού εύρους αποτελείται από έναν ενισχυτή σήματος που προσαρμόζει το μέγεθος απόκρισης στα επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Το κύκλωμα αναγνώρισης σήματος μπορεί να ξεχωρίσει τους παλμούς από το σήμα των σταγόνων που χτυπάνε στην επιφάνεια του μετατροπέα από τις πιο ομοιόμορφες ταλαντώσεις που προκαλούνται από το θόρυβο. Για να γίνει η μέτρηση, είναι απαραίτητο οι παλμοί που προέρχονται από τις σταγόνες της βροχής να ξεπερνούν τις προκαλούμενες ταλαντώσεις από το θόρυβο. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται μια σειριακή μεταφορά του παλμού σε έναν σταθεροποιητή παλμού ο οποίος παράγει ένα σταθερής διάρκειας παλμό χωρίς να αλλάξει το μέγεθος κορυφής του αρχικού παλμού.

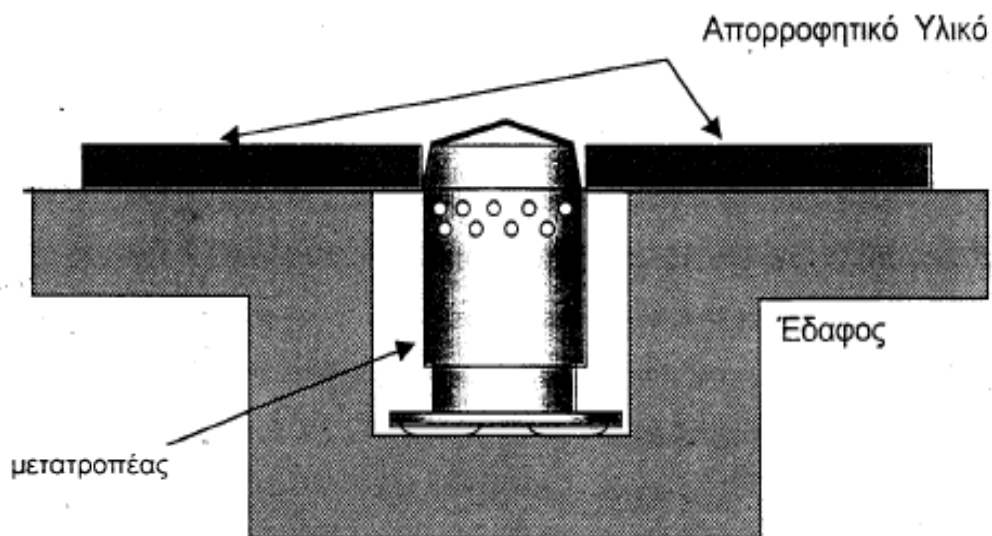
Το κύκλωμα δοκιμής περιλαμβάνει ένα σταθερό πολυ-δονητή του οποίου η έξοδος είναι συνδεδεμένη απευθείας στο πηνίο οδηγό του μετατροπέα. Εάν ο μετατροπέας δεν είναι σωστά συνδεδεμένος ή εάν κάποιο μέλος του επεξεργαστή δεν λειτουργεί σωστά, το σήμα στην έξοδο  $V_{\text{comp}}$  είτε θα διαστραφεί είτε θα χαθεί.

Όσο το δοκιμαστικό σήμα είναι ενεργοποιημένο το κύκλωμα αναγνώρισης σήματος βρίσκεται εκτός λειτουργίας, γιατί αλλιώς το δοκιμαστικό σήμα θα καταστέλλονταν. Το δοκιμαστικό σήμα ενεργοποιείται με ένα απλό κουμπί στο πίσω μέρος του επεξεργαστή.

## 2.2.6. Εγκατάσταση (θέση) του Διατεταγμένου Μετατροπέα

Για την τοποθέτηση του διατεταγμένου μετατροπέα θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- Τοποθέτηση του διατεταγμένου μετατροπέα πρέπει να γίνει σε ένα ήσυχο μέρος αφού ο θόρυβος επηρεάζει αρνητικά τις μετρήσεις των μικρών σταγόνων. Τα σήματα που προέρχονται από θόρυβο καταστέλλονται από το όργανο, αλλά μαζί με αυτά θα κατασταλούν και τα σήματα που προέρχονται από μικρές σταγόνες που δεν ξεπερνούν το επίπεδο σήματος του θορύβου. Τα σήματα που ξεπερνούν το επίπεδο του θορύβου θα μετρηθούν με πλήρη ακρίβεια. Για αυτό το λόγο ο θόρυβος προκαλεί μείωση στον αριθμό των μικρών σταγόνων που μετρούνται.
- Προστασία του διατεταγμένου μετατροπέα από δυνατούς ανέμους, οι οποίοι προκαλούν στροβιλισμούς στις άκρες του. Για την αποφυγή αυτής της δυσάρεστης συνέπειας η τοποθέτηση του μετατροπέα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε το πάνω μέρος του να βρεθεί στο επίπεδο του εδάφους (εικόνα 2.9).
- Προστασία του μετατροπέα από πλημμύρα του χώρου εγκατάστασης.
- Αντικείμενα τα οποία αντηχούν με το χτύπημα της βροχής καθώς και σκληρές επιφάνειες στις οποίες οι σταγόνες ενδέχεται να αναπηδήσουν δεν πρέπει να βρίσκονται ή να τοποθετούνται πλησίον του μετατροπέα.
- Ο επεξεργαστής όπως και κάθε άλλο όργανο του μετεωρολογικού σταθμού πρέπει να τοποθετηθεί σε ασφαλές και προστατευόμενο μέρος.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.9.:** ΙΔΑΝΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΤΕΤΑΓΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ (TRANSDUCER)  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D. ΚΑΙ ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

### 2.2.7. Συντήρηση - Έλεγχος του Διατεταγμένου Μετατροπέα

Το όργανο χρειάζεται πολύ λίγη συντήρηση. Συνιστάται ο διατεταγμένος μετατροπέας να ελέγχεται από καιρό σε καιρό για να βεβαιώνεται ότι δεν έχει εισχωρήσει υγρασία στο εσωτερικό του. Εάν είναι εκτεθειμένος συνεχώς, είναι καλό να γίνεται αντικατάσταση του πλαστικού φύλλου μια φορά το χρόνο.

Ο έλεγχος του διατεταγμένου μετατροπέα είναι μια διαδικασία σχετικά εύκολη, ωστόσο όμως πολύ απαραίτητη για την καλή λειτουργία και αξιοποίησή του. Ο έλεγχος αυτός θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και σε χρονικά διαστήματα που καθορίζονται ανάλογα με τη συχνότητα της χρήσης του οργάνου. Τα βήματα που ακολουθούνται κάθε φορά που χρειάζεται να ελέγξουμε το όργανο είναι τα εξής:

1. Κατ' αρχήν αποχωρίζεται ο προστατευτικός μεταλλικός κύλινδρος σέρνοντάς τον προς τα επάνω.
2. Εξετάζεται το λεπτό φύλλο πλαστικού για ελαττώματα όσον αφορά τη στεγανότητά του. Το λεπτό αυτό φύλλο είναι η μοναδική ασπίδα, ενάντια στη βροχή, της ηλεκτρομηχανική μονάδας. Εάν υπάρχει έστω και η παραμικρή αμφιβολία για την ακεραιότητά του, θα πρέπει να αντικαθίσταται αμέσως.
3. Μια λαστιχένια ροδέλα χρησιμοποιείται για να κρατάει τις άκρες του πλαστικού φύλλου στο πάνω τέλος του μετατροπέα. Πρέπει κάθε φορά να εξασφαλίζεται ότι το πλαστικό φύλλο σφραγίζει καλά γύρω από όλη την περιφέρεια και ότι η λαστιχένια ροδέλα εφαρμόζει καλά μέσα στην ράβδωση. Εάν το πλαστικό φύλλο χρήζει αντικατάστασης, πρέπει να προστίθεται λίγη σιλικόνη τόσο στη ράβδωση στο πάνω μέρος του μετατροπέα όσο και στο πλαστικό δαχτυλίδι πριν τοποθετηθεί το καινούργιο πλαστικό φύλλο.
4. Στη συνέχεια επανατοποθετείται ο προστατευτικός μεταλλικός κύλινδρος σέρνοντάς τον προς τα κάτω έως ότου τερματίσει και ταυτόχρονα εξασφαλίζεται ότι το πλαστικό δαχτυλίδι είναι στη θέση του.
5. Τοποθετείται ο κώνος πολυστυρενίου χωρίς όμως να σφίγγεται πάρα πολύ (η ασκούμενη ροπή δεν πρέπει να ξεπερνάει το 1kgcm).
6. Τέλος, επαναφέρεται ο προστατευτικός μεταλλικός κύλινδρος προς τα επάνω μέχρις ότου το πάνω μέρος του έρθει στο ίδιο επίπεδο με τον κώνο από πολυστυρένιο εξασφαλίζοντας ότι ο κώνος πολυστυρενίου δεν έρχεται σε επαφή με το μεταλλικό κύλινδρο.



## 2.3. ANALYZER ADA – 90 (ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ)

### 2.3.1. Γενικά

Το υποσύστημα μετατροπής αναλογικού σε ψηφιακό σήμα, ADA-90, είναι σχεδιασμένο να χρησιμοποιηθεί στη σύνδεση του RD-69 disdrometer σε έναν υπολογιστή. Ο ADA-90 (εικόνα 2.10.) δέχεται τους παλμούς, που δημιουργούνται από τις σταγόνες από το RD-69 disdrometer και τους μετατρέπει σε έναν ψηφιακό κώδικα τον οποίο μεταδίδει σε σειριακή μορφή στον υπολογιστή. Η μετάδοση των σειριακών δεδομένων γίνεται σύμφωνα με τα ευρέως χρησιμοποιούμενα RS-232-C βιομηχανικά στάνταρ.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.10.:** ANALYZER ADA – 90  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D. ΚΑΙ ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Το πλήρες σύστημα, εκτός του διατεταγμένου μετατροπέα που τοποθετείται στον εξωτερικό χώρο, παρουσιάζεται στην εικόνα 2.11. Αποτελείται από τον επεξεργαστή, το μετατροπέα ADA – 90 και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.11.:** ΤΟ ΠΛΗΡΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ  
**ΠΗΓΗ:** ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΤΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Ο διατεταγμένος μετατροπέας τοποθετείται στον εξωτερικό χώρο και εκτίθεται στις ως προς μέτρηση σταγόνες της βροχής. Μαζί με τον επεξεργαστή παράγουν έναν ηλεκτρικό παλμό για κάθε σταγόνα που χτυπά την ευαίσθητη επιφάνεια του. Το μέγεθος των παλμών είναι σε δεδομένη σχέση με τη διάμετρο των σταγόνων. Κατόπιν περνάει στον ADA-90 στον οποίο το εύρος του παλμού ψηφιοποιείται σε έναν 7 - bit κώδικα σύμφωνα με έναν εκθετικό νόμο. Αυτός ο κώδικας μεταδίδεται στη σειριακή RS – 232 έξοδο του υπολογιστή. Ο ADA-90 απαιτεί πολύ λίγη ενέργεια την οποία προμηθεύεται απευθείας από τον επεξεργαστή.

### 2.3.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό είναι τα παρακάτω:

- Πεδίο μεγέθους παλμών: 160mV έως 10V
- Αριθμός καναλιών (channels): 127
- Όρια καναλιών δίνεται από τη σχέση:

$$U_N = 10^{(1-(127-N)*0.014253)} \quad (2.4)$$

όπου,

**N:** ο αριθμός του καναλιού

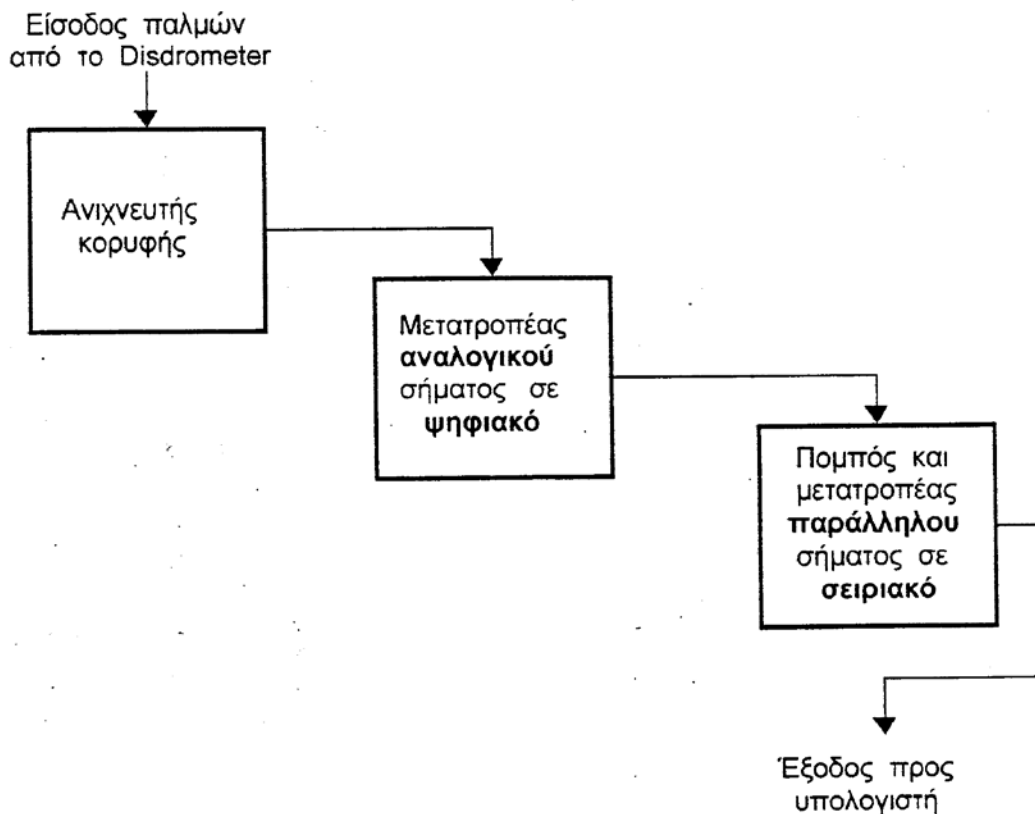
- Ακρίβεια ορίων: +/- 1%
- Μορφή παλμού: χρόνος ανόδου : <0,4ms  
(μεταξύ 160mV και κορυφής εύρους)
- Διάρκεια παλμού: <0,8ms για εύρος > 0,16V
- Ελάχιστος χρόνος μεταξύ παλμών: 0,84ms
- Ταχύτητα μετάδοσης: 9600Bd
- Τροφοδοσία: +15V / 30mA  
-15V / 15mA
- Διαστάσεις: 14cm \* 17cm \* 5cm (Μ\*Π\*Υ)
- Βάρος: 0,5kg

### 2.3.3. Περιγραφή Λειτουργίας

Ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ADA – 90 αποτελείται κυρίως από τρία τμήματα:

- έναν ανιχνευτή κορυφής,
- ένα μη γραμμικό αναλογικό (A – analogical) σε ψηφιακό (D – digital) σήμα και
- πομπό / μετατροπέα παράλληλου σήματος σε σειριακό.

Μόλις το εύρος του παλμού στην είσοδο ξεπεράσει ένα καθορισμένο όριο (ονομαστική τιμή .0.157 V) ξεκινά ο κύκλος της μετατροπής. Ο ανιχνευτής κορυφής ενεργοποιείται και αποθηκεύει την κορυφή μεγέθους του παλμού σε έναν πυκνωτή διατήρησης. Ο μετατροπέας A σε D ενεργοποιείται μετά από χρονικό διάστημα 0.4ms. Η κορυφή του εύρους του παλμού συγκρίνεται με μια εκθετική συνάρτηση αποφόρτισης ενός κυκλώματος RC που ξεκινάει στα 10.0V. Την ίδια στιγμή ένας 7 – bit μετρητής, μετρά τους παλμούς του ρολογιού σε μια quartz χρονική βάση ( Distromet L.T.D., 1997). Μόλις η τάση της εκθετικής αποφόρτισης γίνει μικρότερη από την κορυφή του μεγέθους του παλμού εισόδου που είναι αποθηκευμένο στον πυκνωτή διατήρησης, τα περιεχόμενα του μετρητή αποθηκεύονται στον καταχωρητή του μετατροπέα. 0.4ms μετά την εκκίνηση του A σε D μετατροπέα η μετατροπή έχει ολοκληρωθεί. Ο ανιχνευτής κορυφής επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση και τα περιεχόμενα του καταχωρητή του μετατροπέα μεταφέρονται στον ασύγχρονο σειριακό πομπό. Μετά από αυτό το επεξεργασμένο, πια, δεδομένο μεταδίδεται στον υπολογιστή. Όσο το επεξεργασμένο δεδομένο μεταδίδεται ο ADA-90 είναι έτοιμος να δεχτεί τον επόμενο παλμό από το RD-69 disdrometer. Εάν για κάποιο λόγο ο υπολογιστής δεν είναι έτοιμος να δεχθεί το δεδομένο, ο ADA-90 το κρατά αποθηκευμένο στον καταχωρητή του πομπού. Αν κάποιος άλλος παλμός φτάσει από το disdrometer μετατρέπεται με τον παραπάνω τρόπο και φυλάσσεται στο καταχωρητή του μετατροπέα. Τα καινούργια επεξεργασμένα δεδομένα θα αντικαταστήσουν το δεδομένο που φυλάσσεται στον καταχωρητή του μετατροπέα. Αυτό το δεδομένο θα χαθεί εάν στο μεταξύ το δεδομένο που βρίσκεται από πριν στον καταχωρητή του πομπού δεν έχει μπορέσει να μεταδοθεί στον υπολογιστή.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.12.:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ADA – 90  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D.

## 2.4. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΥ DISDROMETER RD – 69

### 2.4.1. Περιγραφή Λειτουργίας

Ο σκοπός του λογισμικού είναι να καταστήσει δυνατό στους χειριστές ενός RD-69 Disdrometer να καταγράψουν και αποτιμήσουν μετρήσεις υδροσταγονιδίων με ένα συμβατό υπολογιστή.

Το πρόγραμμα του Disdrometer RD – 69, όπως προαναφέρθηκε, παρέχεται μαζί με την αγορά κάθε οργάνου και αποτελείται από τρία μέρη:

- Το πρόγραμμα εκκίνησης «**DROP**» το οποίο περιέχει το κυρίως μενού
- Το υποπρόγραμμα «**DATAIN**» για την καταγραφή του μεγέθους των υδροσταγονιδίων από το RD-69 Disdrometer.
- Το υποπρόγραμμα «**EVAL**» για την επεξεργασία των καταγεγραμμένων στοιχείων.

### Το πρόγραμμα «DROD»

Αυτό το πρόγραμμα περιέχει το κυρίως μενού απ το οποίο ο χειριστής μπορεί να επιλέξει ένα από τα δύο υποπρογράμματα, ένα κείμενο με οδηγίες χρήσεις και ορισμένες βοηθητικές λειτουργίες.

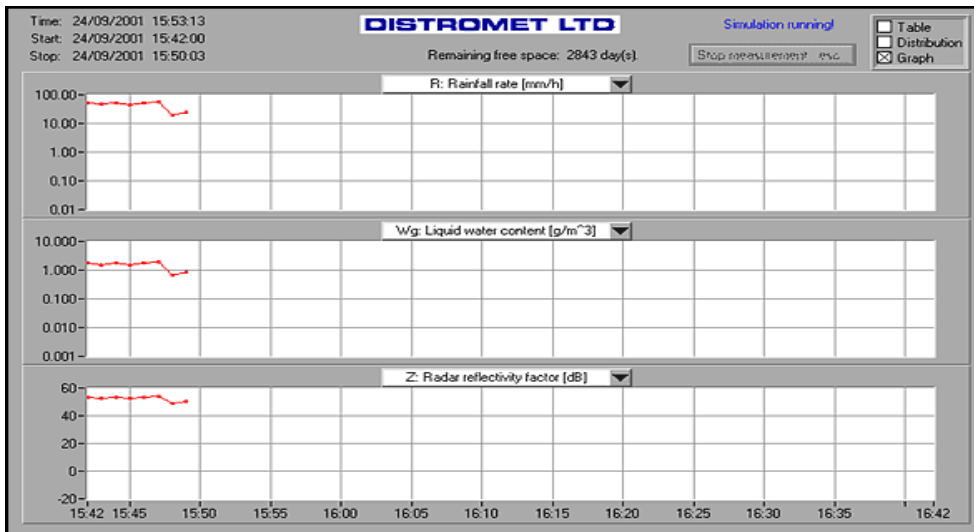
### Το πρόγραμμα «DATAIN»

Ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ADA-90 ο οποίος χρησιμοποιείται για να αναλύσει τα στοιχεία από το RD-69 Disdrometer ξεχωρίζει σε 127 τάξεις μεγέθους τις διαμέτρους των υδροσταγονιδίων (πίνακας 2.2.). Για να μειωθεί το πλήθος των στοιχείων και για να πάρουμε στατιστικά σημαντικά δείγματα, τα 127 κανάλια του ADA-90 έχουν συνενωθεί σε 20 κατηγορίες, περίπου εκθετικής κατανομής για το εύρος των διαθέσιμων διαμέτρων, οι οποίες καταγράφονται με αυτόν το τρόπο από το πρόγραμμα. Ο αριθμός των σταγόνων για κάθε κατηγορία ολοκληρώνεται κάθε ένα λεπτό και σχηματίζει μια ξεχωριστή μέτρηση. Με το τέλος μιας ώρας ή στο τέλος της περιόδου μέτρησης, όλες οι μετρήσεις που έχουν γίνει από την αρχή της ώρας συγκεντρώνονται και καταγράφονται από τον υπολογιστή.

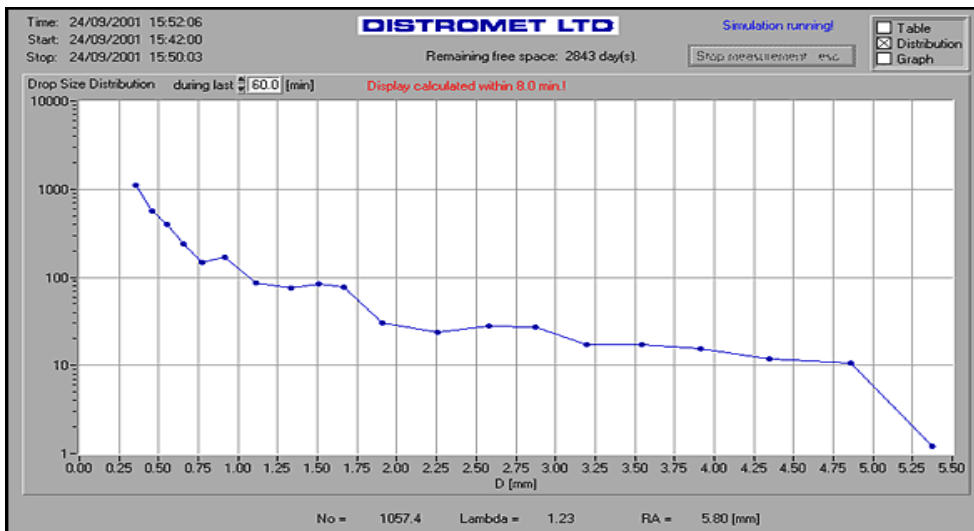
Ενώσω το πρόγραμμα 'τρέχει', κάθε ένα λεπτό μια νέα γραμμή εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή και δίνει τον πραγματικό χρόνο, τον αριθμό των σταγόνων σε κάθε τάξη μεγέθους διαμέτρου στη διάρκεια του τελευταίου λεπτού, τον μέσο βαθμό βροχόπτωσης στη διάρκεια του τελευταίου λεπτού και την συνολική συλλογή βροχής για όλη την περίοδο μέτρησης.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	R mm/h	RT mm
15:42:00	56	43	27	39	20	42	33	30	27	27	21	26	32	21	17	18	23	10	22	1	51.09	0.85
15:43:00	57	36	34	30	20	33	33	23	20	19	20	21	27	14	19	23	15	18	16		46.19	1.62
15:44:00	54	29	28	27	22	34	38	27	28	29	19	15	16	30	20	14	18	17	23	2	52.75	2.50
15:45:00	50	36	35	13	17	38	31	28	31	27	21	18	24	13	20	11	17	13	20	1	44.93	3.25
15:46:00	43	35	25	30	14	41	26	26	20	28	24	28	15	23	20	22	23	21	10	5	52.21	4.12
15:47:00	51	33	23	25	13	34	25	25	22	27	28	19	19	23	14	15	24	21	24	2	56.46	5.06
15:48:00	14	15	7	13	6	16	11	9	6	4	6	3	6	12	6	5	8	9	8		19.59	5.39
15:49:00	26	25	17	9	12	21	17	9	15	17	12	14	6	10	12	4	11	6	11	1	24.71	5.80

**ΕΙΚΟΝΑ 2.13.: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ  
ΠΗΓΗ: DISTROMET L.T.D.**



**ΕΙΚΟΝΑ 2.14.:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΥΘΜΟΥ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ, ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.15.:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ N(D)  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.: ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ (127) ΤΟΥ ADA – 90**  
**ΠΗΓΗ: DISTROMET L.T.D.**

ch	U <sub>comp</sub> (V)	Διάμετρος (mm)	Λάθος (%)	ch	U <sub>comp</sub> (V)	Διάμετρος (mm)	Λάθος (%)
1	0.160	0.315	0.6	2	0.165	0.321	1.0
3	0.171	0.328	1.1	4	0.177	0.334	1.0
5	0.183	0.341	1.1	6	0.189	0.347	1.1
7	0.195	0.353	0.9	8	0.202	0.360	0.9
9	0.209	0.368	1.1	10	0.216	0.376	1.3
11	0.223	0.384	1.3	12	0.230	0.392	1.4
13	0.238	0.401	1.3	14	0.246	0.411	1.4
15	0.254	0.420	1.5	16	0.263	0.430	1.6
17	0.272	0.440	1.5	18	0.281	0.450	1.5
19	0.290	0.460	1.5	20	0.300	0.470	1.3
21	0.310	0.480	1.3	22	0.320	0.491	1.4
23	0.331	0.501	1.2	24	0.342	0.511	1.1
25	0.353	0.521	1.2	26	0.365	0.531	1.0
27	0.377	0.542	0.9	28	0.390	0.553	1.1
29	0.402	0.564	1.1	30	0.416	0.575	0.9
31	0.430	0.589	0.9	32	0.444	0.603	1.1
33	0.459	0.618	1.1	34	0.474	0.634	0.9
35	0.490	0.650	1.0	36	0.506	0.667	0.8
37	0.523	0.684	0.8	38	0.541	0.701	0.8
39	0.559	0.721	0.9	40	0.577	0.740	0.7
41	0.597	0.759	0.6	42	0.617	0.777	0.8
43	0.637	0.797	1.2	44	0.659	0.814	0.9
45	0.681	0.831	0.4	46	0.703	0.848	0.3
47	0.727	0.865	0.3	48	0.751	0.881	0.2
49	0.776	0.898	0.3	50	0.802	0.914	0.3
51	0.829	0.930	0.3	52	0.857	0.947	0.3
53	0.886	0.964	0.4	54	0.915	0.983	0.6
55	0.946	1.007	0.8	56	0.978	1.030	0.6
57	1.011	1.056	0.5	58	1.044	1.086	0.5
59	1.079	1.116	0.6	60	1.116	1.146	0.5
61	1.153	1.175	0.4	62	1.192	1.205	0.3
63	1.232	1.236	0.3	64	1.273	1.266	0.3
65	1.315	1.293	0.3	66	1.359	1.321	0.3
67	1.404	1.351	0.4	68	1.451	1.378	0.3
69	1.500	1.405	0.2	70	1.549	1.432	0.2
71	1.601	1.459	0.2	72	1.654	1.484	0.1
73	1.709	1.510	0.0	74	1.766	1.535	0.2
75	1.825	1.560	0.2	76	1.886	1.584	0.1
77	1.949	1.608	0.2	78	2.014	1.634	0.2
79	2.081	1.663	0.4	80	2.150	1.693	0.6
81	2.222	1.723	0.5	82	2.296	1.754	0.3
83	2.372	1.804	0.6	84	2.452	1.856	0.8
85	2.533	1.909	0.6	86	2.618	1.964	0.5
87	2.705	2.021	0.4	88	2.796	2.083	0.3
89	2.889	2.147	0.4	90	2.985	2.206	0.3
91	3.085	2.266	0.2	92	3.188	2.327	0.3
93	3.294	2.385	0.2	94	3.404	2.443	0.1
95	3.518	2.502	0.1	96	3.635	2.558	0.0
97	3.757	2.617	0.0	98	3.883	2.673	0.0
99	4.013	2.729	0.1	100	4.147	2.786	0.2
101	4.286	2.842	0.2	102	4.430	2.899	0.2
103	4.579	2.957	0.3	104	4.732	3.021	0.3
105	4.891	3.089	0.3	106	5.054	3.159	0.1
107	5.224	3.235	0.2	108	5.399	3.314	0.3
109	5.580	3.396	0.3	110	5.767	3.476	0.3
111	5.960	3.554	0.3	112	6.160	3.634	0.2
113	6.362	3.713	0.3	114	6.571	3.789	0.1
115	6.787	3.866	0.0	116	7.010	3.947	0.0
117	7.240	4.035	0.2	118	7.477	4.136	0.2
119	7.723	4.240	0.2	120	7.976	4.347	0.2
121	8.238	4.459	0.1	122	8.509	4.572	0.0
123	8.278	4.687	0.0	124	9.076	4.802	0.0
125	9.374	4.911	-0.1	126	9.682	5.023	-0.1
127	10.000	5.137	-0.1				

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.:** ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΥΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ (20) ΤΟΥ ADA – 90  
**ΠΗΓΗ:** DISTROMET L.T.D. ΚΑΙ ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΝΑΛΙ (CHANNEL)	ΟΡΙΑ ΚΛΑΣΕΩΝ ΚΑΘΕ ΚΑΝΑΛΙΟΥ $D_{min} - D_{max}$ (mm)	ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (mm)	ΕΥΡΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔD (mm)
1	0.313 - 0.405	0.359	0.092
2	0.405 - 0.506	0.4555	0.101
3	0.506 - 0.597	0.5515	0.091
4	0.597 - 0.715	0.656	0.118
5	0.715 - 0.827	0.771	0.112
6	0.827 - 1.000	0.9135	0.173
7	1.000 - 1.232	1.116	0.232
8	1.232 - 1.430	1.331	0.198
9	1.430 - 1.582	1.506	0.152
10	1.582 - 1.747	1.6645	0.165
11	1.747 - 2.077	1.912	0.330
12	2.077 - 2.441	2.259	0.364
13	2.441 - 2.727	2.584	0.286
14	2.727 - 3.011	2.869	0.284
15	3.011 - 3.385	3.198	0.374
16	3.385 - 3.705	3.545	0.320
17	3.705 - 4.127	3.916	0.422
18	4.127 - 4.573	4.350	0.446
19	4.573 - 5.101	4.837	0.528
20	5.101 - 5.645	5.373	0.544

Στον πίνακα 2.3. παρατηρείται ότι το εύρος των διαμέτρων που μπορούν να μετρηθούν κυμαίνεται μεταξύ 3mm και 5,5mm. Σταγόνες μικρότερες των 3mm δεν μπορούν να μετρηθούν από το όργανο, καθώς ο παλμός που παράγεται είναι μικρού μεγέθους και δεν μετατρέπεται σε σήμα, αλλά και σταγόνες μεγαλύτερες των 5,5mm δεν καταγράφονται, εάν και τέτοιες σταγόνες εμφανίζονται σπάνια λόγω της αστάθειας των μεγάλων σταγόνων.

#### **Το πρόγραμμα «EVAL»**

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα διαθέτει μια επιπλέον λειτουργία, την Διόρθωση Νεκρού Χρόνου η οποία αφορά περιπτώσεις δυνατής βροχόπτωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο νεκρός χρόνος του Disdrometer μπορεί να γίνει αιτία λάθους για τις μετρήσεις. Μετά από μία σταγόνα που έχει πέσει και έχει καταγραφεί από το όργανο, η επόμενη σταγόνα μπορεί να καταγραφεί ύστερα από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το οποίο εξαρτάται από το μέγεθος της πρώτης και της επόμενης σταγόνας. Αυτό το χρονικό διάστημα είναι απαραίτητο για την εξασθένηση της μηχανικής ταλάντωσης στον



διατεταγμένο μετατροπέα μετά την πρόσκρουση της πρώτης σταγόνας και την επαναφορά του κώνου πρόσκρουσης στην αρχική του θέση. Η ακόλουθη εμπειρική σχέση έχει αναπτυχθεί για την διόρθωση αυτού του νεκρού διαστήματος:

$$N_{icorr} = N_i * e^{\left[ \frac{0.035}{T} * \sum_{D_k = 0.85D_i}^{D_k \max} N(k) * \ln \frac{D_k}{0.85 * (D_i - 0.25)} \right]} \quad (2.5.)$$

Όπου,

$N_{icorr}$  : ο αριθμός σταγόνων στο κανάλι i με διόρθωση  
 $N_i$  : ο αριθμός σταγόνων στο κανάλι i χωρίς διόρθωση  
 $T$  : ο χρόνος δειγματοληψίας σε s (δευτερόλεπτα)  
 $D_k$  : η διάμετρος σταγόνας μεγέθους k που δίνεται από τη σχέση:

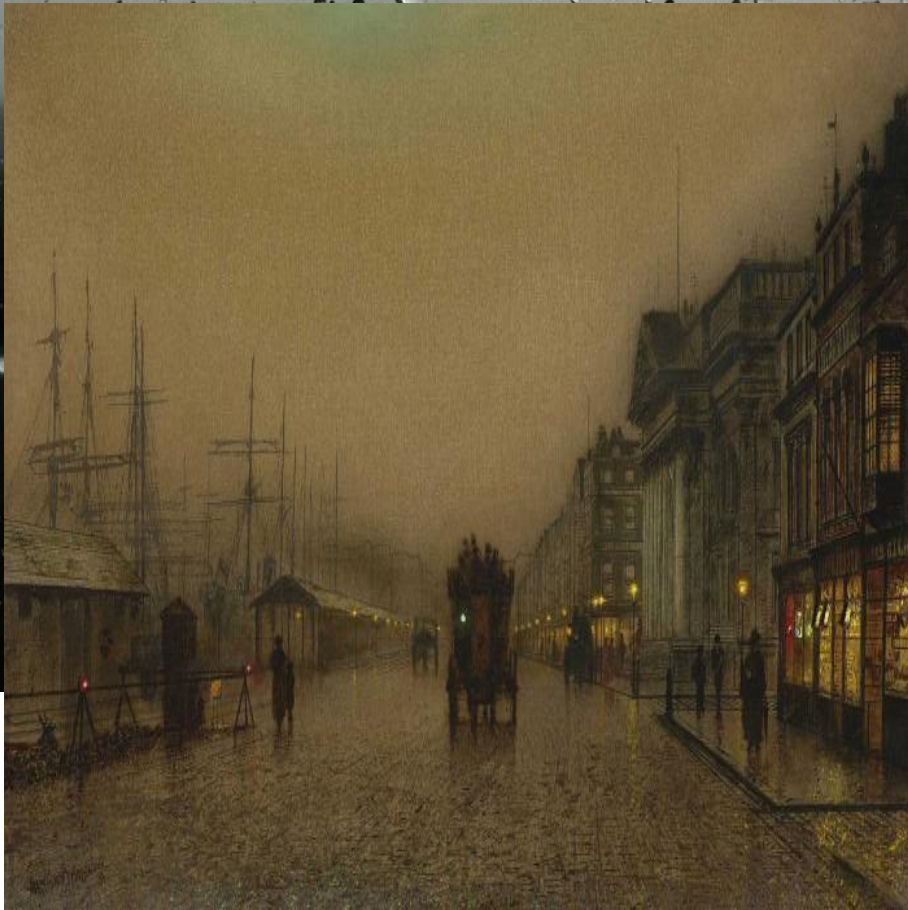
$$D_k = 0.85 * D_i \quad (2.6.)$$

Όπου,

$D_i$  : η διάμετρος σταγόνας στο κανάλι i

Η διόρθωση που παρέχει το πρόγραμμα είναι προαιρετική. Η εμπειρία του χρήστη καθώς και η σύγκριση με μετρήσεις από άλλα όργανα θα υποδείξουν την χρήση της διόρθωσης νεκρού χρόνου.





# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΕΙΚΟΝΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ:

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΠΙΣΩ ΦΟΝΤΟ:** ΒΡΟΧΕΡΟΣ ΚΑΙΡΟΣ

**ΠΗΓΗ:** ΕΤΑΙΡΕΙΑ LIVE CITY ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ Ι.Κ.Ε (ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ  
ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΩΝ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΩΝ)

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΕΜΠΡΟΣ ΦΟΝΤΟ:** SHIPPING ON THE CLYDE

**ΠΗΓΗ:** ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΥ ΖΩΓΡΑΦΟΥ JOHN ATKINSON GRIMSHAW, 1881

### 3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γνώση της κατανομής του μεγέθους των υδροσταγονιδίων της βροχής είναι σημαντική και απαραίτητη σε πολλές επιστήμες. Πέρα από την υδρομετεωρολογία, βοηθά στις τηλεπικοινωνίες και γενικά στη διάδοση των μικροκυμάτων και παρέχει σημαντικά συμπεράσματα στη γεωλογία για τη διάβρωση του εδάφους.

Σε πολλές περιπτώσεις η γνώση της κατανομής N(D) δεν είναι το τελικό ζητούμενο, αλλά ενδιάμεσο στάδιο για τον υπολογισμό υδρομετεωρολογικών παραμέτρων που εξάγονται από αυτή και χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Για παράδειγμα, η ανακλαστικότητα Z τυχάνει ευρείας χρήσης στην υδρομετεωρολογία με χρήση radar.

#### 3.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Αρχικά, τα πρωτογενή δεδομένα του οργάνου Disdrometer RD – 69 διατίθενται σε αρχεία μορφής .txt. Στην εικόνα 3.1. παρουσιάζεται η μορφή ενός τέτοιου αρχείου, που έχει τη δυνατότητα να εξαγάγει ο χρήστης από το πρόγραμμα του οργάνου, που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.

YYYY-MM-DD	hh:mm:ss	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	Dmax [mm]	R [mm/h]	RA [mm]	Wg [g/m³]	Z [dB]	EF [l/(m² * h)]	No [l/(m³ * mm)]	Lambda [l/mm]			
23/10/2005	16:24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN				
23/10/2005	16:26:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN				
23/10/2005	16:28:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN				
23/10/2005	16:30:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN				
23/10/2005	16:32:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN				
23/10/2005	16:34:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.359	0.0001	0	0	319.1485	13.7393			
23/10/2005	16:36:00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.656	0.0012	0	0.0001	-12.4198	0.0037	191.1879	8.1572	
23/10/2005	16:38:00	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.116	0.0179	0.0006	0.0012	4.3517	0.1588	175.346	4.6407	
23/10/2005	16:40:00	2	4	7	11	17	19	14	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.506	0.1715	0.0057	0.0125	14.0027	1.4116	2195.1816	4.8474	
23/10/2005	16:42:00	10	29	23	31	20	22	15	9	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.912	0.3066	0.0102	0.0223	17.6347	2.8646	2776.6474	4.4483	
23/10/2005	16:44:00	9	29	18	36	26	20	18	5	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.912	0.368	0.0123	0.0254	19.314	3.8813	2256.7706	4.0864	
23/10/2005	16:46:00	14	30	71	67	22	13	18	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.912	0.3098	0.0103	0.0262	16.6556	2.3377	5452.1878	5.0588	
23/10/2005	16:48:00	15	26	19	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.116	0.036	0.0012	0.0042	3.393	0.1358	4481.6447	7.6094	
23/10/2005	16:50:00	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.551	0.0008	0	0.0001	-15.4492	0.0019	287.9901	9.555	
23/10/2005	16:52:00	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.913	0.0039	0.0001	0.0004	-4.7872	0.0212	182.1367	6.3022	
23/10/2005	16:54:00	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.551	0.001	0	0.0001	-15.0861	0.002	441.1086	10.0346	
23/10/2005	16:56:00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.913	0.0024	0.0001	0.0002	-5.8552	0.0165	48.448	5.4024	
23/10/2005	16:58:00	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.116	0.012	0.0004	0.0008	2.5008	0.1036	131.7923	4.7348	
23/10/2005	17:00:00	3	2	0	4	6	2	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.506	0.0671	0.0022	0.0044	11.4287	0.7003	426.4366	4.1746	
23/10/2005	17:02:00	0	3	4	10	8	7	5	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.912	0.1199	0.004	0.0077	15.2081	1.4183	492.5964	3.7633	
23/10/2005	17:04:00	7	13	7	8	8	29	53	29	8	9	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.259	1.0357	0.0345	0.057	29.9055	15.1089	1960.5707	3.2244	
23/10/2005	17:06:00	4	16	16	32	33	39	36	15	10	9	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.584	1.0894	0.0363	0.0604	26.8559	16.916	1675.1959	3.0557	
23/10/2005	17:08:00	13	21	20	12	11	7	12	1	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2.869	0.3187	0.0106	0.018	23.5804	5.8824	271.0786	2.6237	
23/10/2005	17:10:00	7	15	5	3	3	8	8	9	3	6	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.584	0.6477	0.0216	0.031	26.0465	12.5341	454.9971	2.605	
23/10/2005	17:12:00	1	1	6	4	1	7	3	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.912	0.1193	0.004	0.0072	15.3957	1.5038	391.9366	3.62	
23/10/2005	17:14:00	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.551	0.002	0.0001	0.0003	-12.4173	0.0037	1191.373	10.5929	
23/10/2005	17:16:00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.359	0.0003	0	0.0001	-23.0341	0.0003	638.297	13.7393	
23/10/2005	17:18:00	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.771	0.0037	0.0001	0.0004	-6.8517	0.0134	439.8811	7.6505	
23/10/2005	17:20:00	4	6	9	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.771	0.013	0.0004	0.0015	-2.2152	0.0391	2418.5839	8.3792	
23/10/2005	17:22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN		
23/10/2005	17:24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN		
23/10/2005	17:26:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN		
23/10/2005	17:28:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN		
23/10/2005	17:30:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-inf	0	NaN	NaN		
23/10/2005	17:32:00	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.455	0.0007	0	0.0001	-17.3588	0.0012	609.6633	11.3251
23/10/2005	17:34:00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.455	0.0003	0	0	-21.0006	0.0005	194.0654	10.8405
23/10/2005	17:36:00	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.665	0.0373	0.0012	0.002	10.9048	0.5356	77.1419	3.3267
23/10/2005	17:38:00	0	0	0	4	5	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.665	0.0667	0.0022	0.0042	12.1572	0.7673	297.4192	3.8713
23/10/2005	17:40:00	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.913	0.0128	0.0004	0.001	1.2965	0.0858	289.384	5.512
23/10/2005	17:42:00	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.771	0.0026	0.0001	0.0003	-8.3134	0.0095	292.704	7.5736
23/10/2005	17:44:00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.455	0.0003	0	0	-21.0006	0.0005	194.0654	10.8405

ΕΙΚΟΝΑ 3.1.: ΑΡΧΕΙΟ .TXT  
ΠΗΓΗ: ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Όπως παρατηρείται στην εικόνα 3.1., ο αριθμός των σταγόνων και στα 20 κανάλια ήταν 0, που συνεπάγεται ότι δεν προσέπεσε καμιά σταγόνα στο όργανο. Στην πρώτη στήλη του αρχείου .txt αναγράφεται η ημερομηνία καταγραφής (YYYY – MM – DD / ΧΡΟΝΟΣ – ΜΗΝΑΣ – ΗΜΕΡΑ) και στην επόμενη στήλη η ώρα. Τα πρωτογενή δεδομένα που μας παραχωρήθηκαν ξεκινούν το υδρολογικό έτος του 2006 και φθάνουν έως σήμερα (Φεβ. – 14).

Ακόμη, στο συγκεκριμένο όργανο η ρύθμιση έχει γίνει για την καταγραφή μετρήσεων κάθε **2 λεπτά** και όχι κάθε 1 λεπτό που είναι το σύνηθες χρονικό βήμα μεταξύ δύο μετρήσεων. Οι υπόλοιπες στήλες υπολογίζουν τις υδρομετεωρολογικές παραμέτρους που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 2 στον πίνακα 2.1. Ο τρόπος που υπολογίζονται οι παράμετροι αυτοί θα αναφερθεί αναλυτικά στη συνέχεια.

Μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου αποτελεί ο χρόνος που διεξάγονται οι μετρήσεις. Όπως προαναφέρθηκε η σταγόνα της βροχής προσπίπτει πάνω σε μία κωνική επιφάνεια πολυστυρενίου.

Το **πολυστυρένιο** (πολυφαινυλαιθένιο) είναι ένας αρωματικός υδρογονάνθρακας ο οποίος παράγεται από το μονομερές στυρένιο. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή υλικών όπως η διογκωμένη πολυστερίνη και η εξηλασμένη πολυστερίνη είτε με μονωτική χρήση αλλά και για ελαφρά, περίπλοκα σχήματα που χρησιμοποιούνται ως υλικά συσκευασίας και φόρμες για χύτευση μετάλλων, αλλά και για πολλές άλλες εφαρμογές. Το πολυστυρένιο είναι στερεό σε θερμοκρασία δωματίου, αλλά λιώνει όταν ζεσταθεί και ξαναγίνεται στερεό όταν κρυώσει.

Έτσι, προκειμένου να αποφευχθεί η καταστροφή του κώνου το όργανο απεγκαταστήται το disdrometer στις αρχές Ιουνίου (ορισμένα έτη λίγο αργότερα ή λίγο νωρίτερα) και επαναγκαταστήται στα μέσα Σεπτεμβρίου. Το μεγάλο μειονέκτημα αυτής της απώλειας δεδομένων δια το παραπάνω χρονικό διάστημα είναι ότι <<χάνονται>> σημαντικά δεδομένα για τις καλοκαιρινές καταιγίδες που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί πολλές από αυτές διαθέτουν μεγάλη ένταση βροχόπτωσης.

Στην συνέχεια, προκειμένου να μελετηθούν και να υπολογιστούν τα επεισόδια βροχοπτώσεων απομονώθηκαν οι μηδενικές τιμές των πρωτογενών δεδομένων και οι υπόλοιπες διατηρήθηκαν σε ένα υπολογιστικό φύλλο του προγράμματος Microsoft Excel.

Το πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήταν το μέγιστο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο επεισοδίων βροχοπτώσεων, δηλαδή πόσο είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο προσπιπτόντων σταγόνων στο όργανο ώστε να θεωρηθούν δύο ξεχωριστά συμβάντα.

Σύμφωνα με την Maria-Carmen Llasat, ο ορισμός ενός επεισοδίου είναι αρκετά υποκειμενικός. Θεωρήθηκε ότι είναι δυνατόν να γίνει διάκριση μεταξύ δύο διαφορετικών επεισοδίων, όταν ο χρόνος ο οποίος μεσολαβεί μεταξύ τους, δεν ξεπερνάει την 1 h, το οποίο εξασφαλίζει ότι οι δύο επεισόδια προέρχονται από διαφορετικά «σύμφωνα». Ενώ οι Tokay et al. (2005) θεωρούν ως ελάχιστο κριτήριο μεταξύ δυο επεισοδίων χρόνο ίσο με

30 λεπτά. Επομένως, με την παραδοχή της μιας ώρας προέκυψαν 689 επεισόδια βροχόπτωσης.

Στο αρχείο Excel που δημιουργήθηκε υπολογίστηκαν όλες οι υδρομετεωρολογικές παράμετροι, όπως ακριβώς υπολογίζονται από το όργανο, καθώς έγινε η χρήση των τύπων που χρησιμοποιεί το ίδιο το πρόγραμμα.

### 3.2.1. Κατανομή Μεγέθους Υδροσταγονιδίων, $N(D)$

Αναλυτικότερα, όπως προαναφέρθηκε οι Marsall και Palmer (1948) χρησιμοποίησαν το φίλτρο από χαρτί για να μετρήσουν την κατανομή  $N(D)$  και παρατήρησαν ότι η κατανομή προσεγγίζεται με ένα εκθετικό τύπο και δίνεται από τη σχέση:

$$N(D) = N_0 * e^{(-\lambda * D)} \quad (3.1.)$$

Όπου,

$N_0$ : η συγκέντρωση των υδροσταγονιδίων στην τάξη μεγέθους 0, δηλαδή όταν η διάμετρος  $D$  τείνει στο 0 σε  $\text{mm}^{-3}\text{mm}^{-1}$

$\lambda$ : η κλίση της καμπύλης  $N(D)$  σε  $\text{mm}^{-1}$

Από τον τύπο των Atlas et al., 1973, η τελική ταχύτητα των υδροσταγονιδίων δίνεται από τη σχέση:

$$V(D) = 9.65 - 10.3e^{(-600D)} \quad (3.2.)*$$

Όπου,

$V(D)$ : η τελική ταχύτητα των υδροσταγονιδίων για διαμέτρους  $0,27 < D < 5,76$  σε  $\text{m/sec}$

\*Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι η τελική ταχύτητα  $V(D)$  μπορεί να υπολογιστεί και με άλλες σχέσεις. Στον πίνακα 3.1. παρουσιάζονται οι υπόλοιποι τύποι υπολογισμού της τελικής ταχύτητας των σταγόνων διαμέτρου  $D$ . Στην περίπτωση του οργάνου Disdrometer RD – 69 χρησιμοποιείται ο δεύτερος τύπος ( $U_2$ ).



**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.:** ΤΥΠΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ  $V(D)$   
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

$U1 =$	$14.2D^{1/2}$
$U2 =$	$9.65-10.3e^{-6D}$
$U3 =$	$17.67D^{0.67}$
$U4 =$	$48.54De^{-1.95D}$

Ο αριθμός των σταγόνων  $N_A(D)$  διαμέτρου  $D$  στο διάστημα μεταξύ  $D$  και  $D+dD$  που προσπίπτουν στην επιφάνεια του disdrometer στη μονάδα του χρόνου  $dt$  δίνεται από τη σχέση (R.J. Doviak – D.S. Zrnich, 1984):

$$\frac{N_A(D)}{dt} = N(D)V(D)AdD \Rightarrow$$

$$N(D) = \frac{N_A(D)}{AdtV(D)dD} \quad (3.3.)$$

Στην περίπτωση του Disdrometer RD – 69, το  $dt$  είναι προκαθορισμένο και σταθερό (στην περίπτωσή μας έχει ρυθμιστεί από το χρήστη ίσο με  $2\text{min} = 120\text{s}$ ) καθώς και η παράμετρος  $dD$  είναι σταθερή ίση με το εύρος διαμέτρου  $\Delta D$  για κάθε ένα από τα 20 κανάλια. Έτσι η σχέση 3.3. γίνεται:

$$N(D_i) = \frac{N_A(D_i)}{AtV(D_i)\Delta D_i} \quad (3.4.)$$

Όπου,

**$N_A(D_i)$ :** ο αριθμός των σταγόνων σε κάθε κανάλι  $i = (1,2,\dots,20)$

**$A$ :** το εμβαδόν της επιφάνειας πάνω στην οποία προσπίπτουν οι σταγόνες (στο συγκεκριμένο όργανο -JWD 69- ισούται με  $50\text{cm}^2 = 5000\text{mm}^2$ )

**$t$ :** το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο παρατηρημένων μετρήσεων (στην περίπτωσή μας έχει ρυθμιστεί ίσο με  $120\text{s}$ )

**$V(D_i)$ :** η τελική ταχύτητα των σταγόνων του αντίστοιχου καναλιού (από τον τύπο 3.2)



$\Delta D_i$ : το εύρος διαμέτρου για κάθε κανάλι σε mm

Στο συγκεκριμένο όργανο για τον υπολογισμό της κατανομής χρησιμοποιείται η σχέση 3.4.

### 3.2.2. Ένταση βροχόπτωσης, R

Το μέγεθος που υπολογίζει την ποσότητα της βροχής στη μονάδα του χρόνου ορίζεται ως ένταση βροχόπτωσης και έχει μονάδα μέτρησης τα mm/h. Στο disdrometer ο υπολογισμός της έντασης γίνεται από τη σχέση (R.J. Doviak – D.S. Zrnich, 1984):

$$R = \frac{\pi}{6} \int_0^{\infty} D^3 N(D) V(D) dD \quad (3.5.)$$

Το πρόγραμμα του disdrometer έχει χωρίσει τις άπειρες διαμέτρους σε 20 τάξεις μεγέθους δηλαδή σε 20 κανάλια. Επομένως, η σχέση (3.5.) μετατρέπεται ως εξής:

$$R = \frac{\pi}{6} \sum_{i=1}^{20} D_i^3 N(D_i) V(D_i) \Delta D_i^3 \quad (3.6.)$$

Με τη βοήθεια της σχέσης 3.4. η 3.6. γίνεται:

$$R = \frac{\pi}{6} * \frac{1}{At} \sum_{i=1}^{20} N_A(D_i) D_i^3 \quad (3.7.)$$

Τέλος, προκειμένω η τελική μονάδα της έντασης να είναι τα mm/h η σχέση (3.7.) παίρνει την τελική της μορφή:

$$R = \frac{\pi}{6} * \frac{3.6}{10^3} * \frac{1}{At} \sum_{i=1}^{20} N_A(D_i) D_i^3 \quad (3.8.)$$

Στο συγκεκριμένο όργανο για τον υπολογισμό της έντασης της βροχόπτωσης χρησιμοποιείται η σχέση 3.8.

### 3.2.3. Παράγοντας Ανακλαστικότητας Radar, Z

Ο παράγοντας ανακλαστικότητας Radar Z έχει οριστεί ως η έκτη δύναμη της διαμέτρου D των υδροσταγονιδίων σε δοσμένο όγκο αφού πρώτα έχουν αθροιστεί όλα τα υδροσταγονίδια στην κάθε τάξη μεγέθους στο συγκεκριμένο όγκο. Οι μονάδες του είναι τα  $\text{mm}^6/\text{mm}^{-3}$  και δίνεται από τη σχέση (R.J. Doviak – D.S. Zrnic, 1984):

$$Z = \int_0^{\infty} N(D)D^6 dD \quad (3.9.)$$

Ομοίως με τη βροχόπτωση, με τη βοήθεια της σχέσης 3.4. η 3.8. μετατρέπεται ως εξής:

$$Z = \frac{1}{At} \sum_{i=1}^{20} \frac{N_A(D_i)}{V(D_i)} * D_i^6 \quad (3.10.)$$

Από τον τύπο 3.10. συμπεραίνεται η σπουδαιότητα των σταγονιδίων στα μεγάλα κανάλια δηλαδή τα σταγονίδια των μεγάλων διαμέτρων. Σε μια βροχόπτωση με σταγόνες μεγάλης διαμέτρου γίνεται κατανοητό ότι θα προκύψουν μεγάλες τιμές ανακλαστικότητας. Συνήθως, ο τύπος της ανακλαστικότητας εκφράζεται σε λογαριθμικές μονάδες και η μετατροπή αυτή γίνεται με τον τύπο:

$$dBZ = 10 \log_{10} \frac{Z}{1 \frac{\text{mm}^6}{\text{m}^3}} \quad (3.11.)$$

### 3.2.4. Περιεκτικότητα σε Νερό, W

Ο λόγος της πυκνότητας της μάζας του νερού που προέρχεται από υδροσταγονίδια διαμέτρου D, προς τον αντίστοιχο όγκο αέρα ονομάζεται περιεκτικότητα σε νερό. Η γνώση των τιμών της W στην ατμόσφαιρα είναι σημαντική και βρίσκει χρήση ιδιαίτερα στην αεροπλοΐα.

Η W μετριέται σε  $\text{g}/\text{m}^3$  και εκφράζεται με τη σχέση (R.J. Doviak – D.S. Zrnic, 1984):

$$W = \frac{\pi}{6} \int_0^{\infty} D^3 N(D) dD \quad (3.12.)$$

Με τη βοήθεια της σχέσης 3.4. (όπως στην περίπτωση της έντασης και του παράγοντα της ανακλαστικότητας) η 3.12. μετατρέπεται στην ακόλουθη σχέση 3.13.:

$$W = \frac{\pi}{6} * \frac{1}{At} \sum_{i=1}^{20} \frac{N_A(D_i)}{V(D_i)} D_i^3 \quad (3.13.)$$

Στο συγκεκριμένο όργανο για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας σε νερό χρησιμοποιείται η σχέση 3.13.

### 3.2.5. Κινητική Ενέργεια, $E_F$

Ορίζεται ως η ενέργεια των υδροσταγονιδίων την στιγμή της πρόσπτωσης στην επιφάνεια του οργάνου και μετριέται σε  $J/m^2h$ . Επομένως, για τον υπολογισμό της κινητικής ενέργειας ρόλο παίζει η τελική ταχύτητα των υδροσταγονιδίων.

Σύμφωνα με τους R.J. Doviak – D.S. Zrnica, οι Gunn και Kinzer το 1949 ερεύνησαν την τελική ταχύτητα των υδροσταγονιδίων πραγματοποιώντας μετρήσεις της τελικής ταχύτητας σε νηνεμία στη στάθμη της θάλασσας. Οι μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν σταγόνες με διαμέτρους μεταξύ 0,27 και 5,76 mm. Απέδειξαν ότι σταγόνες με διάμετρο μεγαλύτερη των 6mm είναι ασταθείς και διασπώνται σε μικρότερες. Η πρώτη σχέση δόθηκε από τους Atlas et al., το 1973, η σχέση 3.2. Όταν το D βρίσκεται μεταξύ των τιμών διαμέτρου 0,6mm και 5,8mm υπάρχει μικρότερο του 2% σφάλμα από τις μετρημένες τιμές των Gunn και Kinzer.

Το 1977, οι Atlas και Ulbrich έδειξαν ότι η παρακάτω σχέση (3.14.) ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα των Gunn και Kinzer για εύρος διαμέτρων 0,5 έως 5mm:

$$V(D) \approx 386.6D^{0.67} \quad (3.14.)$$

Για μεγαλύτερες διαμέτρους σταγόνων, οι οποίες είναι σπάνιες και λαμβάνουν χώρα σε ισχυρές καταιγίδες οι παραπάνω τύποι δεν ισχύουν και πρέπει να μεταβούμε σε εμπειρικούς τύπους.

Άλλοι τύποι υπολογισμού της τελικής ταχύτητας είναι αυτοί που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 3.1.

### 3.2.6. Συγκέντρωση υδροσταγονιδίων στην τάξη μεγέθους 0, $N_0$ και κλίση της κατανομής $N(D)$ , $\lambda$

Σύμφωνα με τον R.E. Rinehart, οι Marshall και Palmer το 1948 διαπίστωσαν ότι η εκθετική κατανομή (σχέση 3.1.) ταιριάζει στα δεδομένα τους. Οι παράμετροι που δούλεψαν για να εξάγουν αυτή τη σχέση είναι οι εξής (3.15. και 3.16.):

$$\lambda = 4.1R^{0.21} \quad (3.15.)$$

Όπου,

$R$ : η ένταση της βροχόπτωσης σε mm/h

και

$$N_0 = 8 * 10^3 \quad (3.16.)$$

Η παράμετρος  $\lambda$  μετριέται σε  $mm^{-1}$  και η παράμετρος  $N_0$  σε  $mm^{-3}m^{-1}$ . Το  $N_0$  στην πραγματικότητα δεν μπορεί να είναι σταθερό. Έτσι, έπρεπε να δημιουργηθεί μια παράμετρος  $N_0$  που να εξαρτάται και από άλλες παραμέτρους.

Παρουσιάζονται οι σχέσεις 3.9. και 3.13.:

$$Z = \int_0^{\infty} N(D) D^6 dD$$

$$W = \frac{\pi}{6} \int_0^{\infty} D^3 N(D) dD$$

οι οποίες χρησιμοποιώντας τη σχέση 3.1. καθώς και την παρακάτω σχέση 3.17. που αποτελεί ιδιότητα των ολοκληρωμάτων μετατρέπονται στις σχέσεις 3.18. και 3.19.:

$$\int_0^{\infty} x^{\nu-1} e^{-\mu x} dx = \frac{1}{\mu^{\nu}} \Gamma(\nu) \quad (3.17.)$$

με  $\mu, \nu > 0$

Όπου,

$\Gamma(v)$ : η συνάρτηση γάμμα με  $\Gamma(v) = (v-1)!$  εάν,  $v$  ακέραιος

$$Z = N_0 (6!) \lambda^{-7} \quad (3.18.)$$

$$W = \pi N_0 \lambda^{-4} \quad (3.19.)$$

Από την επεξεργασία των σχέσεων 3.18. και 3.19. προκύπτει η παράμετρος  $\lambda$  (3.20.):

$$\frac{W}{Z} = \frac{\pi N_0 \lambda^{-4}}{N_0 (6!) \lambda^{-7}} \Rightarrow$$

$$\lambda = \left( \frac{6! * W}{\pi * Z} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.20.)$$

Ομοίως, με επεξεργασία των σχέσεων 3.18. και 3.19. προκύπτει η παράμετρος  $N_0$  (3.21.):

$$\frac{W^7}{Z^4} = \frac{\pi^7 N_0^7 \lambda^{-21}}{N_0^4 (6!)^4 \lambda^{-21}} \Rightarrow$$

$$N_0 = \frac{1}{\pi} * \left( \frac{6!}{\pi} \right)^{\frac{4}{3}} * \left( \frac{W}{Z} \right)^{\frac{4}{3}} * W \quad (3.21.)$$

Οι σχέσεις 3.20. και 3.21. είναι αυτές που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της κατανομής  $N(D)$  με τον εκθετικό τύπο της σχέσης 3.1. Συνοψίζοντας, το πρόγραμμα του disdrometer RD – 69, υπολογίζει την κατανομή του μεγέθους των υδροσταγονιδίων με δύο τρόπους:

i. Με τη σχέση 3.4.

$$N(D_i) = \frac{N_A(D_i)}{AtV(D_i)\Delta D_i}$$

ii. Με τη σχέση 3.1.

$$N(D) = N_0 * e^{(-\lambda * D)}$$

με τις παραμέτρους  $\lambda$  και  $N_0$  να προκύπτουν από τις σχέσεις 3.20. και 3.21. αντίστοιχα.

### 3.2.7. Συνολικός Αριθμός Σταγόνων, $N_{tot}$

Το πρόγραμμα του οργάνου καταμετρά τον συνολικό αριθμό των υδροσταγονιδίων που προσπίπτουν στην κωνική επιφάνεια πολυστυρενίου του μετατροπέα. Στην συνέχεια, που θα αναπτυχθούν επιπλέον στατιστικές κατανομές, που θα προσεγγίσουν την κατανομή  $N(D)$ , η συγκεκριμένη παράμετρος θα είναι απαραίτητη.

## 3.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 3.3.1. Εισαγωγή

Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι οι διάφορες μορφές υετού που αποφέρουν μετρήσιμα ποσότητα νερού, είτε υγρής, είτε στερεής φάσης, που φθάνουν από το νέφος στην κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόςφαιρα) στην επιφάνεια του εδάφους, δίχως να συμβεί το φαινόμενο της εξάτμισης.

Από το σύνολο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, δηλαδή της συνολικής ποσότητας που φθάνει στη γήινη επιφάνεια, μέσω διαδικασιών υγροποίησης των ατμοσφαιρικών υδρατμών, ενδιαφέρουν κυρίως οι βροχοπτώσεις. Σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, όπως η Ελλάδα, οι βροχοπτώσεις υπερτερούν ποσοτικά σε μεγάλο

βαθμό έναντι του χαλαζιού, μαλακού χαλαζιού (graupel), χιονιού και λοιπών μορφών. Κύρια επίπτωση, ιδιαίτερα κάποιων τύπων κατακρημνίσεων είναι οι πλημμύρες, οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στο ανθρώπινο στοιχείο. Οι πλημμύρες (όπως και οι ισχυρές καταιγίδες που τις προκαλούν) εξετάζονται ως μεμονωμένα γεγονότα.

### 3.3.2. Μηχανισμοί Δημιουργίας Καταιγίδων

#### **Φυσικό πλαίσιο**

Πρώτο βήμα για τη γένεση των κατακρημνισμάτων είναι η δημιουργία κατάλληλης θερμοδυναμικής κατάστασης κορεσμού των υδρατμών (συνθήκες υγροποίησης). Σχεδόν πάντα έρχεται ως αποτέλεσμα της διόγκωσης και ψύξης του εμπλουτισμένου σε υγρασία αέρα κατά την ανοδική πορεία του, η οποία προκαλείται από διαφορές θερμοκρασίας και πίεσης που επάγουν κινήσεις του αέρα. Τέτοιες ανοδικές κινήσεις ευνοούνται σε συνθήκες αστάθειας της ατμόσφαιρας, δηλαδή σε συνθήκες απότομης μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα όσο μεγαλώνει το υψόμετρο.

Το δεύτερο βήμα είναι η συμπύκνωση των υδρατμών σε λεπτά σταγονίδια, ενδεικτικής μέσης διαμέτρου 10-30 μm, ή μικρούς κρυστάλλους (ανάλογα με την επικρατούσα θερμοκρασία). Η υγροποίηση των υδρατμών απαιτεί τη δημιουργία μιας διεπιφάνειας μεταξύ της υγρής και της αέριας φάσης, που προϋποθέτει την ύπαρξη υγροσκοπικών πυρήνων. Στην ατμόσφαιρα κυκλοφορούν σε επαρκείς ποσότητες στερεοί πυρήνες συμπύκνωσης διάφορων προελεύσεων (σκόνη εδαφικού υλικού, προϊόντα καύσης, κρύσταλλοι άλατος από το θαλάσσιο νερό, κτλ.), τυπικής διαμέτρου μικρότερης του 1 μm, όπου η παρουσία τους ευνοεί την ετερογενή πυρηνοποίηση ειδικά με την απουσία τους επιτυγχάνεται η ομογενής πυρηνοποίηση.

Η έναρξη της κατακρήμνισης προϋποθέτει ένα τρίτο βήμα, κατά το οποίο παρατηρείται εντυπωσιακή αύξηση της μάζας των σταγόνων (ή των κρυστάλλων πάγου) σε μεγέθη κατακρημνίσμα, δηλαδή μέχρις ότου οι δυνάμεις βαρύτητας της μεμονωμένης σταγόνας υπερνικήσουν την αιώρηση που της δημιουργεί η τυρβώδης διάχυση εντός του νέφους. Για να πραγματοποιηθεί ο πολλαπλασιασμός της μάζας των σταγονιδίων πρέπει να προχωρήσουν οι διεργασίες σύμφυσης των σταγονιδίων με τις επαφές που δημιουργούν οι μεταξύ τους συγκρούσεις ή/και ανάπτυξης των παγοκρυστάλλων, οι οποίοι συμπυκνώνουν γύρω τους κατά προτίμηση τους εναπομένοντες υδρατμούς, απορροφώντας ταυτόχρονα μόρια νερού από τα υγρά σταγονίδια που συνυπάρχουν στην περιοχή (Ahrens, 1993).

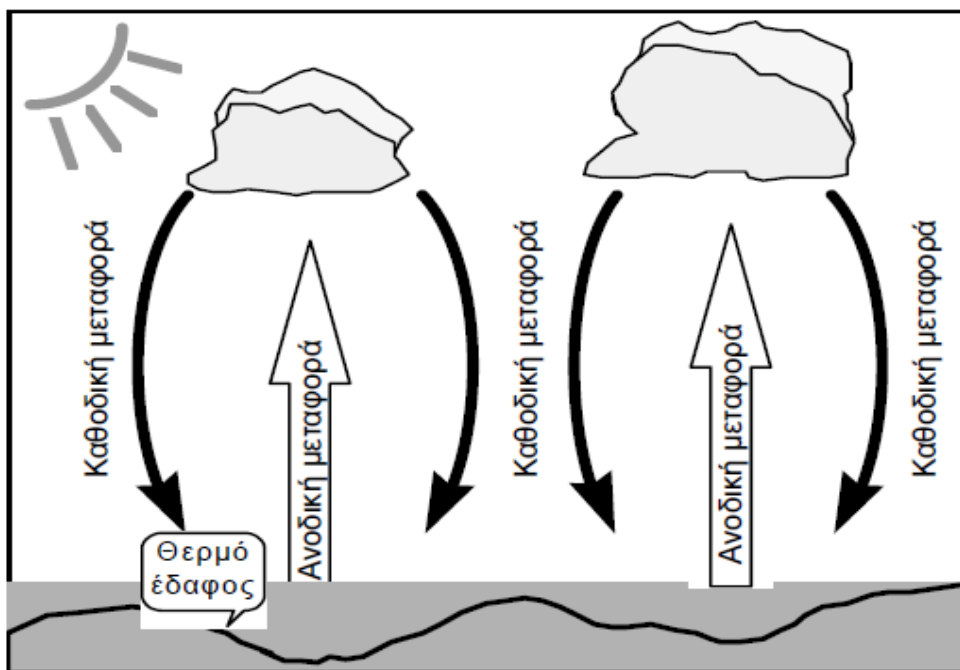
Επισημαίνεται ότι, αν και η πραγματοποίηση των δύο πρώτων βημάτων που δημιουργούν τα σταγονίδια είναι συνηθέστατη, αυτό δεν συνεπάγεται και την υλοποίηση του τρίτου βήματος, καθώς το σύννεφο, θερμαινόμενο από τις διάφορες ακτινοβολίες ή από τυχόν καθοδική κίνησή του, βαθμιαία διαλύεται, με επανεξάτμιση των σταγονιδίων.

Το τελευταίο βήμα για την πραγματοποίηση υδρολογικά σημαντικών κατακρήμνισεων είναι η συνεχής τροφοδότηση της ατμόσφαιρας με νέους υδρατμούς, έτσι ώστε να συντηρηθούν επί αρκετό χρόνο οι διεργασίες των τριών προηγούμενων βημάτων.

### Μετεωρολογικό πλαίσιο

Γενικά οι μετεωρολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από τη σχετική κυριαρχία ενός από τους δύο βασικούς μετεωρολογικούς μηχανισμούς κατακρήμνισης: του *μεταγωγικού* (ή κατακόρυφης μεταφοράς - convective) και του *διαστρωματικού - μετωπικού* (stratiform).

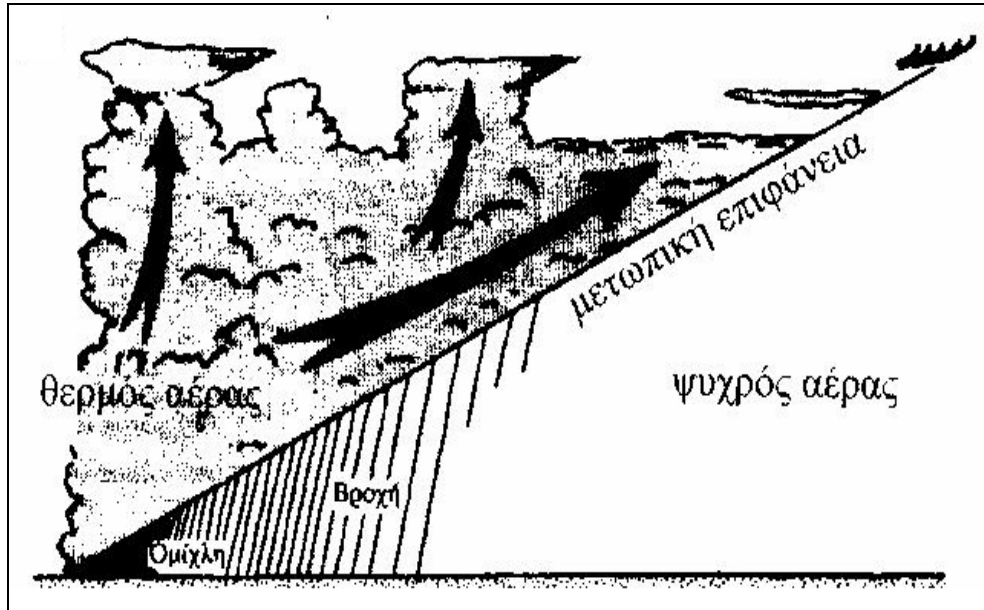
Στον μεταγωγικό μηχανισμό κυριαρχεί η κατακόρυφη κίνηση του αέρα και η δημιουργία της κατακρήμνισης είναι ταχύτερη, με τυπικό χρόνο ανάπτυξης 45min, που ξεκινά από τη βάση του σύννεφου (εικόνα 3.2).



**ΕΙΚΟΝΑ 3.2.:** ΜΕΤΑΓΩΓΙΚΟΣ (CONVECTIVE) ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ  
**ΠΗΓΗ:** ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΑΙ ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, 1999

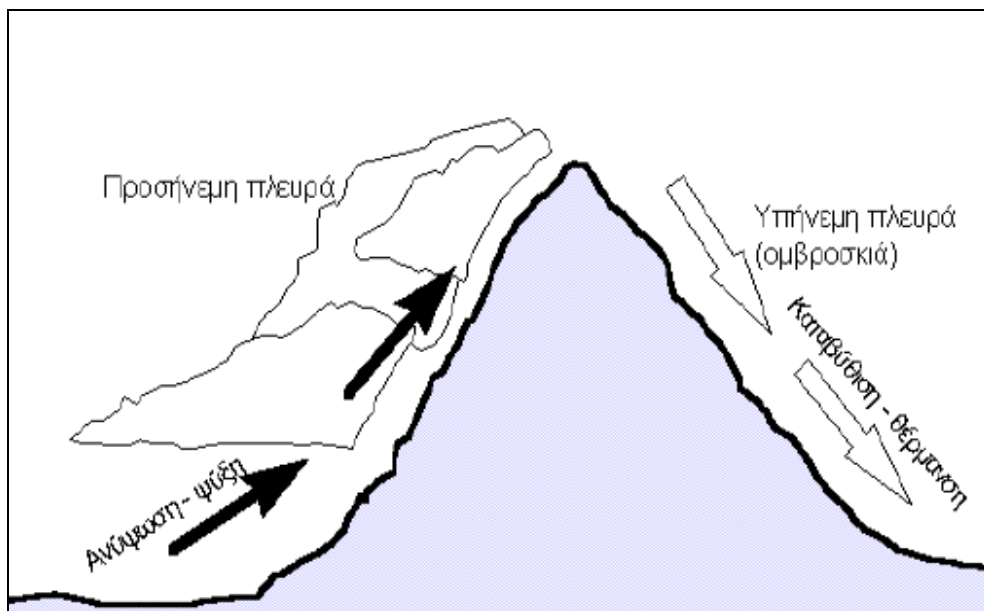
Αντίθετα, στο διαστρωματικό ή μετωπικό μηχανισμό η κατακόρυφη κίνηση του αέρα είναι ασθενής, οι χρόνοι δημιουργίας μπορεί να είναι αρκετές ώρες, ενώ η ανάπτυξη ξεκινά από το πάνω μέρος του σύννεφου (Smith, 1993). Ο μηχανισμός αυτός παρουσιάζεται στην εικόνα 3.3.





**ΕΙΚΟΝΑ 3.3.:** ΜΕΤΩΠΙΚΟΣ (STRATIFORM) ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ  
**ΠΗΓΗ:** ΦΛΟΚΑΣ, 1994

Άλλος μηχανισμός είναι ο *ορογραφικός* (orographic), που συνδέεται με τη μεταφορά αέριων μαζών πάνω από όρη και συνδυάζει μεταγωγικές και διαστρωματικές συνιστώσες (εικόνα 3.4.).



**ΕΙΚΟΝΑ 3.4.:** ΟΡΟΓΡΑΦΙΚΟΣ (OROGRAPHIC) ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ  
**ΠΗΓΗ:** ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΑΙ ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, 1999

Τα νέφη που δημιουργούν βροχόπτωση είναι συνήθως οι σωρειτομελανίες (Cumulonimbus), οι στρωματοσωρείτες (Stratocumulus), τα μελανοστρώματα (Nimbostratus), τα στρώματα (Stratus) και τα υψιστρώματα (Altostratus). Οι

βροχοπτώσεις ανάλογα με το μηχανισμό σχηματισμού τους ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Βροχοπτώσεις κατακόρυφης μεταφοράς (convective precipitation):** οι κατακρημνίσεις αυτές παρατηρούνται κυρίως από την άνοιξη έως και το φθινόπωρο, κατά τις μεσημεριανές και πρώτες απογευματινές ώρες, λόγω των συνθηκών αστάθειας της ατμόσφαιρας και των σχετικά υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν μέχρι το μεσημέρι. Από τις πρωινές ώρες, το έδαφος θερμαίνεται από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, θερμαίνει τον αέρα που βρίσκεται σε επαφή. Η κατακόρυφη θερμοκρασιακή διαφορά προκαλεί ανοδική κίνησή του αέρα, που ανερχόμενος διαστέλλεται και ψύχεται, ενώ λόγω της ατμοσφαιρικής αστάθειας δημιουργούνται σύννεφα. Ταυτόχρονα, νέος αέρας έρχεται σε αντικατάσταση του ανοδικού αέρα, έτσι δημιουργούνται ρεύματα καθοδικής μεταφοράς ψυχρού αέρα, με συνέπεια η όλη δομή της ατμοσφαιρικής κίνησης να ευνοεί το σχηματισμό μεταγωγικών κυττάρων, που παράγουν τις χαρακτηριστικές μεσημεριανές καταιγίδες. Η βροχή που προκαλείται έχει μεγάλη ένταση και συνήθως μικρή διάρκεια, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να συνοδεύεται από χαλάζι. Άρα συμπεραίνεται ότι μια τέτοια βροχόπτωση θα απαρτίζεται από μεγάλο αριθμό υδροσταγονιδίων μεγάλων διαμέτρων (>3mm).
- **Κυκλωνικές ή Μετωπικές βροχοπτώσεις (stratiform precipitation):** οι κατακρημνίσεις αυτές σχηματίζονται κατά την ανάμειξη ή εκτόνωση των αερίων μαζών που σημειώνεται κατά τις ανοδικές κινήσεις στα ψυχρά και θερμά μέτωπα, καθώς ο θερμός αέρας αναγκάζεται να ανέβει τη μετωπική επιφάνεια. Αυτές οι βροχοπτώσεις τείνουν να έχουν μεγάλη διάρκεια και έκταση και αρκετές φορές αποκτούν χαρακτηριστικά βροχοπτώσεων κατακόρυφης μεταφοράς. Οι μετωπικές βροχές πάνω από τον ελλαδικό χώρο παρουσιάζουν μέγιστη συχνότητα τη χειμερινή περίοδο. Όπως είναι φυσικό, σε αυτή τη περίπτωση ο αριθμός των σταγόνων με μεγάλη διάμετρο (>3mm) παρατηρείται αρκετά μικρότερος σε σύγκριση με «convective» επεισόδια.
- **Ορογραφικές βροχοπτώσεις (orographic precipitation):** στις κατακρημνίσεις αυτές ο αέρας που κινείται οριζόντια, όταν συναντήσει έναν ορεινό όγκο, αναγκάζεται να ανυψωθεί. Η ανύψωση αυτή έχει συνέπεια την ψύξη του αέρα, το σχηματισμό σύννεφων και δυνητικά την κατακρήμνιση. Τα σύννεφα σχηματίζονται στην προσήνεμη πλευρά του ορεινού όγκου (ομβροπλευρά), ενώ στην υπήνεμη πλευρά η καθοδική κίνηση του αέρα έχει συνέπεια τη θέρμανση και τη διάλυση των σύννεφων, κάτι που είναι γνωστό ως ομβροσκιά. Η ορογραφία δεν είναι από μόνη της ικανή για τη δημιουργία κατακρήμνισης, αλλά χρειάζεται να συντρέχουν και κατάλληλες μετεωρολογικές συνθήκες, όπως μεταγωγικές ή κυκλωνικές κινήσεις ή ατμοσφαιρική αστάθεια. Στις περιπτώσεις αυτές, η ορογραφική επίδραση ενισχύει την κατακρήμνιση στην ομβροπλευρά, έτσι που τελικά το ύψος της αυξάνεται με την αύξηση του υψομέτρου. Στην Ελλάδα, το τοπογραφικό ανάγλυφο που κυριαρχείται από την οροσειρά της Πίνδου στα δυτικά, επηρεάζει καθοριστικά το ύψος των κατακρημνισμάτων, μέσω της ορογραφικής επίδρασης. Για το λόγο αυτό, ενώ σε ορισμένες περιοχές της

Πίνδου, το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ξεπερνά τα 2000 mm, σε περιοχές της Ανατολικής Ελλάδας και στα νησιά των Κυκλάδων (ομβροσκιά) δεν ξεπερνά τα 400 mm.

### 3.3.3. Διαχωρισμός Επεισοδίων

Όπως προαναφέρθηκε μετά από επεξεργασία των μετρήσεων προέκυψαν 689 επεισόδια. Μια πρώτη ανάλυση των επεισοδίων παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2.:** ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ Η ΤΗΝ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

<b>ΔΙΑΡΚΕΙΑ (h)</b>	<b>RA (mm)</b>
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 1h</math></b> 391	<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ RA <math>\geq 10mm</math></b> 88
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 2h</math></b> 233	<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ RA <math>\leq 10mm</math></b> 601
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 4h</math></b> 106	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 5h</math></b> 73	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 6h</math></b> 51	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 7h</math></b> 38	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 8h</math></b> 33	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 9h</math></b> 24	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 10h</math></b> 19	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 11h</math></b> 14	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 12h</math></b> 14	
<b>ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ <math>\geq 24h</math></b> 0	

Οι μετρήσεις του disdrometer αφορούν την περιοχή όπου βρίσκεται και ο μετεωρολογικός σταθμός. Επομένως, η διάκριση των επεισοδίων έγινε με βάση τον τρόπο σχηματισμού των βροχοπτώσεων σε «convective» και «stratiform». Σε αυτό το σημείο πρέπει να δοθεί μεγάλη βαρύτητα στην επιλογή του κατάλληλου κριτηρίου για να

επιτευχθεί ο παραπάνω διαχωρισμός με τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Ο διαχωρισμός των δύο αυτών τύπων είναι σημαντικός καθώς σχετίζεται με την παγκόσμια κυκλοφορία, κλιματολογικά και υδρολογικά μοντέλα και τη βελτίωση του υπολογισμού της έντασης από μετρήσεις τηλεπισκόπισης (Steiner and Smith, 1998). Βέβαια, η επιλογή του κριτηρίου διακατέχεται από υποκειμενικότητα, καθώς και βιβλιογραφικά παρατηρείται μεγάλο πλήθος κριτηρίων. Στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκε σύνθετο κριτήριο με βάση αθροιστική βροχόπτωση (RA) και ταυτόχρονα τη διάρκεια του επεισοδίου ( $\Delta T$ ). Στον πίνακα 3.3. παρουσιάζεται το κριτήριο που επιλέχθηκε.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.:** ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΕ STRATIFORM ΚΑΙ CONVECTIVE  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

<b>ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ</b>	
<b>stratiform</b>	<b>convective</b>
<b><math>RA \geq 11,5mm</math> ΚΑΙ <math>360min &lt; \Delta T &lt; 720min</math></b>	<b><math>RA \geq 11,5mm</math> ΚΑΙ <math>\Delta T &lt; 180min</math></b>

Επομένως, με τη χρήση των άνω κριτηρίων προέκυψαν 19 stratiform και 17 convective επεισόδια, όπου και αναλύονται στον πίνακα (3.4.).

Διαφορετικά κριτήρια έχουν προταθεί για το διαχωρισμό των δύο τύπων βροχής. Γενικά, μεγάλες τιμές έντασης δημιουργούνται από μεταγωγικούς μηχανισμούς ενώ αντίθετα μικρές τιμές από διαστρωματικούς μηχανισμούς. Υπάρχει μια επικαλυπτόμενη περιοχή με τιμές έντασης 1–10 mm/h που μπορεί να δημιουργηθούν και οι δύο μηχανισμοί (Tokay and Short, 1996). Για τον έλεγχο της επιλογής του κριτηρίου παρατηρήθηκε κάθε επεισόδιο ξεχωριστά ως προς τη διάμετρο των σταγονιδίων. Τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά. Σε αυτή τη φάση πρέπει να αναφερθεί η ιδιαιτερότητα του επεισοδίου με ημερομηνία έναρξης την 22η Φεβρουαρίου το 2013. Το συγκεκριμένο επεισόδιο ταξινομείται στα stratiform επεισόδια. Πρόκειται για ένα μεικτό επεισόδιο, το οποίο αρχικά ξεκινά ως stratiform και εν συνεχεία μετεξελίσσεται σε convective.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δημοσίευσε το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, μετά τη δημιουργία της πρώτης καταιγίδας στην Αθήνα λίγο μετά τις 05:00 τα ξημερώματα, δημιουργήθηκαν συνθήκες ψύξης των αερίων μαζών και εγκλωβισμού τους στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας, οι οποίες δημιούργησαν τις συνθήκες για έντονες ανοδικές κινήσεις και τη δημιουργία νέων καταιγίδων. Αποτέλεσμα, να έχουμε την εμμονή των καταιγίδων πάνω από το Νομό Αττικής, οι οποίες και έδωσαν μεγάλα ύψη βροχής.

Το ετήσιο δελτίο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) αναφέρει τα αποτελέσματα αυτής της καταιγίδας. Μια γυναίκα έχασε τη ζωή της, όπου παγιδευμένη στο αυτοκίνητό της πέθανε από καρδιακή προσβολή. Η πρώτη εκτίμηση της Ένωσης Ασφαλιστικών Εταιριών Ελλάδας αναφέρει ότι η αποζημίωση για ζημιές ιδιοκτησίας

ξεπερνά τα 5 εκατομμύρια ευρώ. Η ισχυρή βροχόπτωση εκείνης της μέρας ακόμη προκάλεσε έντονα κυκλοφοριακά προβλήματα και οδηγοί εγκλωβίστηκαν στα οχήματά τους. Η Πυροσβεστική Υπηρεσία έλαβε περισσότερες από 1200 κλήσεις για απάντληση υδάτων πλημμυρισμένων υπογείων, ενώ καταστροφές υπέστη το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεπικοινωνιών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4.: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΕ STRATIFORM ΚΑΙ CONVECTIVE**  
**ΠΗΓΗ: ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)**

stratiform			convective		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΔΤ	RA	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΔΤ	RA
24/11/2005 23:28	536	17.98	17/11/2005 10:52	162	12.05
5/1/2006 4:55	536	40.04	5/2/2006 22:01	136	46.92
22/1/2006 17:07	540	18.78	23/9/2006 20:35	116	13.22
7/3/2006 22:50	440	15.61	7/10/2006 20:10	144	15.84
9/10/2006 21:43	540	58.63	19/5/2007 0:01	158	14.67
23/11/2006 18:51	408	14.94	20/10/2007 21:31	112	13.57
11/2/2007 12:07	622	40.82	18/12/2008 10:07	144	17.94
8/12/2007 20:02	640	29.70	21/3/2009 5:20	142	13.59
2/4/2008 19:34	626	23.04	8/2/2010 19:00	164	13.45
27/1/2009 21:38	376	24.57	12/6/2011 11:41	148	41.12
6/4/2009 3:14	428	12.25	21/12/2011 21:40	176	21.64
10/12/2009 23:44	490	26.66	16/1/2013 9:28	164	33.64
28/1/2011 5:42	496	13.31	25/1/2013 16:00	96	13.71
24/2/2011 11:31	528	11.85	11/11/2013 21:35	58	16.64
19/12/2011 12:40	630	21.33	24/11/2013 10:39	140	14.87
18/4/2012 4:48	376	21.69	24/1/2014 21:57	148	24.81
18/5/2012 8:57	590	16.90	26/1/2014 4:41	140	12.68
29/12/2012 10:20	432	21.09	22/2/2013 6:47	274	63.15
22/2/2013 5:17*	364	68.13			

Συνοψίζοντας με τη μεταφορά του επεισοδίου της 22/2/2013 από την stratiform κατηγορία στην convective προκύπτουν τελικά 18 stratiform και 18 convective επεισόδια.

\* Το επεισόδιο 22/2/13 καθ' ότι μεικτό διασπάται και διατηρείται αν και μετέπειτα της διάσπασης το κριτήριο της διάρκειας δεν διατηρείται, ήτοι 274 min. Ωστόσο, πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό ακραίο επεισόδιο του 2013 αποφασίστηκε να ταξινομηθεί στα convective επεισόδια.

### 3.3.4. Κατανομές

Για πολλά έτη επιστήμονες διερευνούν ποιες στατιστικές κατανομές δύναται να προσεγγίσουν την κατανομή του μεγέθους υδροσταγονιδίων. Οι τρεις στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιβλιογραφία είναι: η εκθετική κατανομή που έχει αναφερθεί προηγουμένως (σχέση 3.1.) και αναπτύχθηκε από τους Marshall και Palmer (1948), η κατανομή γάμμα (Ulbrich, 1983) και η κανονική λογαριθμική κατανομή, που επεξεργάστηκαν και χρησιμοποίησαν πρώτα το 1986 οι Feingold και Levin, 1986.

#### Κατανομή Γάμμα

Η κατανομή γάμμα (2 παραμέτρων) εκφράζεται από τη σχέση:

$$N(D) = N_0 * D^\mu * e^{(-\lambda * D)} \quad (3.22.)$$

Όπου,

$N_0$ : η συγκέντρωση των υδροσταγονιδίων στην τάξη μεγέθους 0, δηλαδή όταν η διάμετρος  $D$  τείνει στο 0 σε  $\text{mm}^{-3}\text{mm}^{-1}$

$D$ : η μέση διάμετρος για κάθε κανάλι  $i=1, \dots, 20$

$\lambda$ : η κλίση της καμπύλης  $N(D)$  σε  $\text{mm}^{-1}$

$\mu$ : αφορά το σχήμα της σταγόνας και δίνεται από την σχέση:

$$\mu = -0,0201\lambda^2 + 0,902\lambda - 1,718 \quad (3.23)$$

Όπου,

$\lambda$ : η κλίση της καμπύλης  $N(D)$  σε  $\text{mm}^{-1}$

Στην περίπτωση, όπου η τιμή της παραμέτρου  $\mu$  είναι μηδέν τότε προκύπτει η εκθετική κατανομή (σχέση 3.1.).

Η σχέση 3.23. αναπτύχθηκε από τους Cao et al. (2008). Στα οπτικά disdrometers (2 DVD) η παράμετρος του σχήματος  $\mu$  υπολογίζεται απευθείας από το όργανο. Ενώ στα radar ποικίλης πόλωσης οι τιμές των παραμέτρων  $N_0$  και  $\lambda$  μπορούν να αντικατασταθούν

από τις παρατηρημένες τιμές της οριζόντιας πόλωσης  $Z_H$  και της διαφοράς ανακλαστικότητας  $Z_{DR}$  του radar (Petar Bukoncic et al., 2012).

**Κανονική Λογαριθμική Κατανομή**

Η κανονική λογαριθμική κατανομή εκφράζεται από τη σχέση:

$$N(D) = \frac{N_T}{\sqrt{2\pi} \ln \sigma D} e^{\left[ -\frac{\ln^2(D/D_g)}{2 \ln^2 \sigma} \right]} \quad (3.24.)$$

Όπου,

$N_T$ : ο συνολικός αριθμός σταγόνων που προσέπεσαν στην επιφάνεια του οργάνου

$D$ : η μέση διάμετρος για κάθε κανάλι  $i=1, \dots, 20$

$D_g$ : ο γεωμετρικός μέσος της διαμέτρου  $D$

$\sigma$ : η γεωμετρική τυπική απόκλιση της διαμέτρου  $D$

Πιο αναλυτικά:

$$\ln D_g = \overline{\ln D} \quad (3.25.)$$

$$\ln^2 \sigma = \overline{(\ln D - \ln D_g)^2} \quad (3.26.)$$

Προκειμένου να υπολογιστεί η γεωμετρική τυπική απόκλιση απλοποιούμε την 3.24. και προκύπτει η σχέση 3.27.:

$$N(D) = \frac{e^A}{D} e^{\left\{ -0.5 \left[ \frac{(\ln D - B)}{C} \right]^2 \right\}} \quad (3.27.)$$

Όπου,

$$\frac{N_T}{\sqrt{2\pi \ln \sigma}} = A \quad (3.28.)$$

$$\ln D_g = B \quad (3.29.)$$

$$\ln \sigma = C \quad (3.30.)$$

Οι σχέσεις 3.28., 3.29. και 3.30. αποτελούν και τις τρεις παραμέτρους της κανονικής λογαριθμικής κατανομής.

Προκειμένω να εξεταστεί κατά πόσο (ποιοτικά) οι στατιστικές κατανομές προσεγγίζουν τις τιμές  $N(D)$  που εξάγονται από το όργανο έγινε χρήση των εξής μεθοδολογιών:

### **Ο Συντελεστής Συσχέτισης $\rho$**

Ο συντελεστής συσχέτισης  $\rho$  εκφράζεται από τη σχέση:

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (3.31.)$$

Όπου,

$\sigma_{XY}$ : η συνδιασπορά που ορίζεται ως:

$$\sigma_{XY} = \text{cov}(X, Y) = E(X, Y) - E(X)E(Y) \quad (3.32.)$$

$\sigma_X, \sigma_Y$ : η τυπική απόκλιση των δειγμάτων  $X, Y$  αντίστοιχα.

Ο συντελεστής συσχέτισης  $\rho$ , όπως και η συνδιασπορά  $\sigma_{XY}$ , εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται, δηλαδή πως η μία τυχαία μεταβλητή (τ.μ.) μεταβάλλεται ως προς την άλλη.

Η  $\sigma_{XY}$  παίρνει τιμές που εξαρτώνται από το πεδίο τιμών των  $X$  και  $Y$  ενώ ο συντελεστής  $\rho$  παίρνει τιμές στο διάστημα  $[-1, 1]$ .



Οι χαρακτηριστικές τιμές του  $\rho$  ερμηνεύονται ως εξής:

$\rho=1$ : υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση μεταξύ των  $X$  και  $Y$ ,

$\rho=0$ : δεν υπάρχει καμιά (γραμμική) συσχέτιση μεταξύ των  $X$  και  $Y$ ,

$\rho=-1$ : υπάρχει τέλεια αρνητική συσχέτιση μεταξύ των  $X$  και  $Y$

Όταν ο συντελεστής συσχέτισης είναι κοντά στο  $-1$  ή  $1$  η γραμμική συσχέτιση των δύο τ.μ. είναι ισχυρή (συνήθως χαρακτηρίσουμε ισχυρές τις συσχετίσεις όταν  $|\rho|>0.8$ ) ενώ όταν είναι κοντά στο  $0$  οι τ.μ. είναι πρακτικά ασυσχέτιστες.

### **Συντελεστής Προσδιορισμού $R$**

Ως μέτρο σφάλματος χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination), που αποτελεί το τυπικό μέτρο καλής προσαρμογής στατιστικών κατανομών αλλά και υδρολογικών μοντέλων (Nash and Sutcliffe, 1970).

Αναφέρεται και ως δείκτης Nash-Sutcliffe και ορίζεται:

$$R = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.33.)$$

όπου  $x_i$ : η παρατηρημένη τιμή του δείγματος  $X$

$\bar{x}$ : η μέση τιμή του δείγματος  $X$

$y_i$ : η τιμή του δείγματος  $Y$

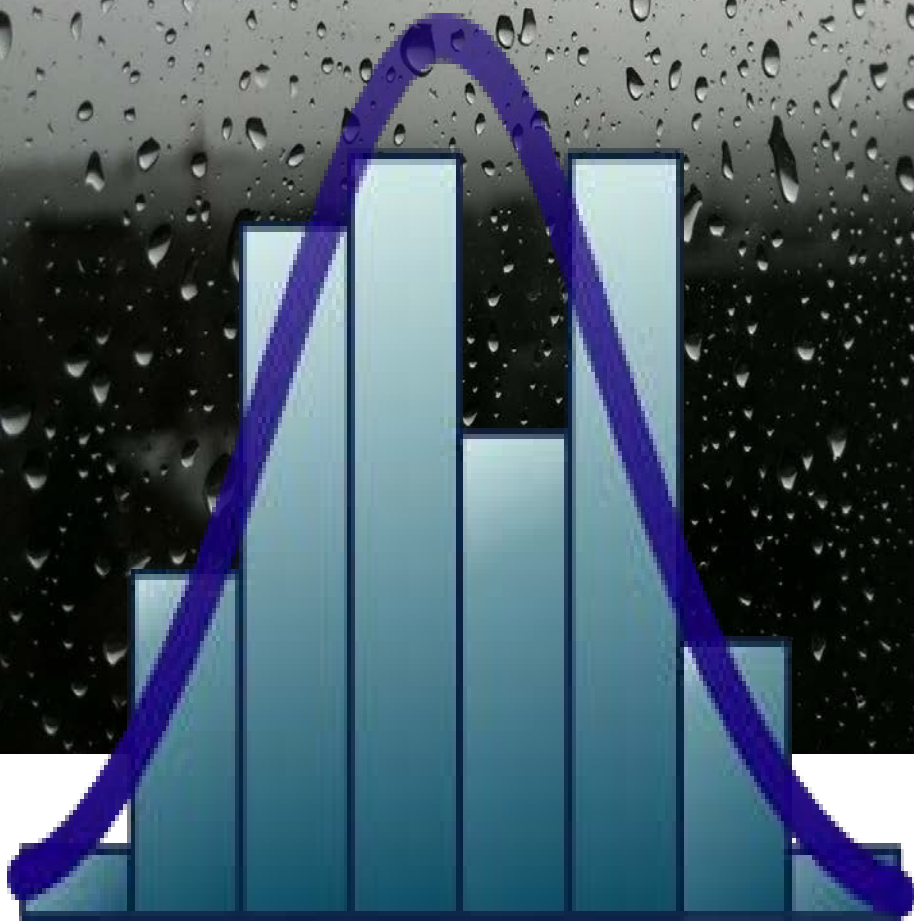
$n$ : ο αριθμός των παρατηρήσεων του δείγματος

Ο συντελεστής προσδιορισμού λαμβάνει τιμές από  $-\infty$  έως  $1$ .

- Αν  $R = 1$  υπάρχει απόλυτη ταύτιση των τιμών του παρατηρημένου δείγματος με τις τιμές του υπολογισμένου δείγματος.
- Αν  $R < 1$ , η προσαρμογή της κατανομής θεωρείται πολύ κακή, καθώς οι υπολογισμένες τιμές είναι χειρότερες εκτιμήτριες σε σχέση με την παρατηρημένη τιμή  $\bar{x}$  (Μαμάσης, 2009).

Τιμές με δείκτη Nash πάνω από  $0,6$  θεωρούνται ικανοποιητικές, ενώ τιμές της τάξης του  $0,30$  θεωρούνται οριακές για την αποδοχή ενός μοντέλου ως αντιπροσωπευτικού του φυσικού συστήματος (Freer at al., 1996)

Η μηδενική τιμή υποδεικνύει ότι οι υπολογισμένες τιμές είναι τόσο ακριβείς όσο και η μέση τιμή των παρατηρημένων τιμών (Ευστρατιάδης, 2009). Επομένως, όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι η τιμή του συντελεστή R, τόσο καλύτερη είναι η προσαρμογή της κατανομής.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΣΥΜΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΕΙΚΟΝΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ:

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΠΙΣΩ ΦΟΝΤΟ:** ΒΡΟΧΕΡΟΣ ΚΑΙΡΟΣ

**ΠΗΓΗ:** ΕΤΑΙΡΕΙΑ LIVE CITY ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ Ι.Κ.Ε (ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ  
ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΩΝ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΩΝ)

**ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟ ΕΜΠΡΟΣ ΦΟΝΤΟ:** ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

**ΠΗΓΗ:** CLIPART, WORD, OFFICE 2007.

## 4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 4.1. CONVECTIVE ΚΑΙ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ

Αρχικά, με τη μεθοδολογία που προαναφέρθηκε στο κεφ. 3, τα επεισόδια ταξινομήθηκαν σε 18 convective και 18 stratiform. Στα διαγράμματα 4.1. και 4.2. παρουσιάζονται όλα τα convective και stratiform επεισόδια αντίστοιχα. Για λόγους παρουσίασης καθώς και καλύτερης ερμηνείας των αποτελεσμάτων ο άξονας των  $N(D)$  αριθμείται σε λογαριθμική κλίμακα. Η χρήση της λογαριθμικής κλίμακας θα ακολουθηθεί σε όλα τα διαγράμματα  $N(D)$ .

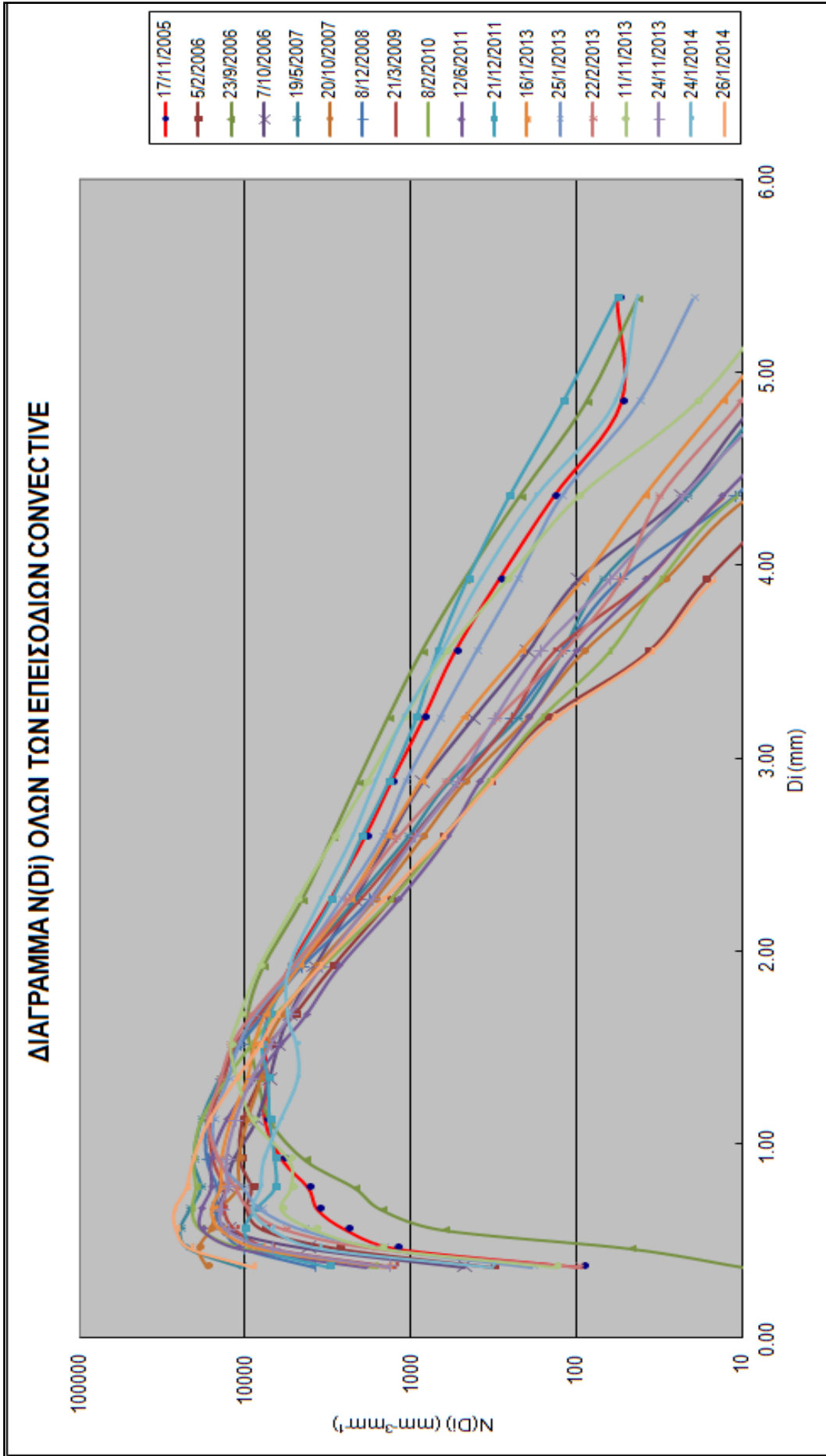
Από τα διαγράμματα εξάγονται χρήσιμες παρατηρήσεις. Στο διάγραμμα 4.1. παρατηρείται ότι κατά τη λήξη των επεισοδίων λαμβάνουν χώρα σταγόνες μεγάλων διαμέτρων. Το μέγεθος τους ξεπερνά σε όλα τα επεισόδια τα 4mm ενώ σε έξι εξ' αυτών εμφανίζονται μεγέθη διαμέτρων μεγαλύτερα από 5mm. Αντίστοιχα, στο διάγραμμα 4.2. οι σταγόνες στη λήξη των επεισοδίων κυμαίνονται από 3 έως 4mm ενώ μόνο τέσσερα εκ των δεκαοκτώ stratiform επεισοδίων εμφανίζουν σταγόνες με διαμέτρους μεγαλύτερες των 4mm όπου και αυτές δεν ξεπερνούν τα 4,5mm.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν την ορθότητα του κριτηρίου διαχωρισμού των βροχοπτώσεων. Πράγματι, όπως προαναφέρθηκε, τα convective επεισόδια διακρίνονται για την μεγάλη έντασή τους και τις μεγάλων διαμέτρων σταγόνες. Από την άλλη, στα stratiform επεισόδια ο αριθμός των σταγόνων μικρών διαμέτρων (<4mm) είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτές των μεγάλων διαμέτρων.

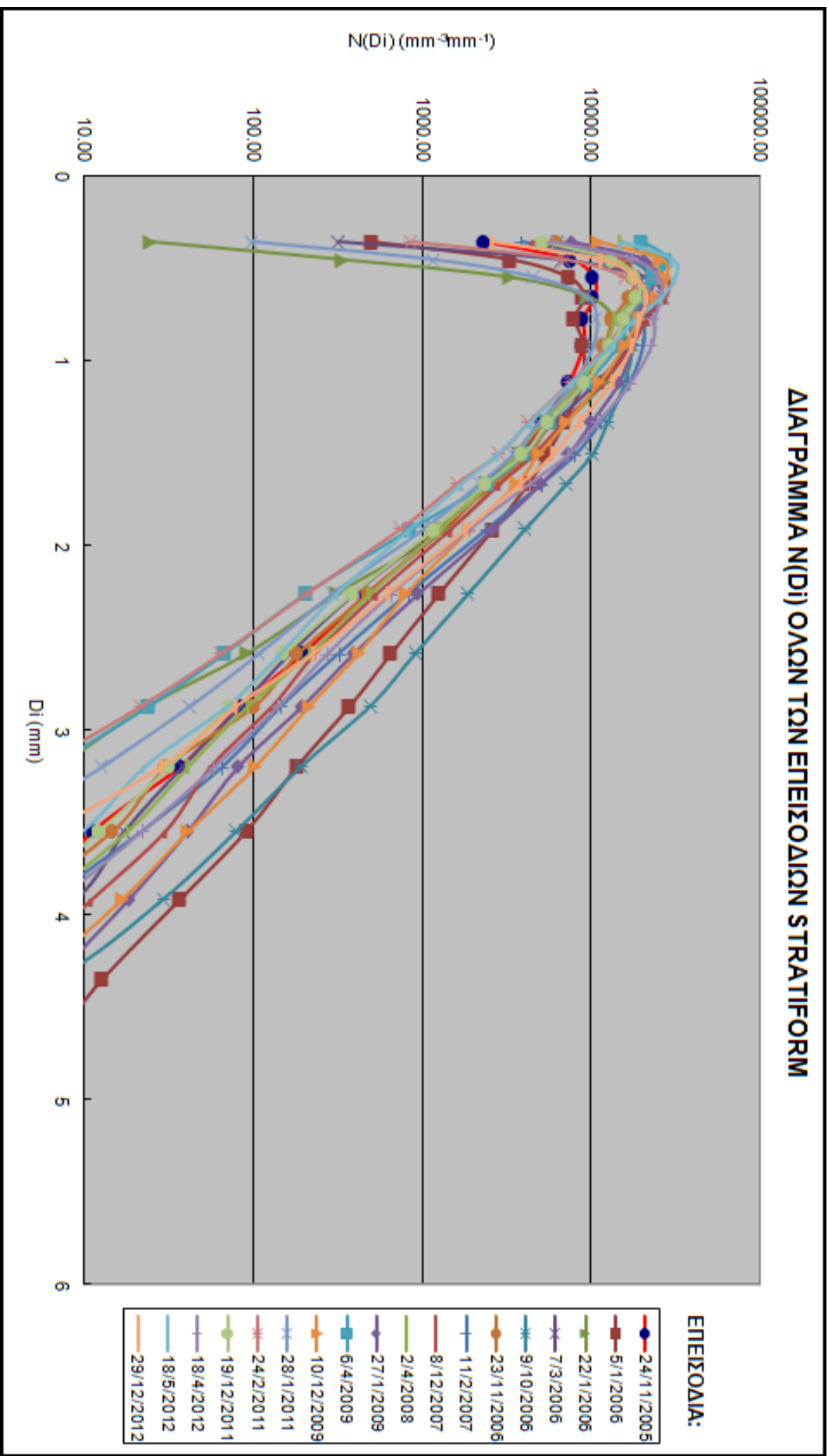
Με σκοπό τη σύγκριση των δύο τύπων βροχοπτώσεων κατασκευάστηκε από μια καμπύλη αντιπροσωπευτική για κάθε τύπο. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των τιμών  $N(D)$  όλων των επεισοδίων του ίδιου τύπου για το κάθε κανάλι. Το αποτέλεσμα που προκύπτει παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.3.

Στο διάγραμμα αυτό (4.3.) πράγματι παρατηρείται ότι η αιχμή της καμπύλης των stratiform επεισοδίων εμφανίζει μεγαλύτερη τιμή από αυτή των convective. Τέλος, οι δύο καμπύλες τέμνονται περίπου στην τιμή 1,1mm. Πριν το σημείο τομής ο αριθμός των σταγόνων των stratiform είναι μεγαλύτερος από των convective επεισοδίων ενώ μετά το σημείο τομής ξεκινά να συμβαίνει το αντίθετο και μάλιστα με αυξανόμενη τάση.

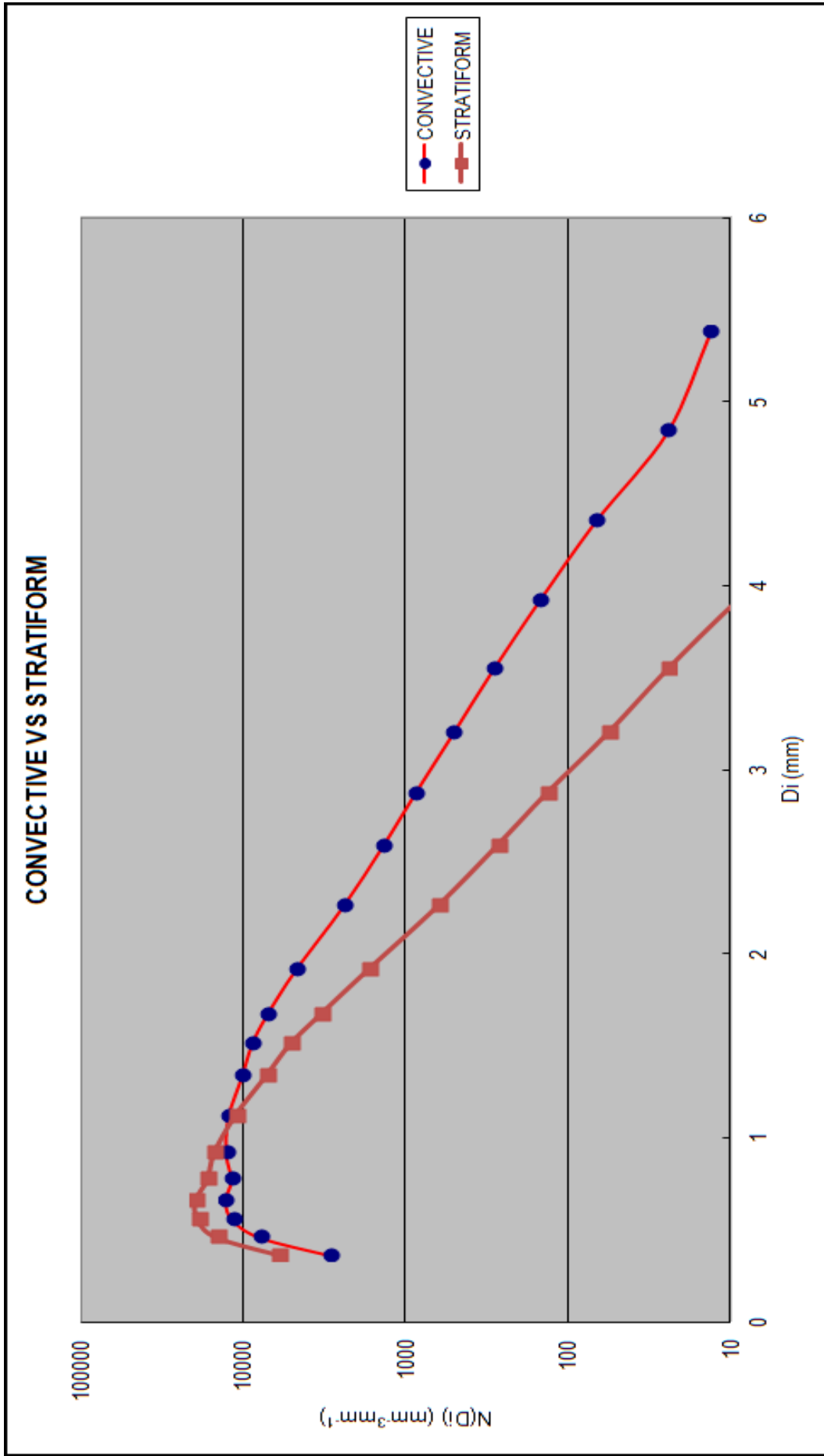
Βέβαια, σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει ιδιαίτερη μνεία στην διαφορά των αριθμών των σταγόνων μικρών διαμέτρων στους δύο τύπους βροχής. Ένα μέρος της διαφοράς οφείλεται σε ένα κατασκευαστικό μειονέκτημα του disdrometer: το «νεκρό χρόνο» δηλαδή στο φαινόμενο το όργανο να μην καταγράφει νέες σταγόνες μέχρι να επιστρέψει ο κώνος πρόσκρουσης στην αρχική του θέση μετά από κάποια καταγραφή. Μπορεί το πρόγραμμα του disdrometer, όπως επισημάνθηκε στην τελευταία παράγραφο του κεφαλαίου 2, να διορθώνει το σφάλμα αυτό, ωστόσο στις έντονες βροχοπτώσεις (convective) ο χρόνος πρόσπτωσης των μικρών διαμέτρων υδροσταγονιδίων πάνω στην επιφάνεια του μετατροπέα είναι μικρότερος από το χρόνο που χρειάζεται για την εξασθένηση της μηχανικής ταλάντωσης του μετατροπέα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σφάλμα ακόμη και με τη συμβολή του προγράμματος να μην διορθώνεται πλήρως (Τσοτσώνης 1998, Tokay et al., 2005).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1.:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ  
ΠΗΓΗ: ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2:** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΔΩΝ ΤΩΝ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

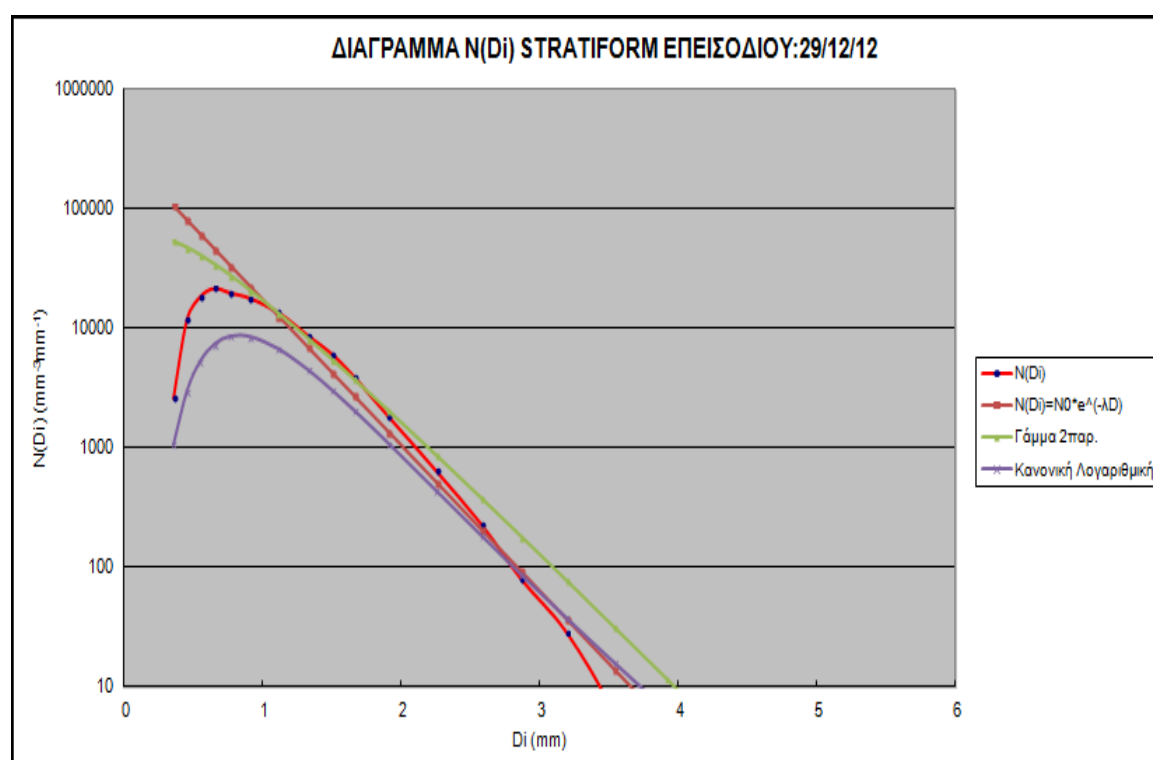


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3.: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ  $N(D)$  ΟΛΩΝ ΤΩΝ STRATIFORM ΚΑΙ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ**  
**ΠΗΓΗ: ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)**



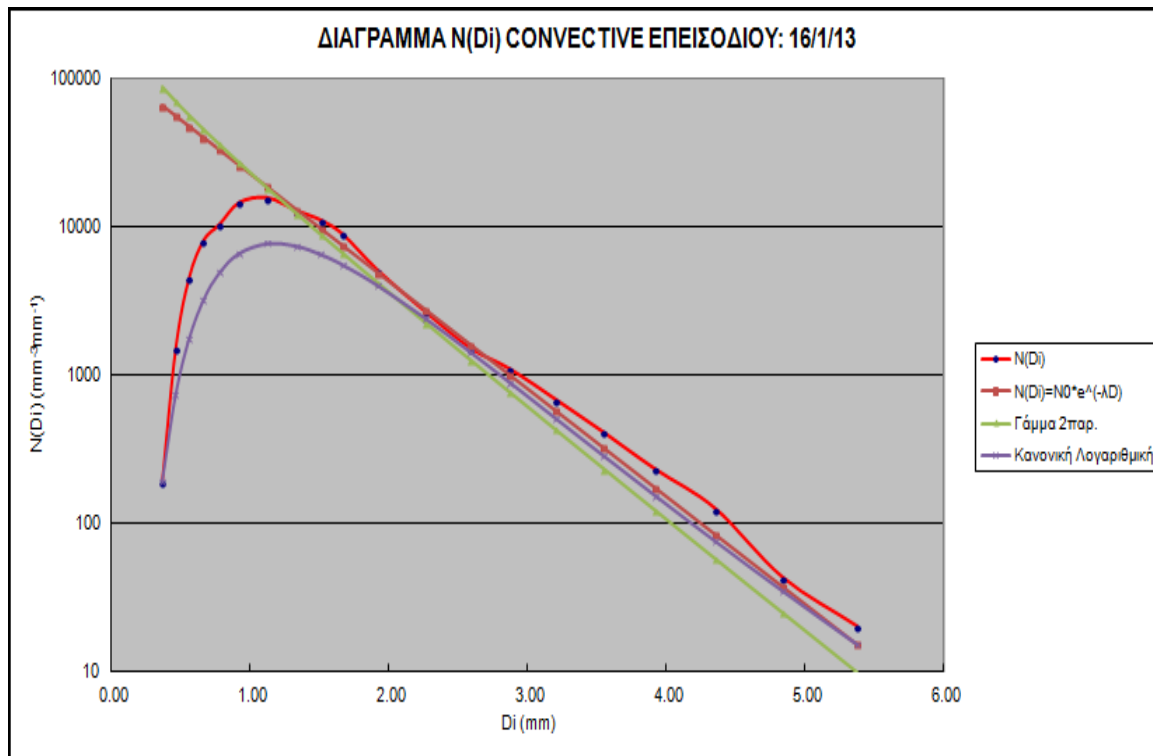
## 4.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ)

Εφόσον υλοποιήθηκε ο διαχωρισμός των επεισοδίων και σχεδιάστηκε το διάγραμμα των παρατηρημένων  $N(D)$  για κάθε επεισόδιο εν συνεχεία υπολογίστηκαν νέες τιμές  $N(D)$  με τη μεθοδολογία, που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3., για κάθε κατανομή. Έτσι προέκυψαν 36 διαγράμματα (18 convective και 18 stratiform), που παρουσιάζουν το διάγραμμα των παρατηρημένων τιμών  $N(D)$  και οι αντίστοιχες υπολογισμένες τιμές για την εκθετική, την γάμμα 2 παραμέτρων και την κανονική λογαριθμική. Παρακάτω εμφανίζονται ένα διάγραμμα για κάθε τύπο βροχόπτωσης (Δ.4.4. και Δ.4.5.). Τα υπόλοιπα διαγράμματα, καθότι καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο, παρατίθενται στο παράρτημα (Π.1. – Π.34.).



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4.:** ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

Και στα δύο διαγράμματα διακρίνεται ότι η κανονική λογαριθμική προσεγγίζει καλύτερα τις σταγόνες μικρών διαμέτρων ( $0,3 < D < 1 \text{ mm}$ ), ενώ αντίθετα η εκθετική κατανομή αλλά και η γάμμα 2 παραμέτρων (σε μικρότερο βαθμό) παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές για το διάστημα αυτό.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5.:** ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

Προκειμένου να εξεταστεί ποια κατανομή προσεγγίζει το παρατηρημένο δείγμα καλύτερα χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης ( $\rho$ ) και ο δείκτης Nash–Sutcliffe ( $R$ ), ο οποίος τυγχάνει ευρείας χρήσης στα υδρολογικά μοντέλα. Στους πίνακες 4.1. και 4.2. παρουσιάζονται οι τιμές τους για τα stratiform και για τα convective επεισόδια αντίστοιχα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.: ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗ NASH ΓΙΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ**  
**ΠΗΓΗ: ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)**

<b>Επεισόδιο</b>	17/11/2005			5/2/2006			23/9/2006		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.29	0.36	0.95	-0.20	-0.28	0.98	0.48	0.48	0.88
<b>R</b>	-33.73	-22.94	0.43	-85.90	-147.89	0.53	-15.91	-7.89	0.56
<b>Επεισόδιο</b>	12/6/2011			21/12/2011			16/1/2013		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.66	0.54	0.79	0.52	0.49	0.92	0.18	0.09	0.97
<b>R</b>	-24.12	-53.62	0.60	-16.53	-19.46	0.59	-18.39	-29.12	0.56
<b>Επεισόδιο</b>	7/10/2006			19/5/2007			20/10/2007		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.73	0.73	0.91	0.93	0.94	0.82	0.48	0.52	0.95
<b>R</b>	-8.83	-7.12	0.56	-8.27	-6.05	0.56	-22.88	-17.53	0.50
<b>Επεισόδιο</b>	25/1/2013			22/2/2013			11/11/2013		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.13	0.14	0.98	0.06	-0.05	0.97	-0.02	-0.06	0.95
<b>R</b>	-32.92	-30.59	0.40	-48.69	-89.03	0.66	-96.28	-128.69	0.52
<b>Επεισόδιο</b>	8/12/2008			21/3/2009			8/2/2010		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.34	0.34	0.96	0.45	0.53	0.96	0.58	0.61	0.94
<b>R</b>	-31.89	-24.12	0.46	-13.76	-8.13	0.42	-5.98	-4.78	0.50
<b>Επεισόδιο</b>	24/11/2013			24/1/2014			26/1/2014		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.51	0.51	0.93	0.44	0.31	0.79	0.69	0.77	0.94
<b>R</b>	-13.13	-13.66	0.56	-46.47	-88.40	0.84	-8.94	-3.82	0.73

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:** ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗ NASH ΓΙΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

<b>Επεισόδιο</b>	24/11/2005			5/1/2006			22/1/2006		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.59	0.70	0.94	0.39	0.41	0.94	0.09	0.31	0.98
<b><math>R</math></b>	-12.67	-4.54	0.44	-20.68	-19.37	0.51	-32.96	-7.26	0.17
<b>Επεισόδιο</b>	7/3/2006			9/10/2006			23/11/2006		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.45	0.58	0.42	0.65	0.65	0.91	0.72	0.83	0.94
<b><math>R</math></b>	-3.36	-0.65	0.27	-14.65	-9.15	0.52	-5.36	-0.86	0.44
<b>Επεισόδιο</b>	11/2/2007			8/12/2007			2/4/2008		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.50	0.63	0.97	0.63	0.73	0.95	0.89	0.94	0.91
<b><math>R</math></b>	-14.98	-4.97	0.38	-2.19	-0.21	0.38	-0.58	0.65	0.47
<b>Επεισόδιο</b>	27/1/2009			6/4/2009			10/12/2009		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.71	0.71	0.93	0.89	0.98	0.91	0.81	0.85	0.93
<b><math>R</math></b>	-6.11	-2.45	0.47	-3.07	0.82	0.40	-1.12	0.00	0.49
<b>Επεισόδιο</b>	28/1/2011			24/2/2011			19/12/2011		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.22	0.41	0.97	0.44	0.66	0.96	0.66	0.78	0.96
<b><math>R</math></b>	-14.20	-3.57	0.51	-8.45	-0.47	0.26	-4.88	-0.58	0.40
<b>Επεισόδιο</b>	18/4/2012			18/5/2012			29/12/2012		
<b>Κατανομή</b>	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική	Εκθετική	Γάμμα 2παρ.	Κανονική Λογαριθμική
<b><math>\rho</math></b>	0.58	0.72	0.96	0.84	0.92	0.94	0.49	0.66	0.96
<b><math>R</math></b>	-8.91	-2.03	0.38	0.03	0.84	0.38	-14.58	-3.14	0.36

Παρατηρούμε ότι οι τιμές του συντελεστή Nash παρουσιάζουν αρνητικές τιμές στην εκθετική και την γάμμα 2 παραμέτρων κατανομή. Με στόχο την εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων επιλέγεται να διαγραφούν οι τιμές  $N(D)$  των τεσσάρων πρώτων καναλιών για τα stratiform επεισόδια και των πέντε για τα convective αντίστοιχα. Η επιλογή αυτή δεν έγινε διόλου τυχαία. Κατ' αρχάς αποφασίστηκε η διαγραφή ενός καναλιού παραπάνω στις convective βροχοπτώσεις από ότι στις stratiform καθότι, όπως προαναφέρθηκε, στις μικρές διαμέτρους ( $D < 1\text{mm}$ ) ο αριθμός των παρατηρημένων  $N(D)$  είναι μικρότερος σε αυτού του τύπου τις βροχοπτώσεις από ότι στις τελευταίες. Με στόχο την διασφάλιση ότι οι διαγραφείσες τιμές δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα το αποτέλεσμα εξετάστηκε σε τι ποσοστό αντιστοιχούν αυτές οι τιμές στη συνολική αθροιστική βροχόπτωση κάθε επεισοδίου. Τα αποτελέσματα, που παρατίθενται στο παράρτημα (Π.35. και Π.36.), έδειξαν ότι οι τιμές που διεγράφησαν κυμαίνονται από το 0,65 έως το

6,57% της συνολικής αθροιστικής βροχόπτωσης στα stratiform επεισόδια ενώ αντίστοιχα στα convective κυμαίνονται μεταξύ 0,06 και 3,47%.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3:** ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗ NASH ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΜΕΝΑ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

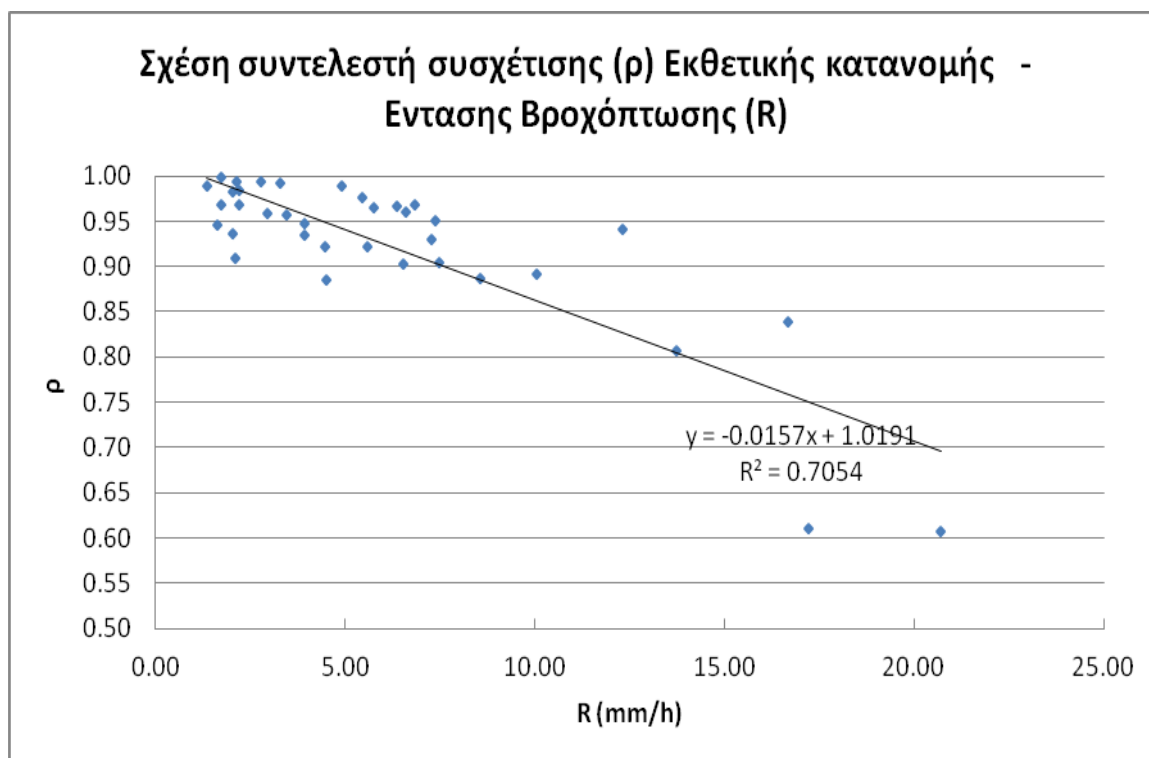
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

		ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ					
		ΕΚΘΕΤΙΚΗ		ΓΑΜΜΑ 2 ΠΑΡΑΜ.		ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ	
ΗΜ/ΝΙΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ mm/h	$\rho$	$R$	$\rho$	$R$	$\rho$	$R$
24/2/2011	1.35	0.99	0.96	1.00	1.00	0.96	0.26
28/1/2011	1.61	0.95	0.69	0.98	0.88	0.97	0.24
6/4/2009	1.72	0.97	0.83	0.99	0.98	0.91	0.40
18/5/2012	1.72	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94	0.38
24/11/2005	2.01	0.94	0.45	0.96	0.66	0.94	0.44
19/12/2011	2.03	0.98	0.92	1.00	0.98	0.96	0.40
22/1/2006	2.09	0.91	0.55	0.96	0.84	0.98	0.17
7/3/2006	2.13	0.99	0.98	1.00	0.98	0.94	0.27
23/11/2006	2.20	0.97	0.77	0.99	0.90	0.94	0.44
2/4/2008	2.21	0.98	0.88	0.99	0.95	0.91	0.47
8/12/2007	2.78	0.99	0.98	1.00	1.00	0.95	0.38
29/12/2012	2.93	0.96	0.69	0.98	0.88	0.96	0.36
10/12/2009	3.26	0.99	0.94	1.00	0.97	0.93	0.49
18/4/2012	3.46	0.96	0.81	0.98	0.93	0.96	0.38
27/1/2009	3.92	0.95	0.64	0.97	0.76	0.93	0.47
11/2/2007	3.94	0.93	0.59	0.96	0.78	0.97	0.38
17/11/2005	4.46	0.92	0.47	0.94	0.51	0.95	0.43
5/1/2006	4.48	0.89	-0.36	0.89	-0.33	0.94	0.51
8/2/2010	4.92	0.99	0.96	0.99	0.97	0.94	0.50
26/1/2014	5.43	0.98	0.86	0.99	0.89	0.94	0.51
19/5/2007	5.57	0.92	0.21	0.93	0.24	0.82	0.56
21/3/2009	5.74	0.97	0.89	0.98	0.91	0.96	0.42
24/11/2013	6.37	0.97	0.73	0.97	0.72	0.93	0.56
9/10/2006	6.51	0.90	-0.26	0.92	-0.06	0.91	0.52
7/10/2006	6.60	0.96	0.81	0.97	0.82	0.91	0.56
23/9/2006	6.84	0.97	0.21	0.96	0.20	0.88	0.56
20/10/2007	7.27	0.93	0.66	0.94	0.68	0.95	0.50
21/12/2011	7.38	0.95	0.42	0.94	0.41	0.92	0.59
18/12/2008	7.47	0.90	0.46	0.92	0.49	0.96	0.46
25/1/2013	8.57	0.89	0.43	0.89	0.44	0.98	0.40
24/1/2014	10.06	0.89	-4.29	0.86	-4.10	0.79	0.59
16/1/2013	12.31	0.94	0.70	0.92	0.66	0.97	0.56
22/2/2013	13.73	0.81	-1.61	0.75	-1.68	0.97	0.66
12/6/2011	16.67	0.84	-1.76	0.78	-1.79	0.79	0.60
11/11/2013	17.22	0.61	-4.61	0.58	-4.66	0.95	0.52
5/2/2006	20.70	0.61	-5.82	0.54	-5.84	0.98	0.53

Στον πίνακα που προηγήθηκε (4.3.) εμφανίζονται πλέον οι διορθωμένες τιμές του συντελεστή συσχέτισης και του δείκτη Nash – Sutcliffe για όλα τα επεισόδια (το χρώμα υποδηλώνει τον τύπο του επεισοδίου, γαλάζιο για stratiform και μπλε για convective επεισόδια αντίστοιχα) ταξινομημένα βάσει της έντασης (σε αύξουσα σειρά).

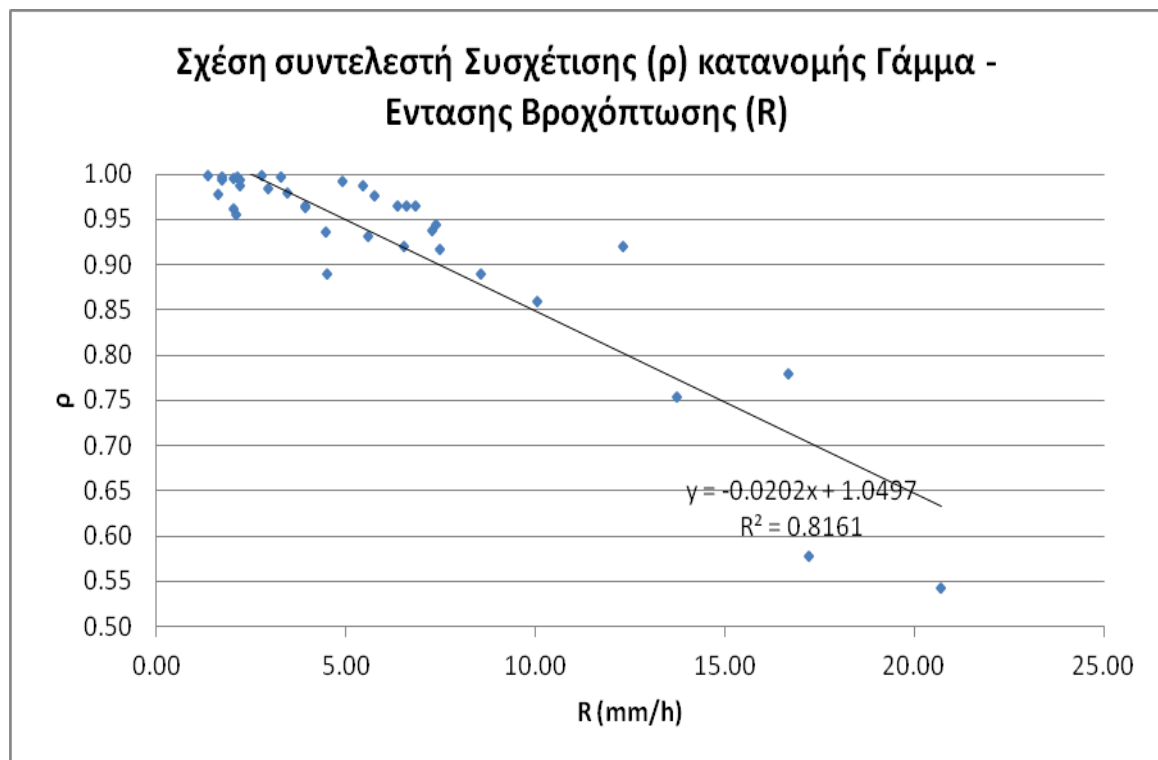
Εύκολα διακρίνεται ότι η γάμμα κατανομή προσεγγίζει καλύτερα τις παρατηρημένες τιμές των stratiform επεισοδίων βροχής, σε σχέση με τις υπόλοιπες, με πολύ καλές τιμές συντελεστή συσχέτισης ( $\rho > 0,8$ ) και ικανοποιητικές τιμές του δείκτη Nash ( $R > 0,6$ ). Η εκθετική ανταποκρίνεται και αυτή εξίσου καλά στα stratiform επεισόδια. Τέλος, η κανονική λογαριθμική προσεγγίζει αρκετά καλά τα convective επεισόδια καθώς η συμπεριφορά της εκθετικής αλλά και της γάμμα κατανομής παρουσιάζουν διακυμάνσεις ακόμα και με αρνητικές τιμές, ενώ σε ορισμένα επεισόδια παρατηρήθηκε καλύτερη επίδοση της εκθετικής στα convective σε σχέση με τη γάμμα.

Η ταξινόμηση με βάσει την ένταση υλοποιήθηκε προκειμένου να διαπιστωθεί ότι στην εκθετική και τη γάμμα 2 παραμέτρων κατανομή όσο αυξάνεται η τιμή της έντασης τόσο και αυτές «απομακρύνονται» από τις παρατηρημένες τιμές. Τα διαγράμματα 4.6. και 4.7. δείχνουν καλύτερα τι ακριβώς συμβαίνει.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6.:** ΣΧΕΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

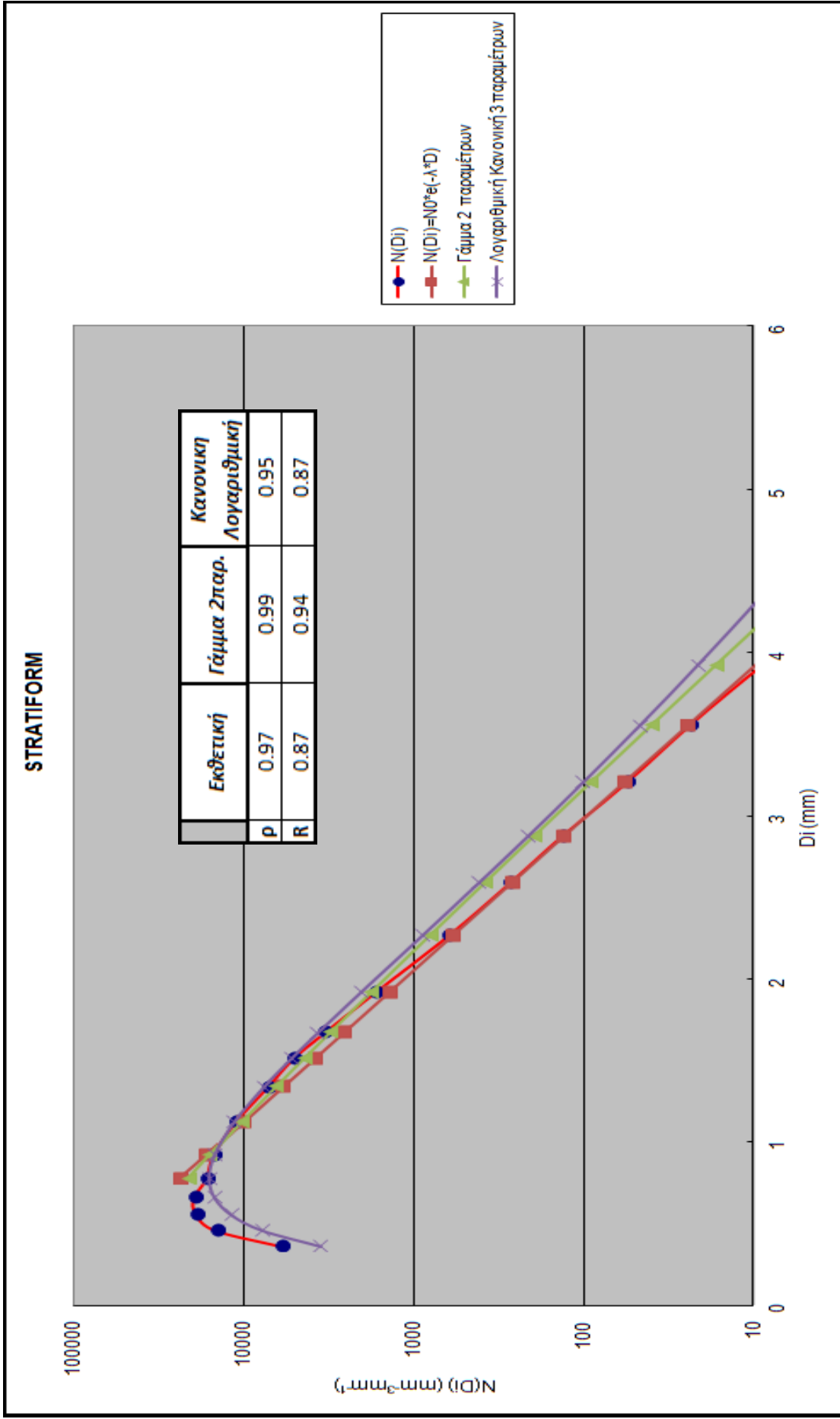
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7.:** ΣΧΕΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΓΑΜΜΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

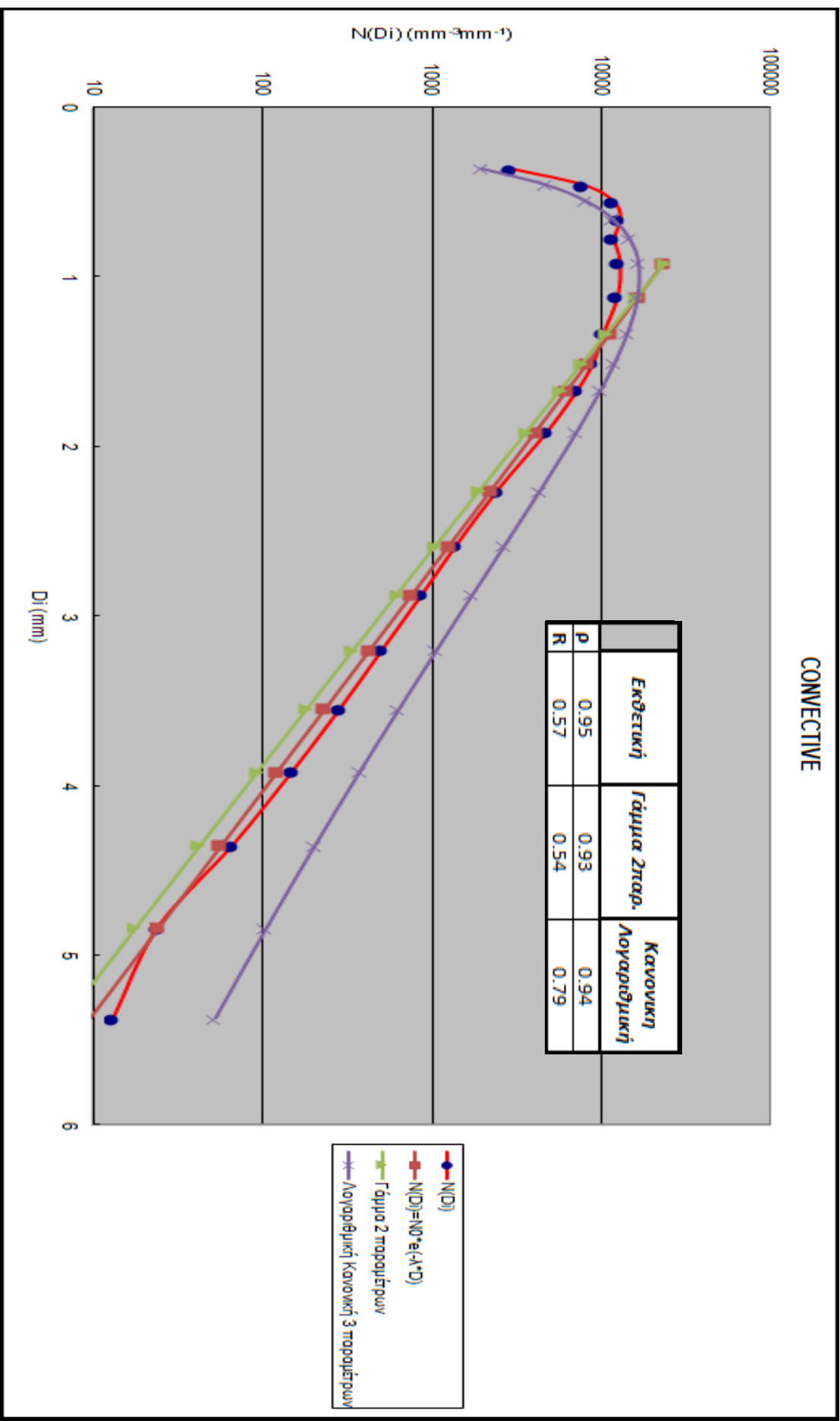
Η συσχέτιση των παρατηρημένων τιμών με αυτές των υπολογισμένων με τη χρήση των κατανομών γάμμα 2 παραμέτρων και της εκθετικής συνεχώς μειώνεται. Παρατηρείται ότι αυτό συμβαίνει μετά τα 10mm/h, ωστόσο για να υπολογιστεί ένα τέτοιο κατώφλι (threshold) απαιτούνται περισσότερα δεδομένα βροχοπτώσεων μεγάλων εντάσεων.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και στα διαγράμματα των αντιπροσωπευτικών καμπυλών κάθε τύπου βροχόπτωσης. Τα αποτελέσματα καθώς και οι διορθωμένοι πίνακες φαίνονται στα διαγράμματα 4.8. και 4.9. Οι παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνονται και σε αυτά τα διαγράμματα.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8.:** ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ  
**ΠΗΓΗ:** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)





**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9.:** ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ CONVECTIVE ΕΠΙΣΤΟΙΧΙΩΝ ΠΗΓΗ: ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (EXCEL)

### 4.3. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την βοήθεια των δεδομένων του disdrometer δύναται να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός ανάλογα με τον τύπο βροχόπτωσης του επεισοδίου (σε convective και stratiform).

Από τη μελέτη των παραπάνω παρατηρήσεων προκύπτει ότι η κατανομή γάμμα δύο παραμέτρων προσεγγίζει καλύτερα τις παρατηρημένες τιμές κατανομής του μεγέθους των υδροσταγονιδίων του disdrometer, τουλάχιστον για τα δεδομένα της Αττικής τόσο σε stratiform επεισόδια.

Η γάμμα κατανομή δεν προσεγγίζει αρκετά καλά τις παρατηρημένες τιμές σε convective επεισόδια (παρουσιάζει διακυμάνσεις) άρα χρήζει επιπλέον μελέτης σε επεισόδια τέτοιου τύπου. Ο παράγοντας  $\mu$  της κατανομής αυτής, που αφορά το σχήμα της σταγόνας, εξάγεται σε σχέση με τη παράμετρο  $\lambda$  με τη βοήθεια ενός πολυωνύμου 2ου βαθμού (σχέση 3.23.). Οι τρεις συντελεστές συνεπώς δεν αποκρίνονται επιτυχώς στα convective επεισόδια που λαμβάνουν χώρα στην Αττική.

Όσον αφορά την εκθετική κατανομή, παρότι οι παράμετροί της υπολογίζονται από το λογισμικό του οργάνου, υστερεί συνεχώς σε σχέση με τη γάμμα και χρήζει περαιτέρω έρευνας για τα convective επεισόδια.

### 4.4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

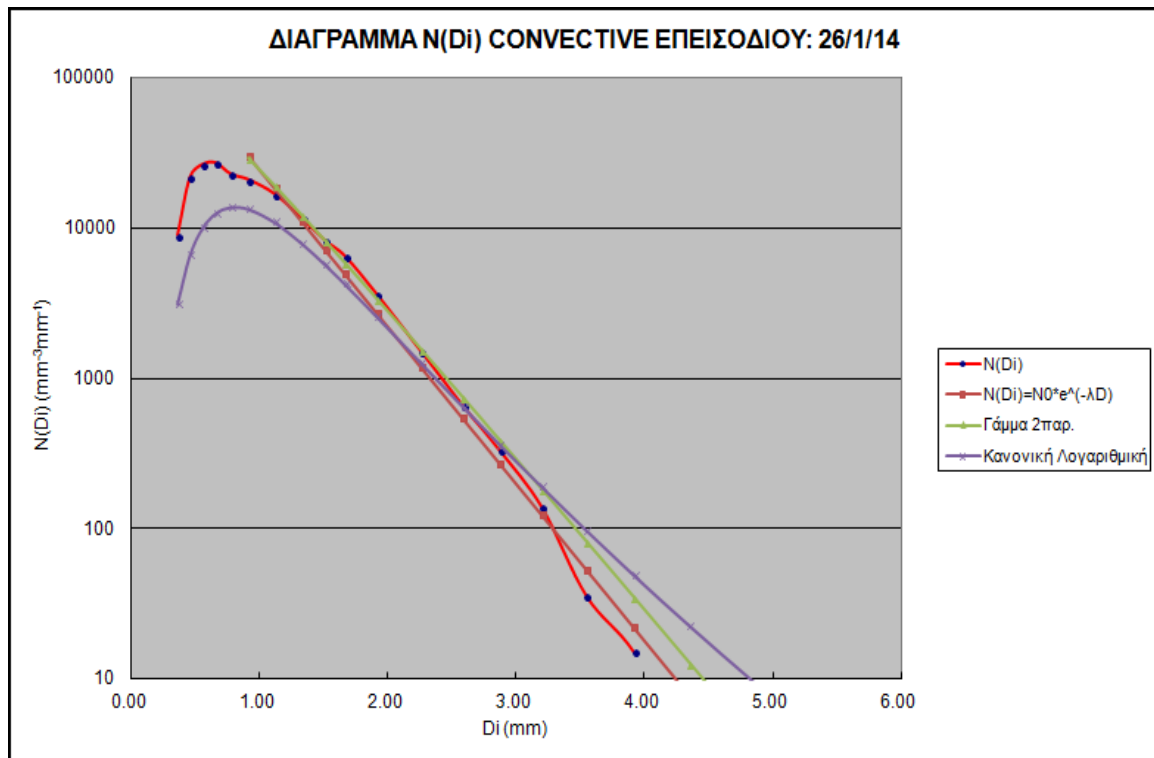
Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης αφορούσαν επεισόδια βροχόπτωσης στην Αττική και πιο συγκεκριμένα στο μετεωρολογικό σταθμό Ζωγράφου που βρίσκεται εντός της Πολυτεχνειούπολης. Θα υπήρχε έντονο ενδιαφέρον να συγκριθούν δεδομένα disdrometer για περιοχές με ίδια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά σε παγκόσμιο επίπεδο. Βέβαια κάτι τέτοιο είναι δύσκολο να υλοποιηθεί καθώς η παρουσία και εγκατάσταση impact disdrometers σε όλο τον κόσμο είναι περιορισμένη.

Η εταιρεία που προμηθεύει το όργανο εγγυάται τη χρήση του για όλα τα είδη κατακρημνισμάτων. Θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να παρατηρηθούν μεμονωμένα δεδομένα χαλαζιού ή graupel και να διαμορφωθεί κριτήριο διαχωρισμού από τις convective και stratiform βροχές.

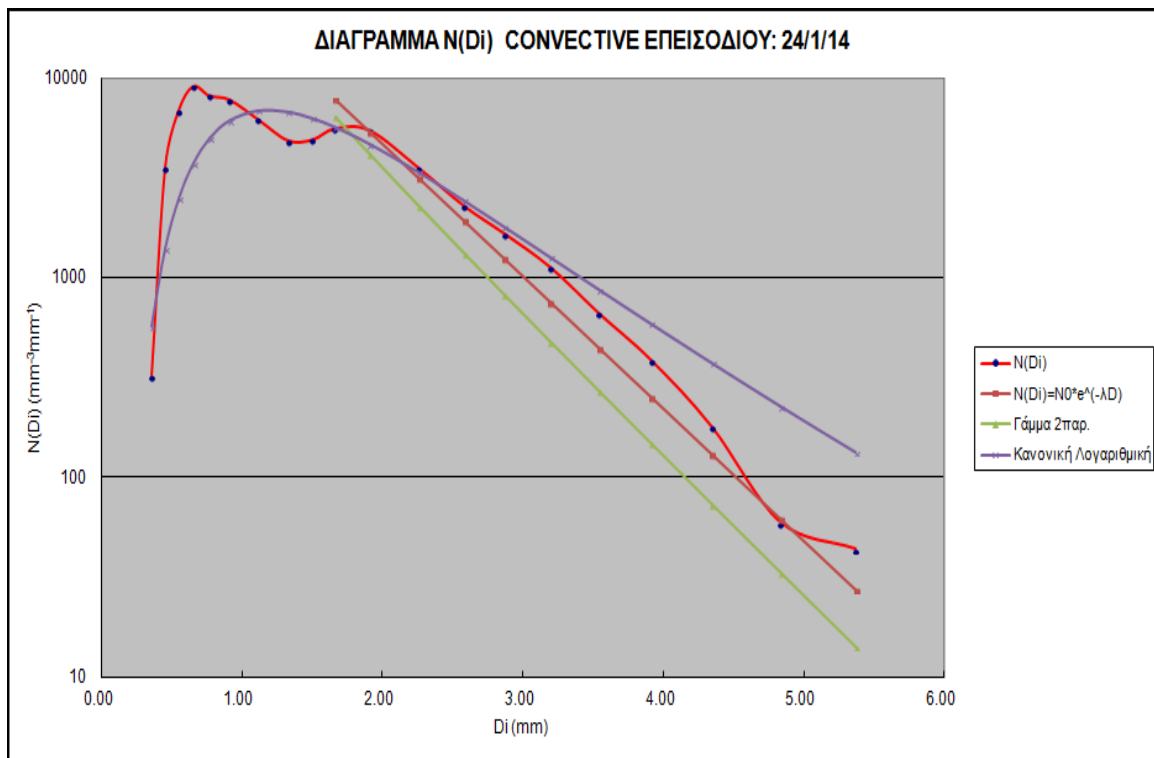
Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η θεωρητική διερεύνηση του συντελεστή σχήματος  $\mu$  της κατανομής γάμμα 2 παραμέτρων συναρτήσει της κλίσης  $\lambda$  της κατανομής για τα δεδομένα της Αττικής αν και αυτό προϋποθέτει μετρήσεις από 2DVD disdrometer. Γενικότερα επίσης θα είχε ενδιαφέρον η σύγκριση των μετρήσεων οπτικού (2DVD) και impact disdrometer στην περιοχή μελέτης. Το impact υποεκτιμά τις μικρές διαμέτρους υδροσταγονιδίων στις έντονες βροχοπτώσεις, όπως παρατηρήθηκε και στη παρούσα μελέτη ενώ αντίθετα το οπτικό υπερεκτιμά τις μεγάλες διαμέτρους σταγόνων (Tokay, 2005). Βέβαια, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός 2DVD disdrometer είναι αρκετά υψηλό.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

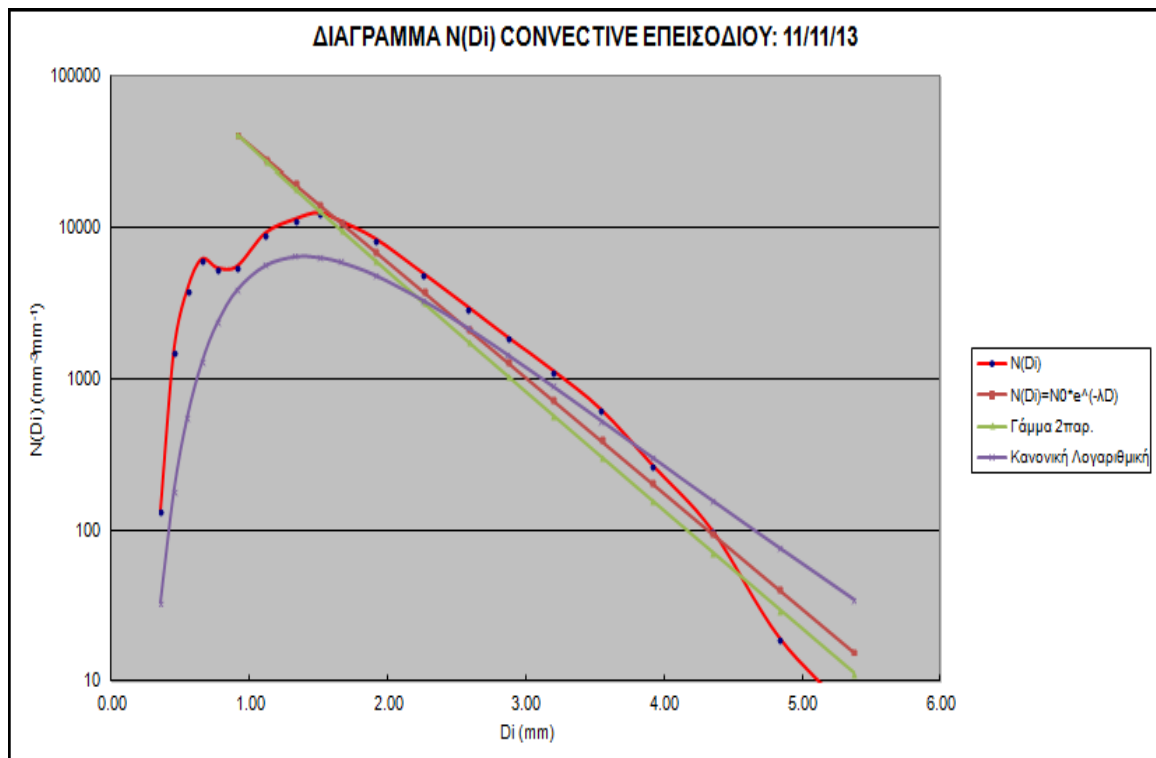
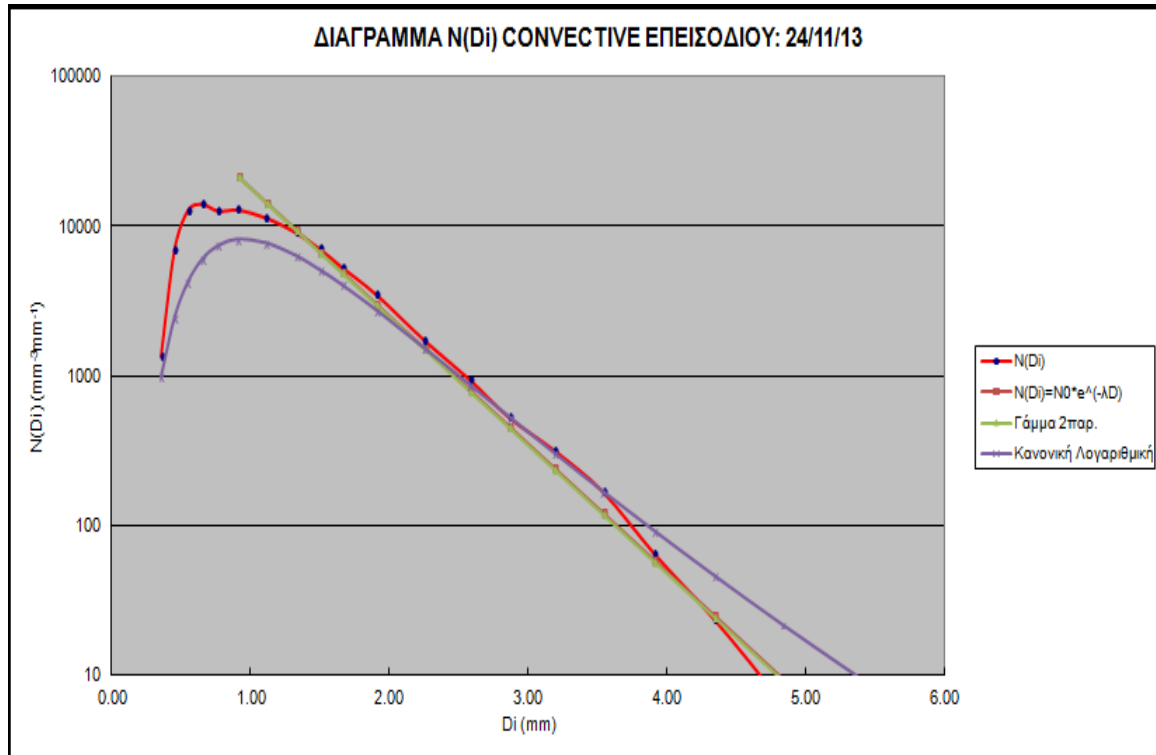


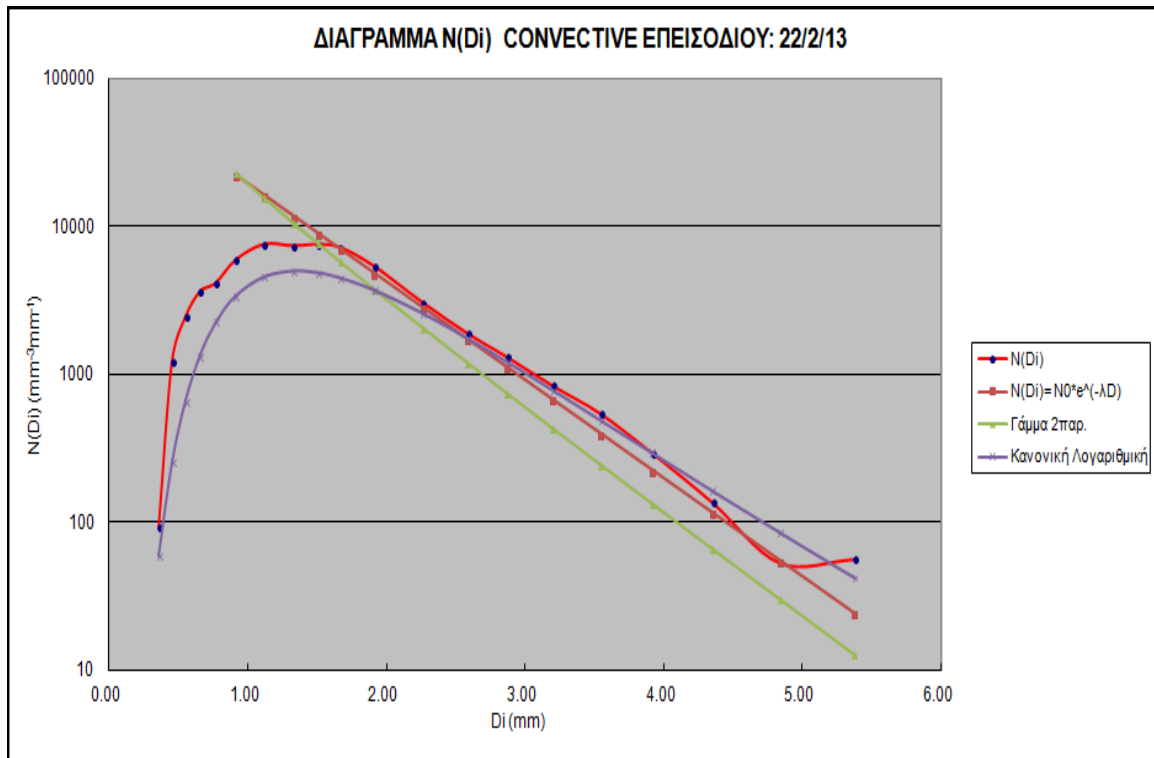


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.1 :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 26/1/14  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

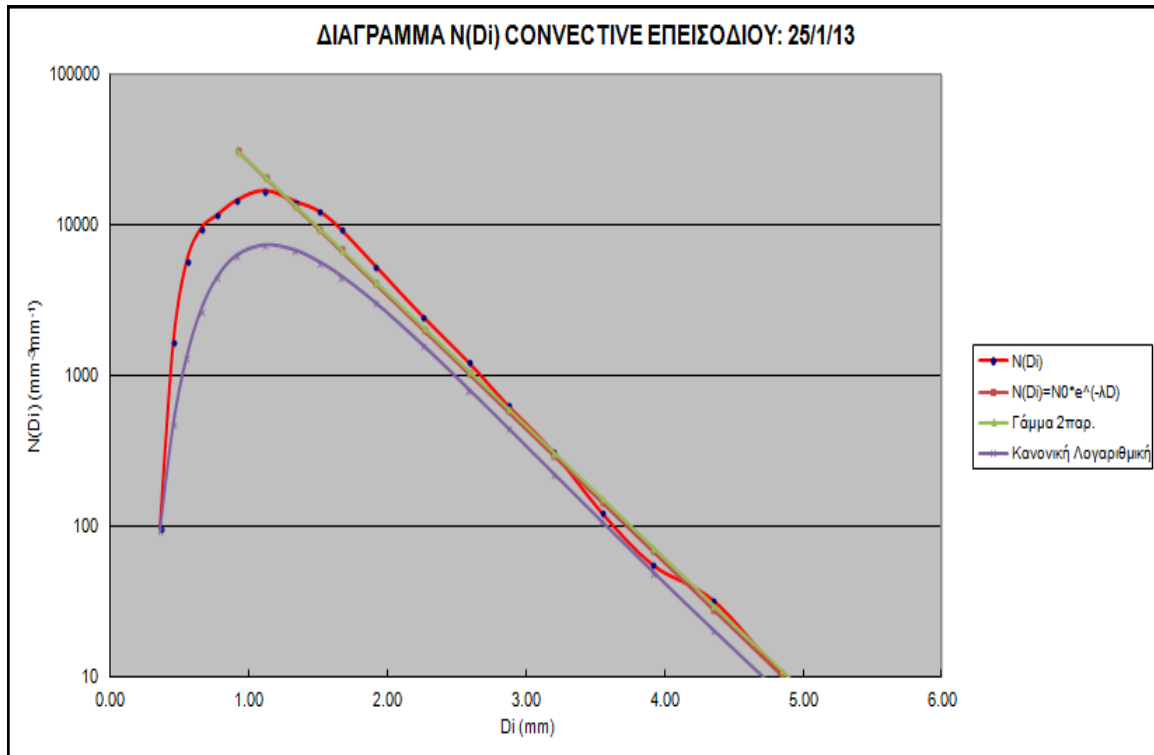


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.2 :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 24/1/14  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

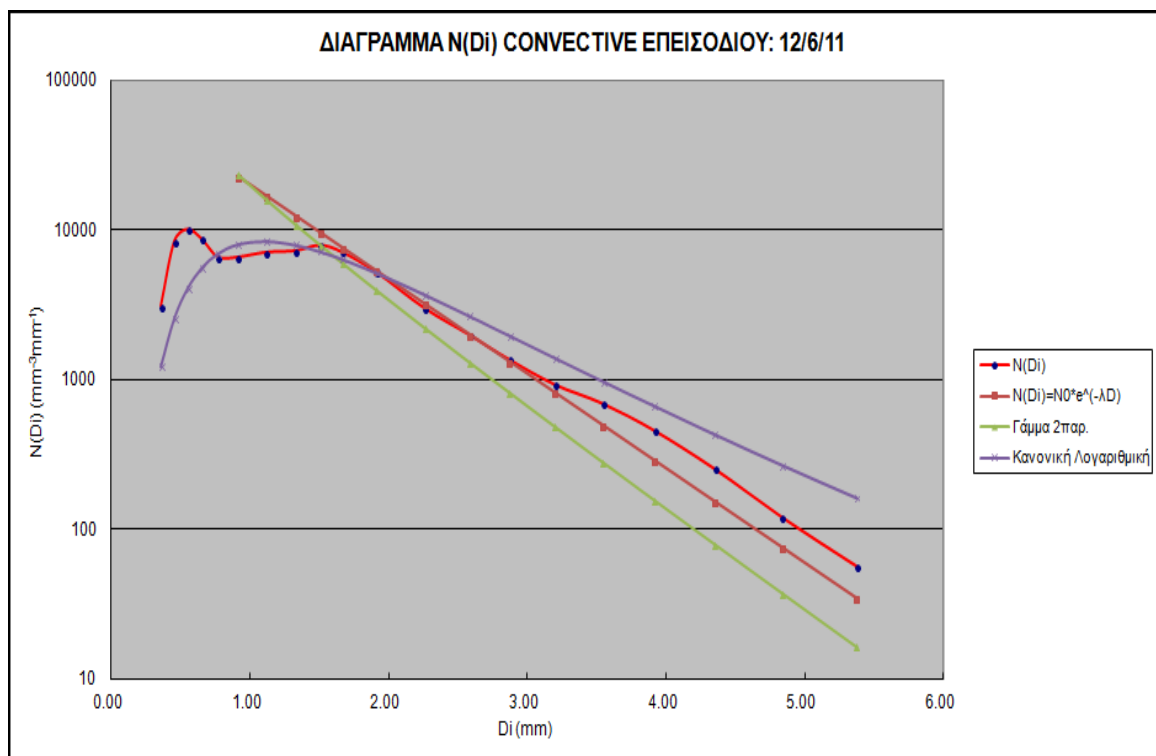
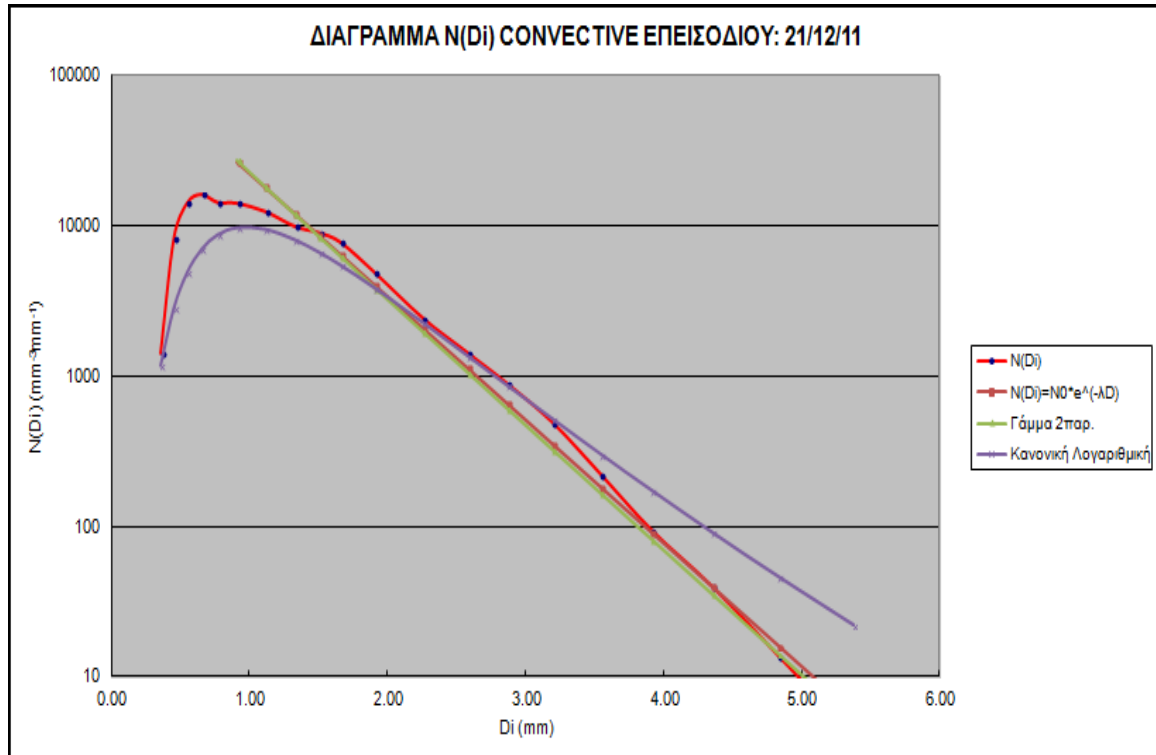




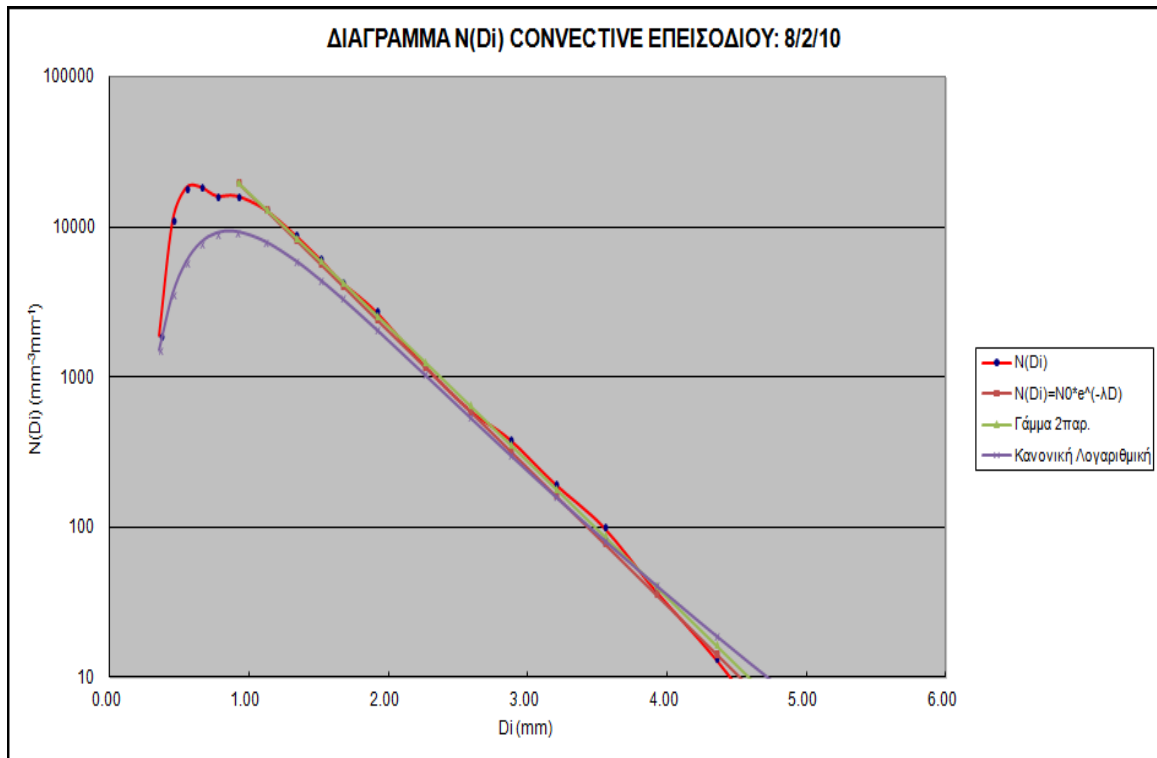
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.5 :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 22/2/13  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



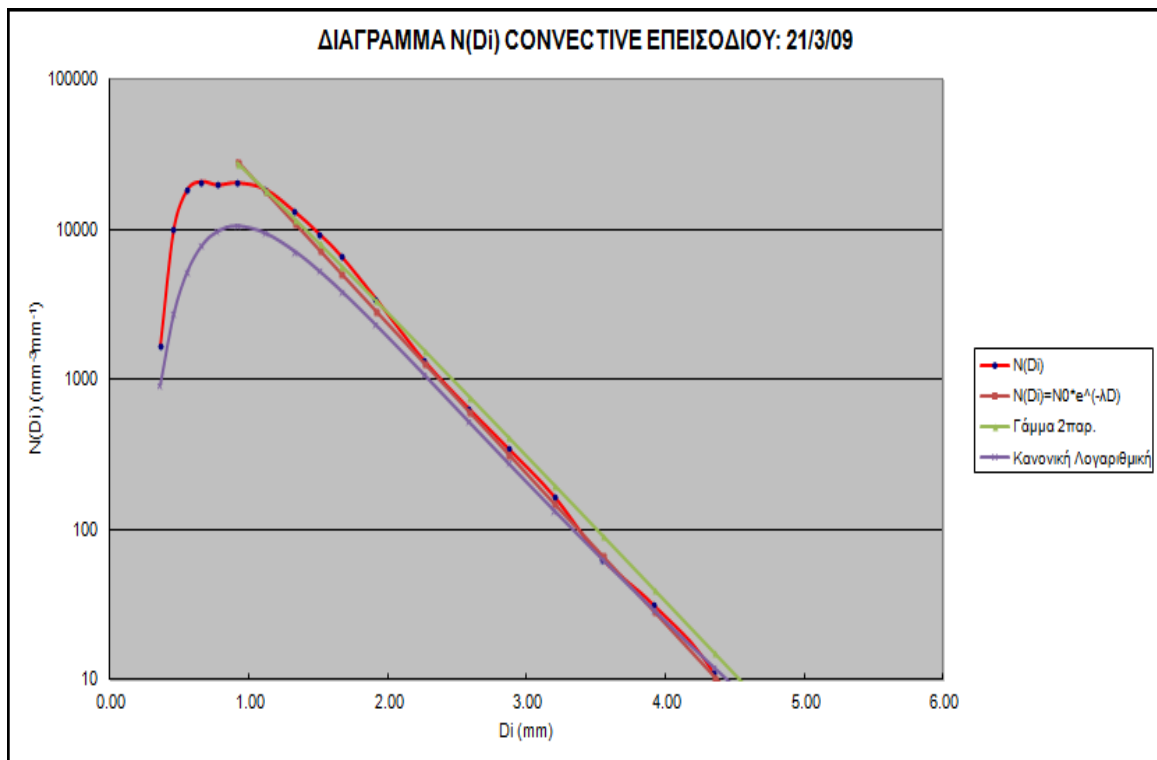
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.6 :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 25/1/13  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



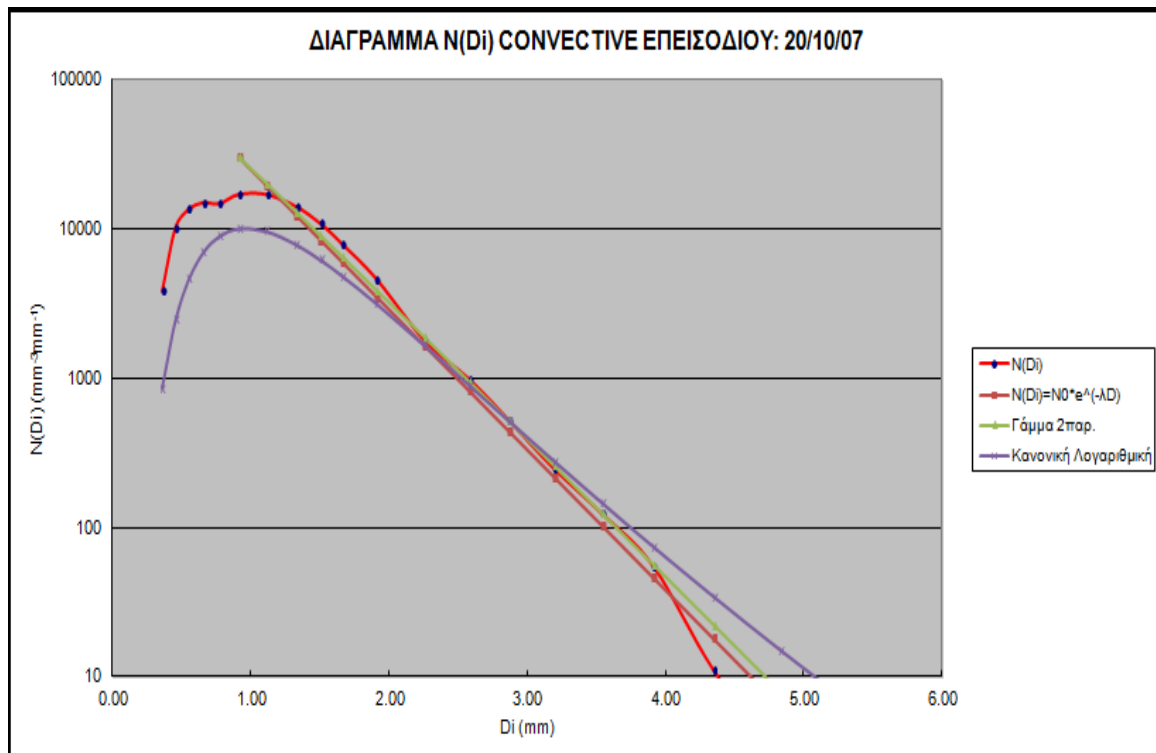
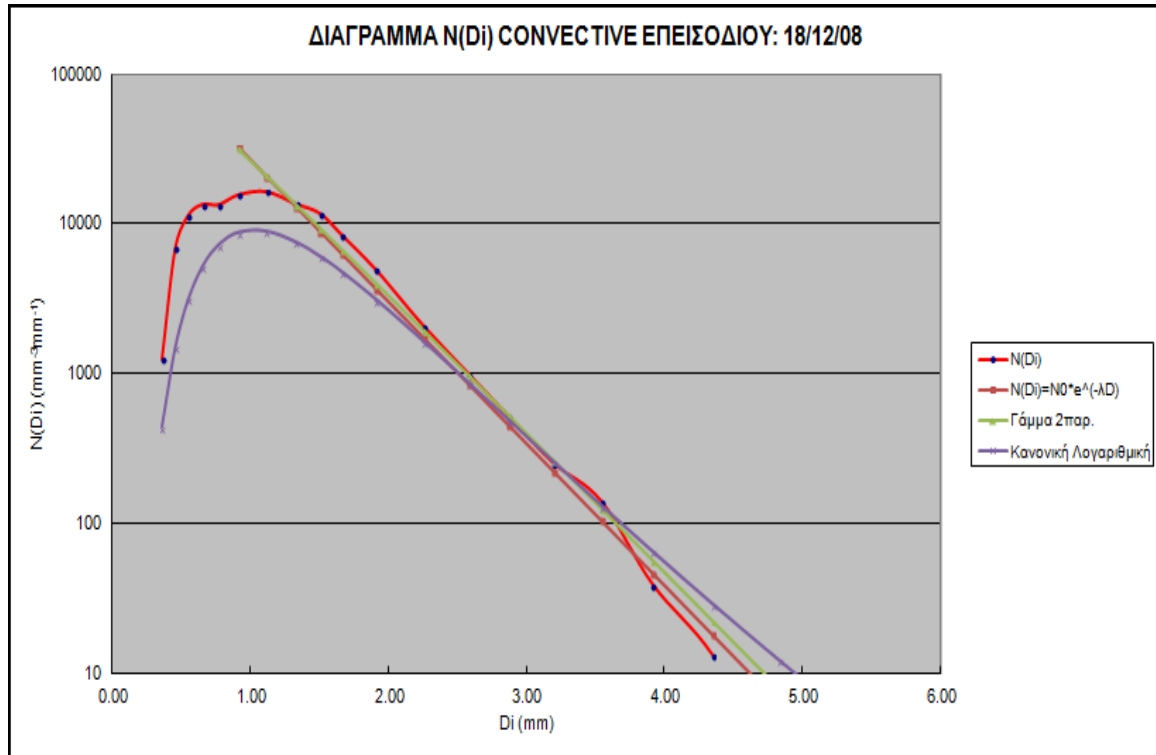


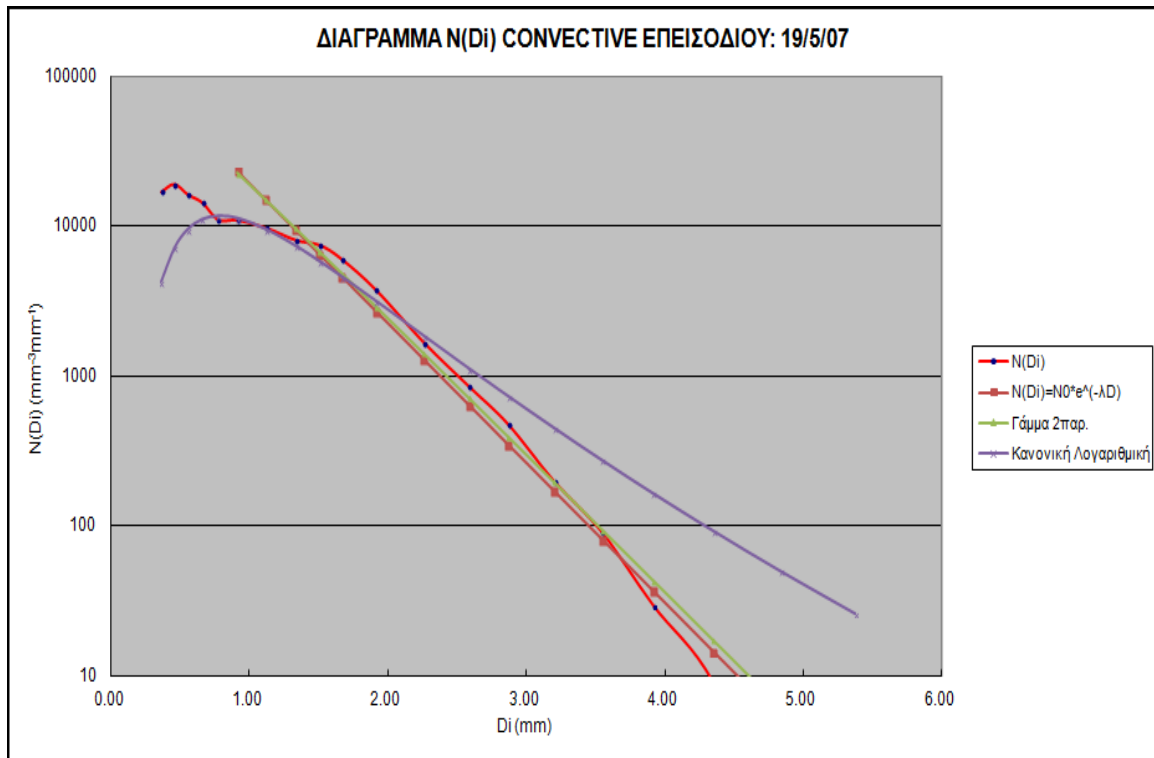


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.9. :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 8/2/10  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

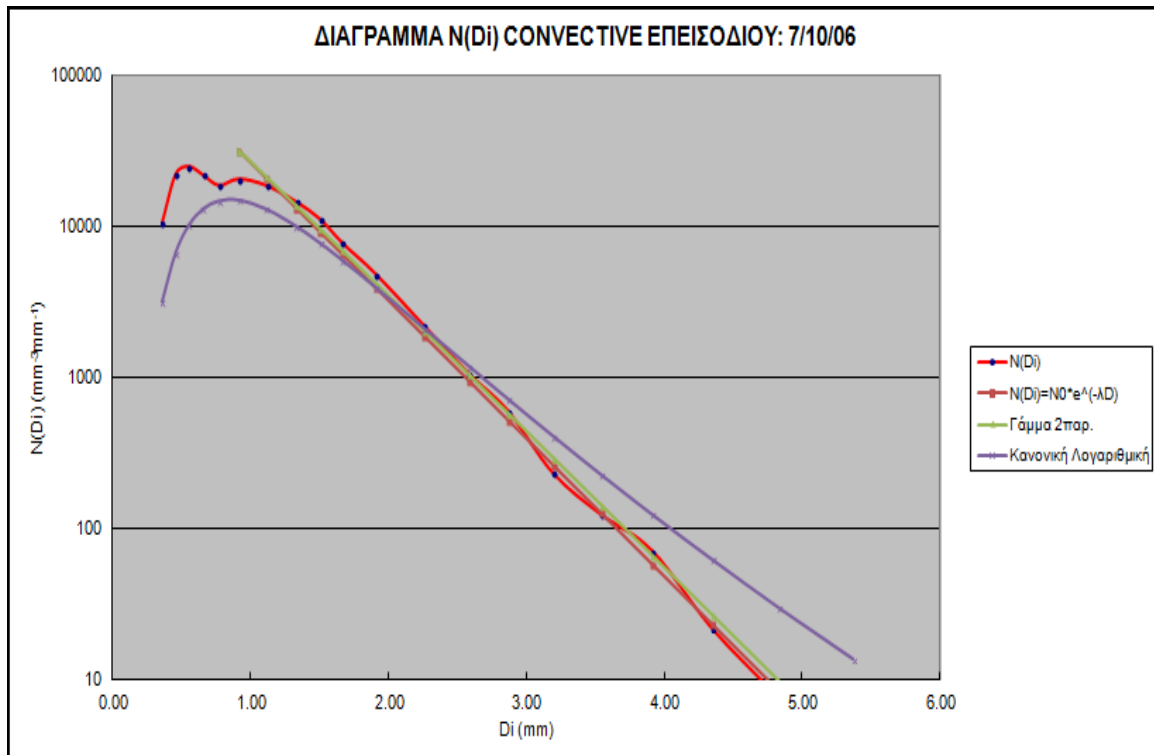


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.10. :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 21/3/09  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

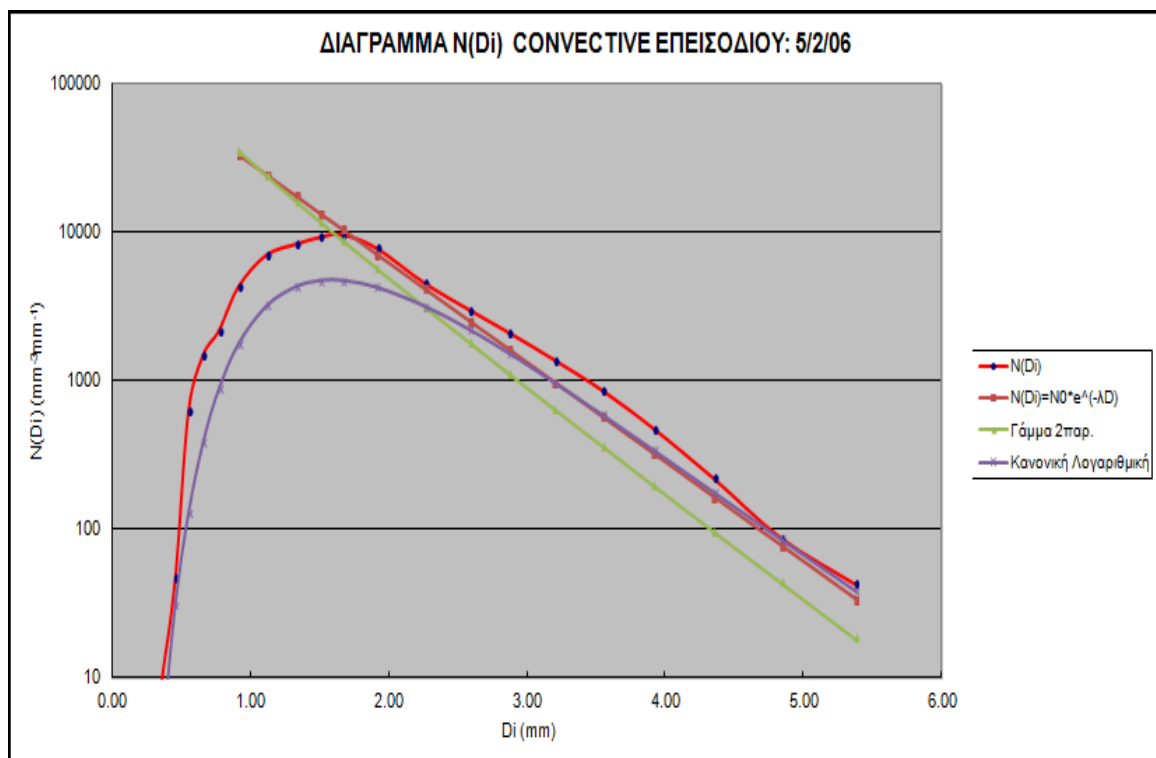
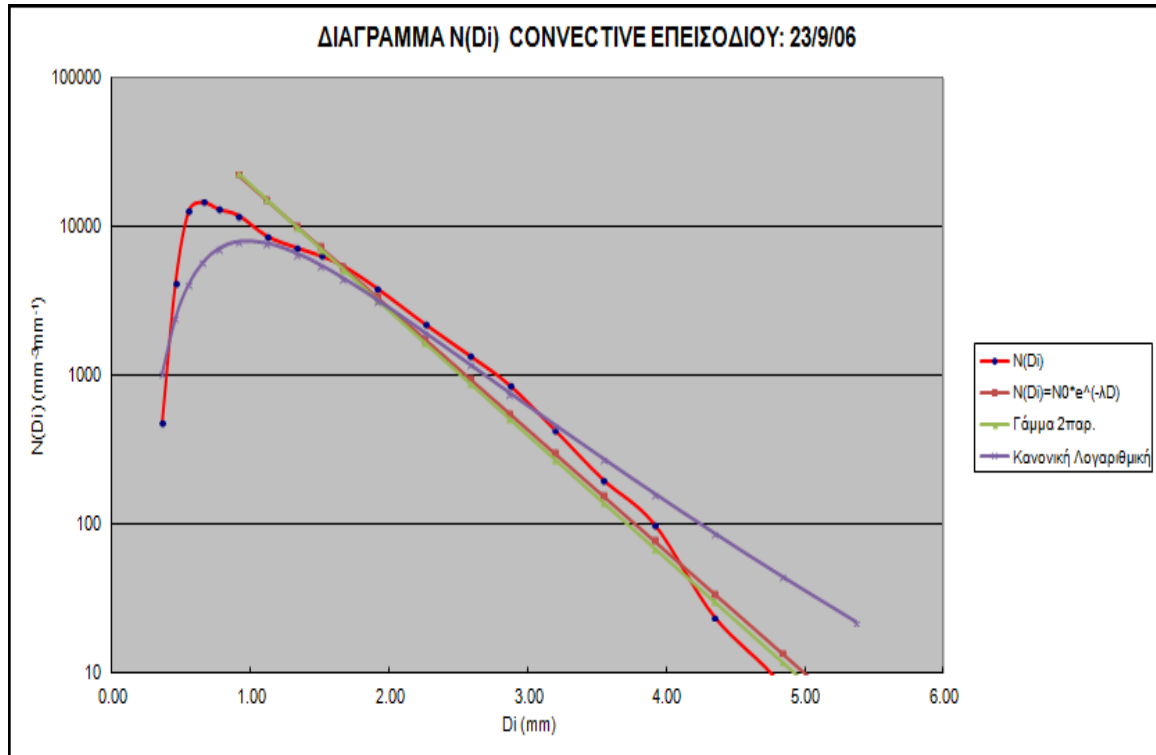


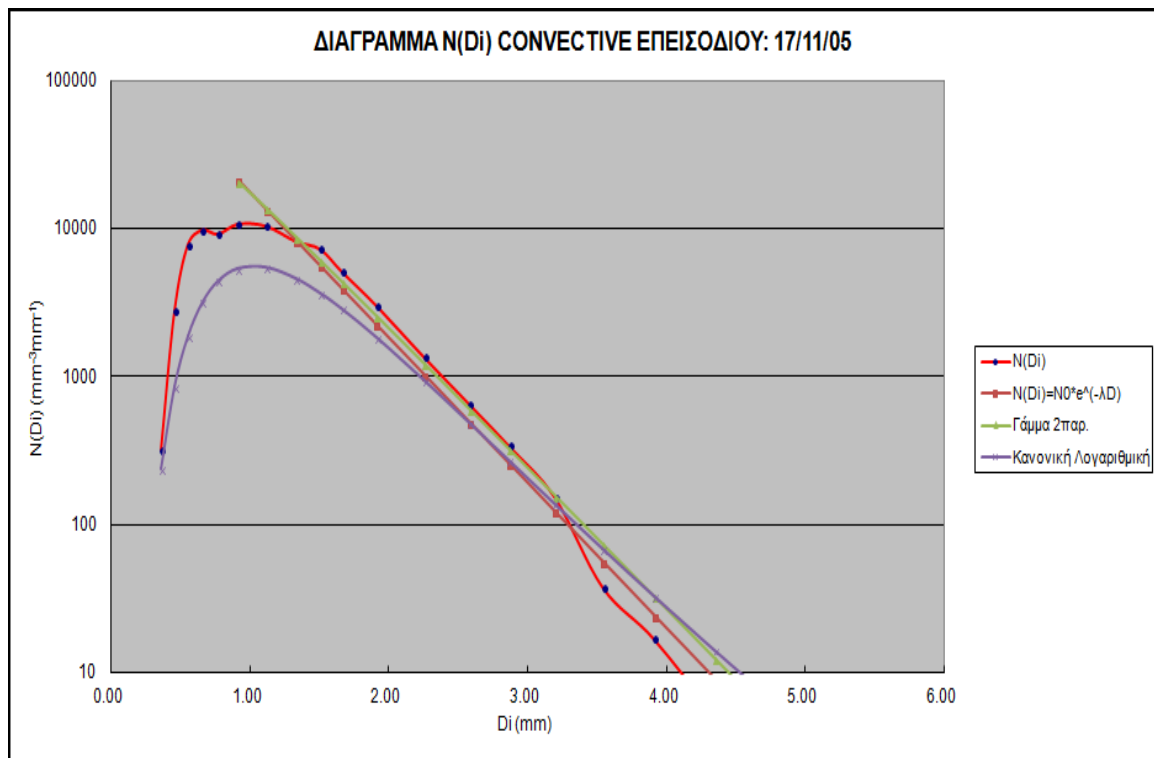


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.13 :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 19/05/07  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

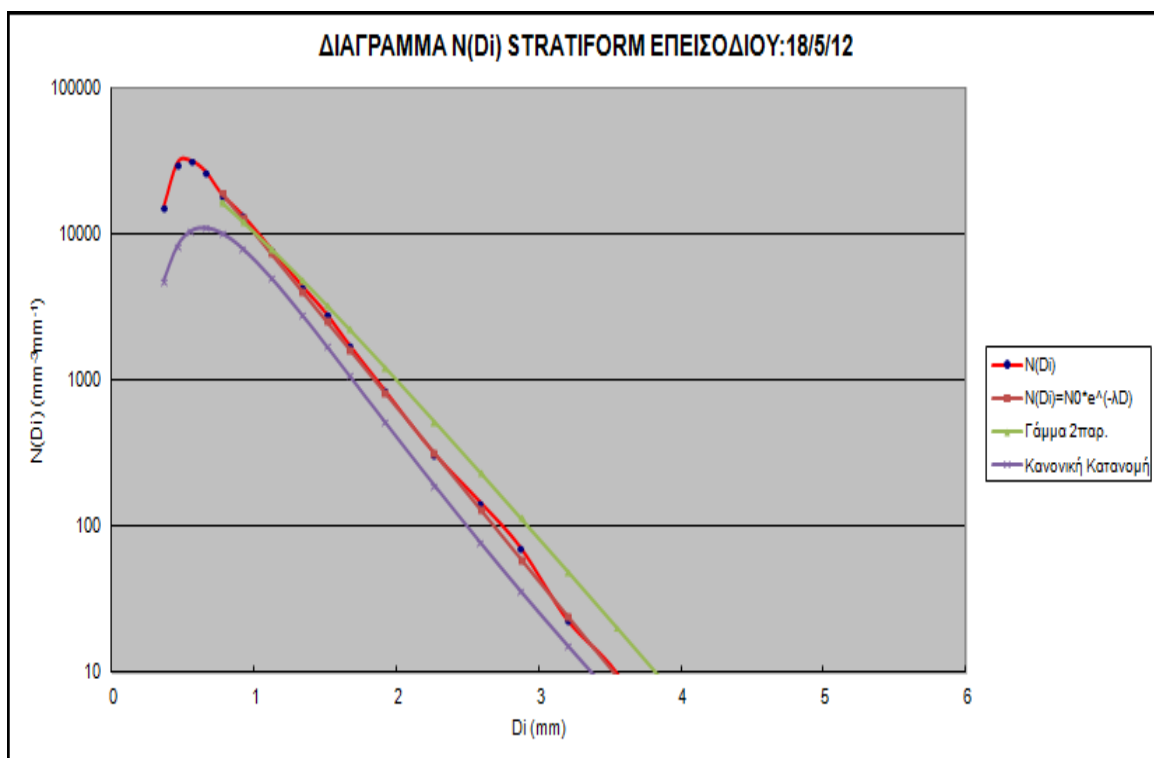


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.14 :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 7/10/06  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

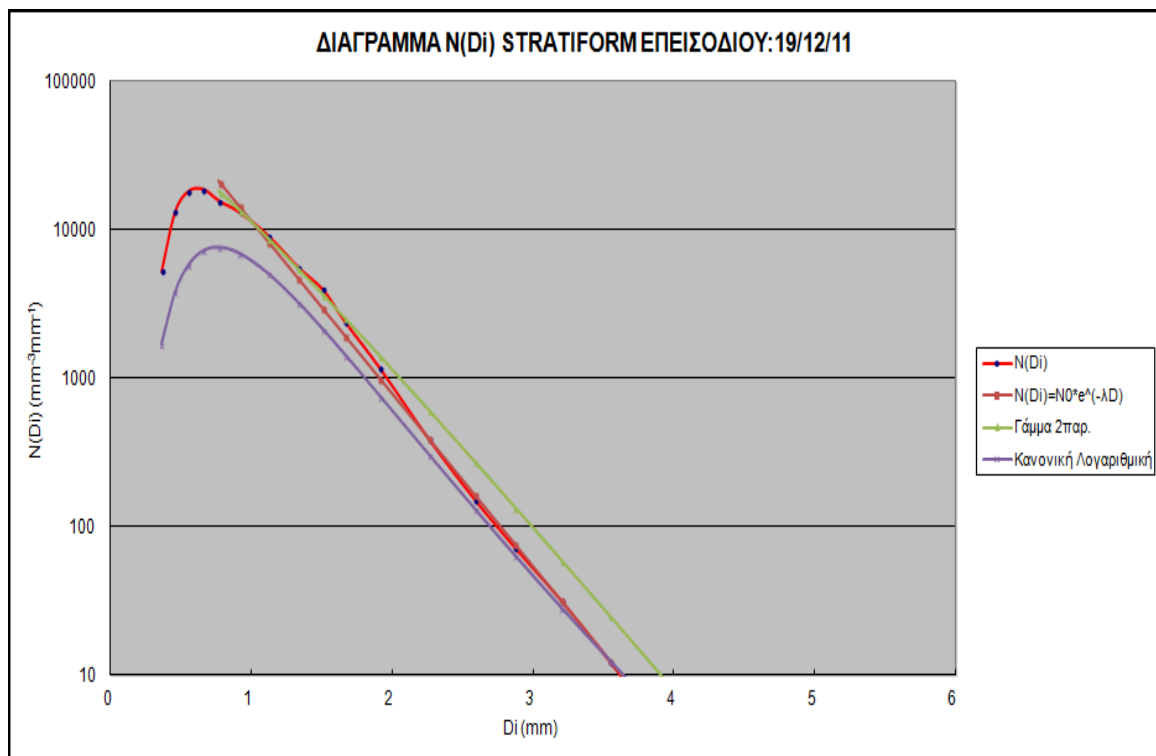
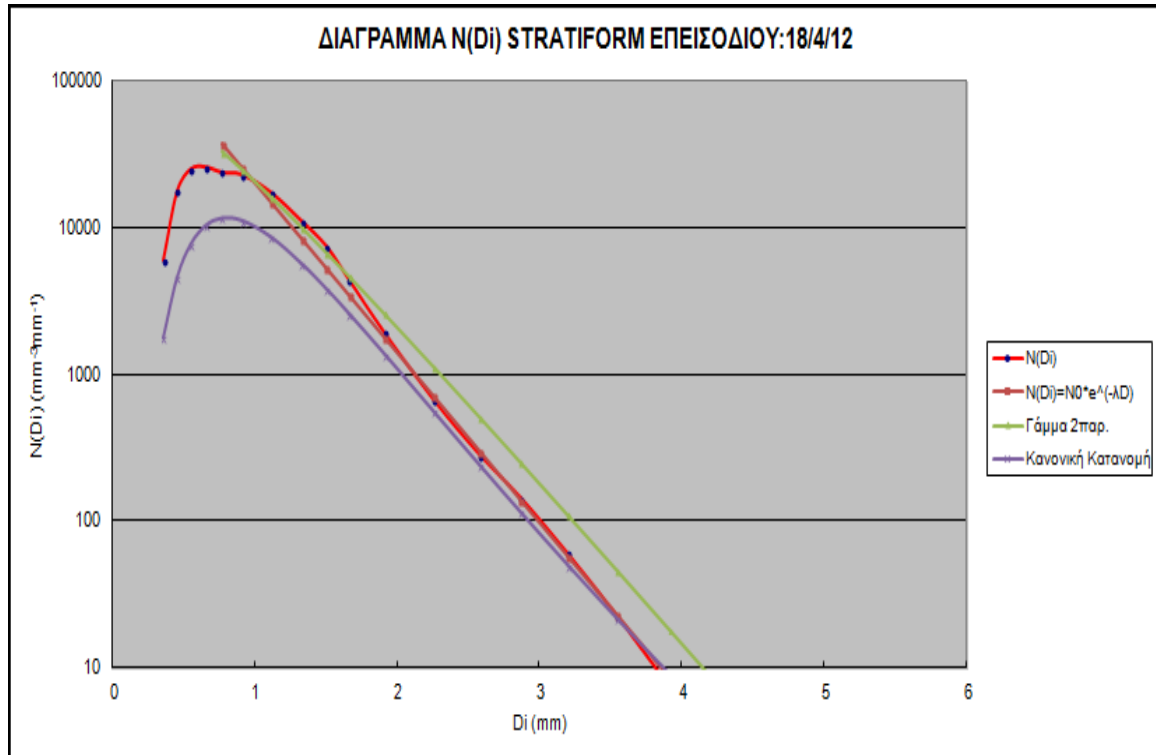


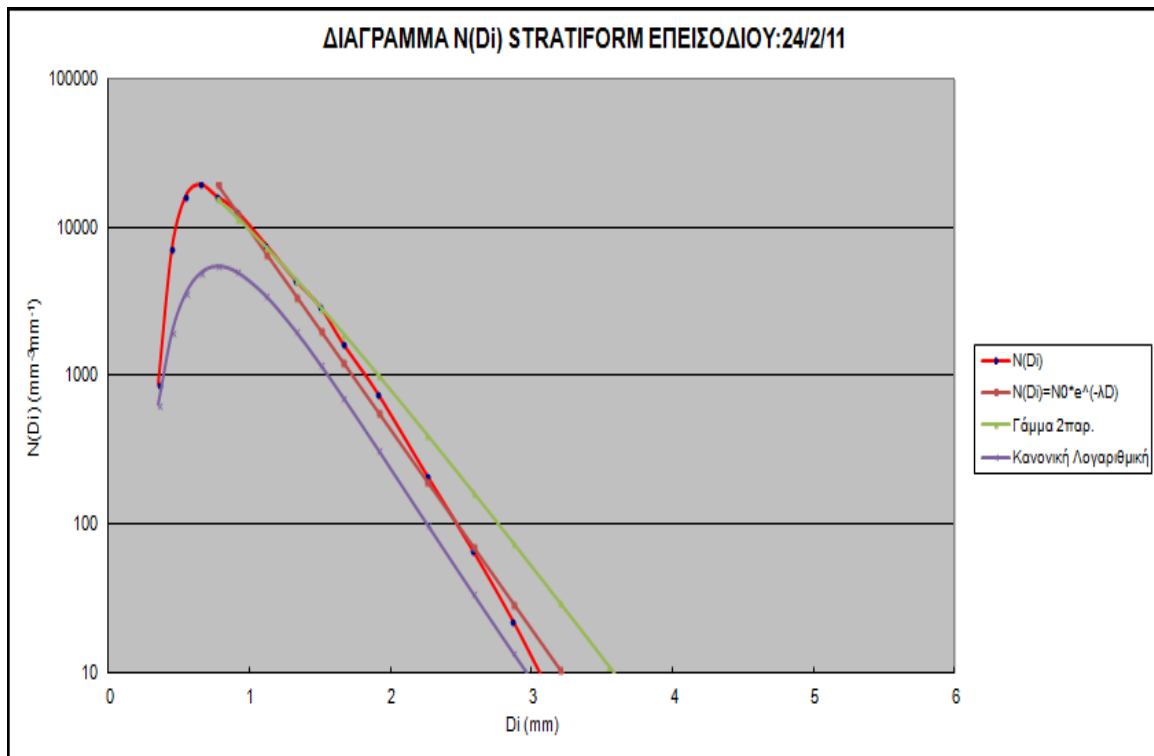


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.17.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CONVECTIVE ΕΠΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 17/11/05  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

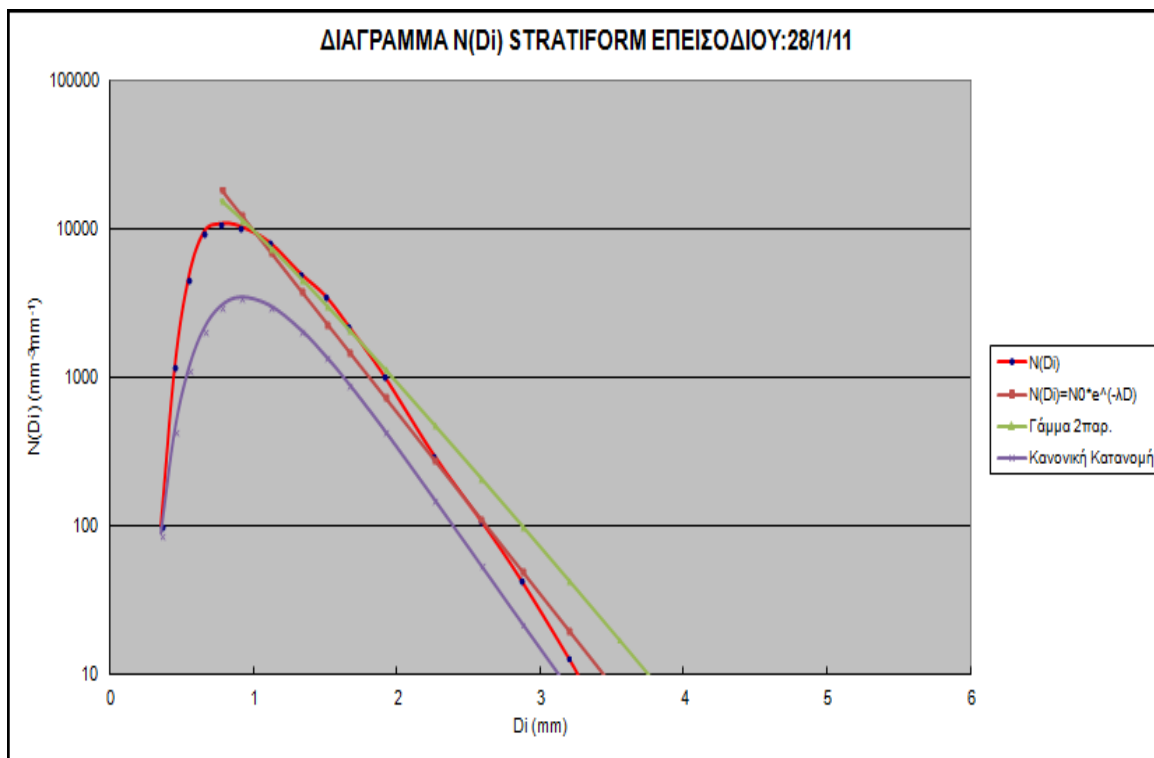


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.18.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 18/05/12  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

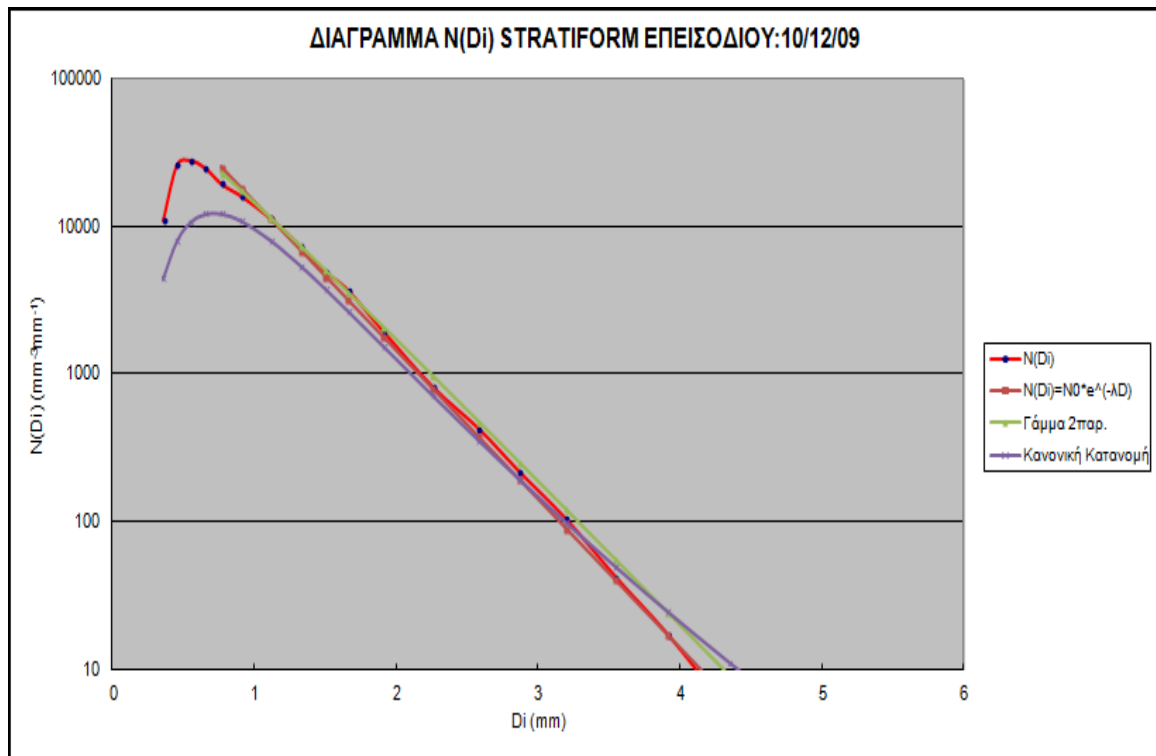




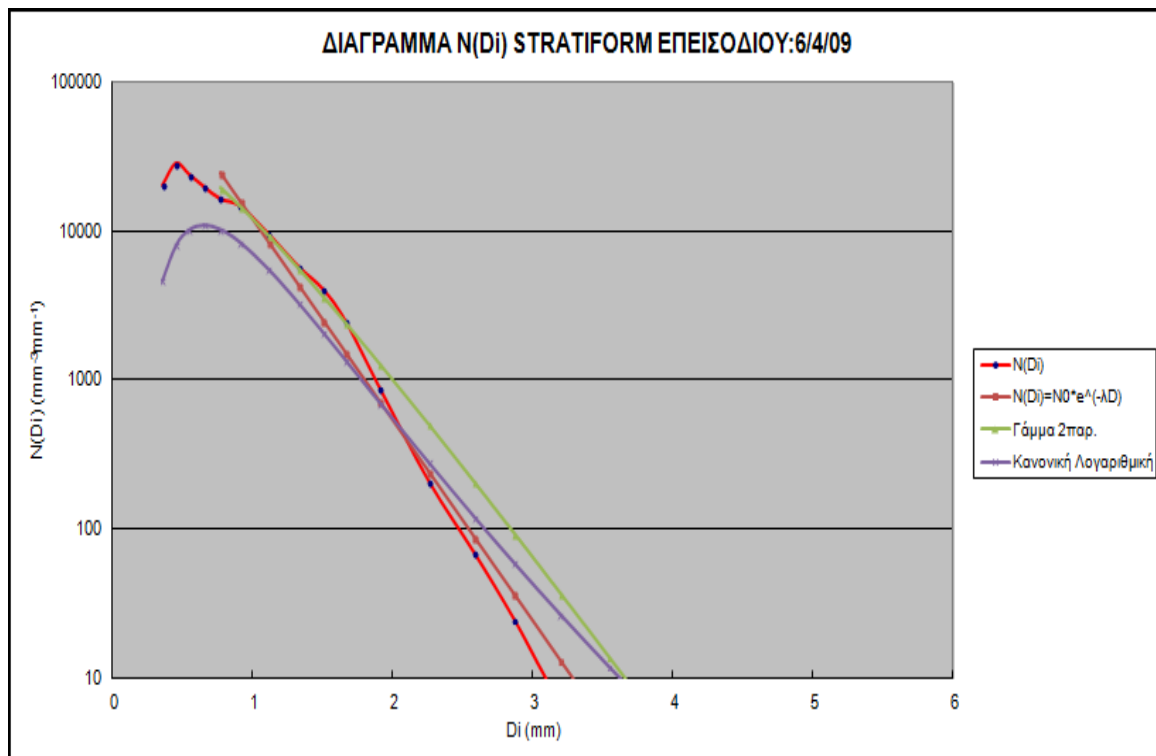
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.21. :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 24/2/11  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.22. :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 28/1/11  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

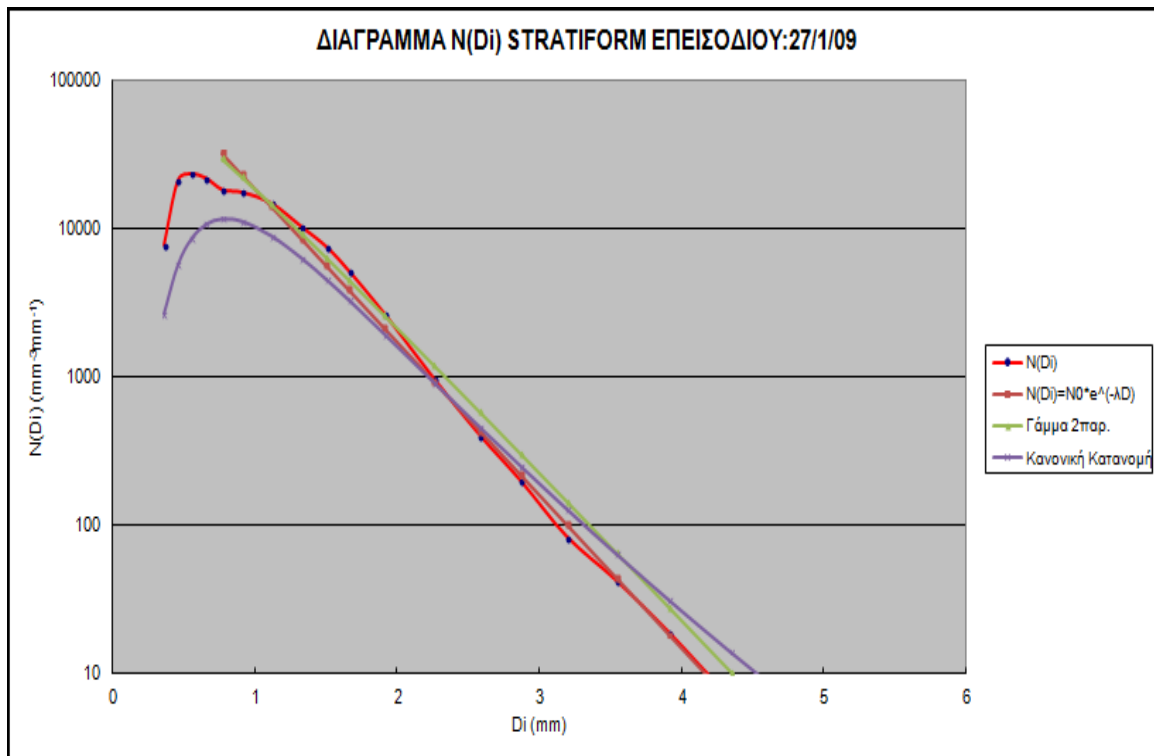


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.23.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 10/12/09  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

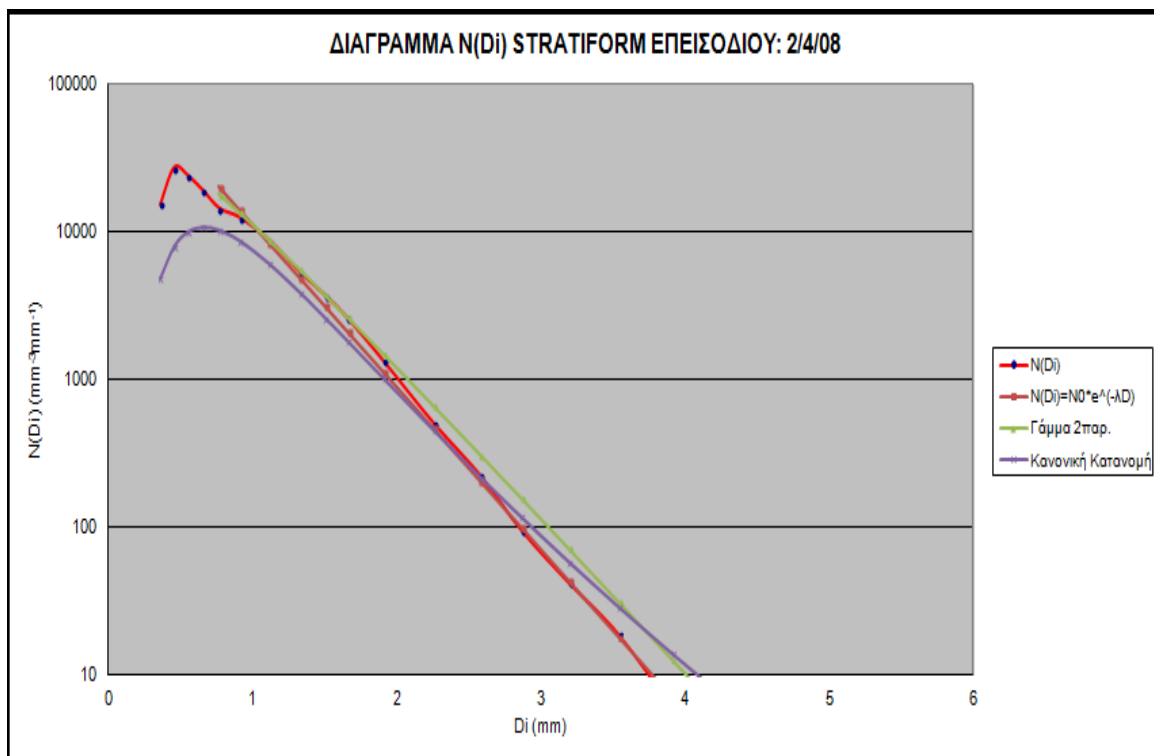


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.24.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 06/04/09  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

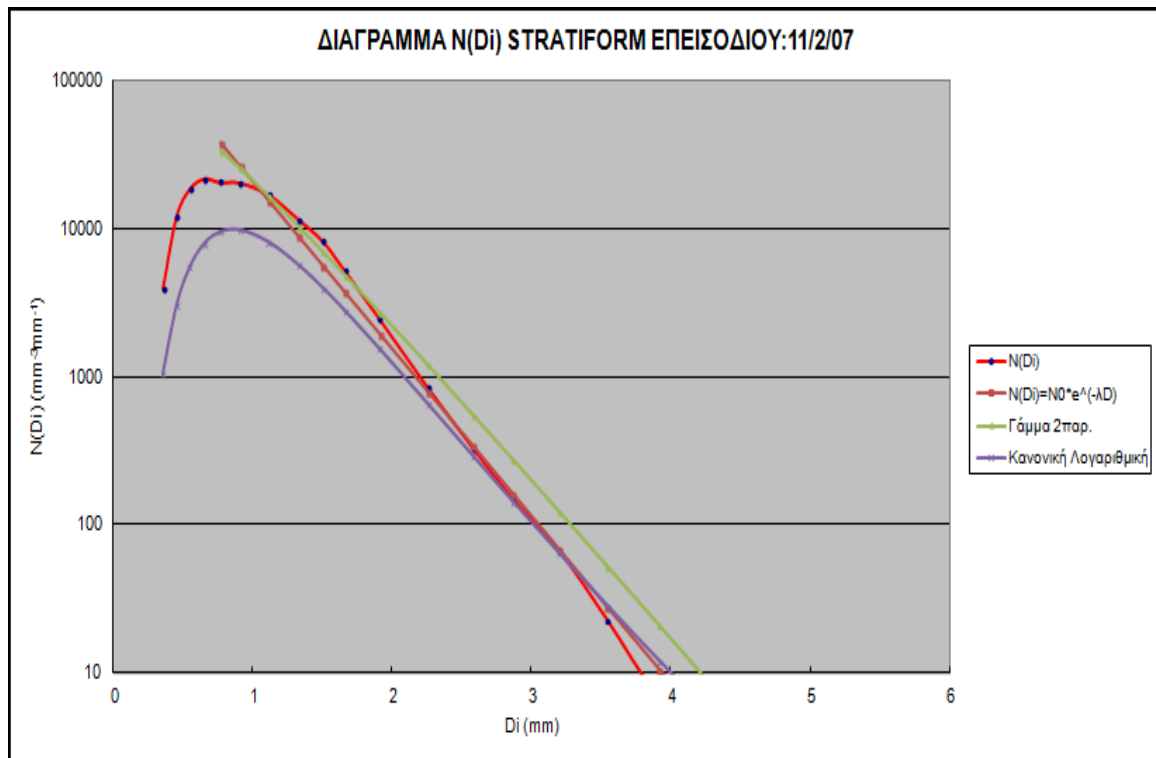
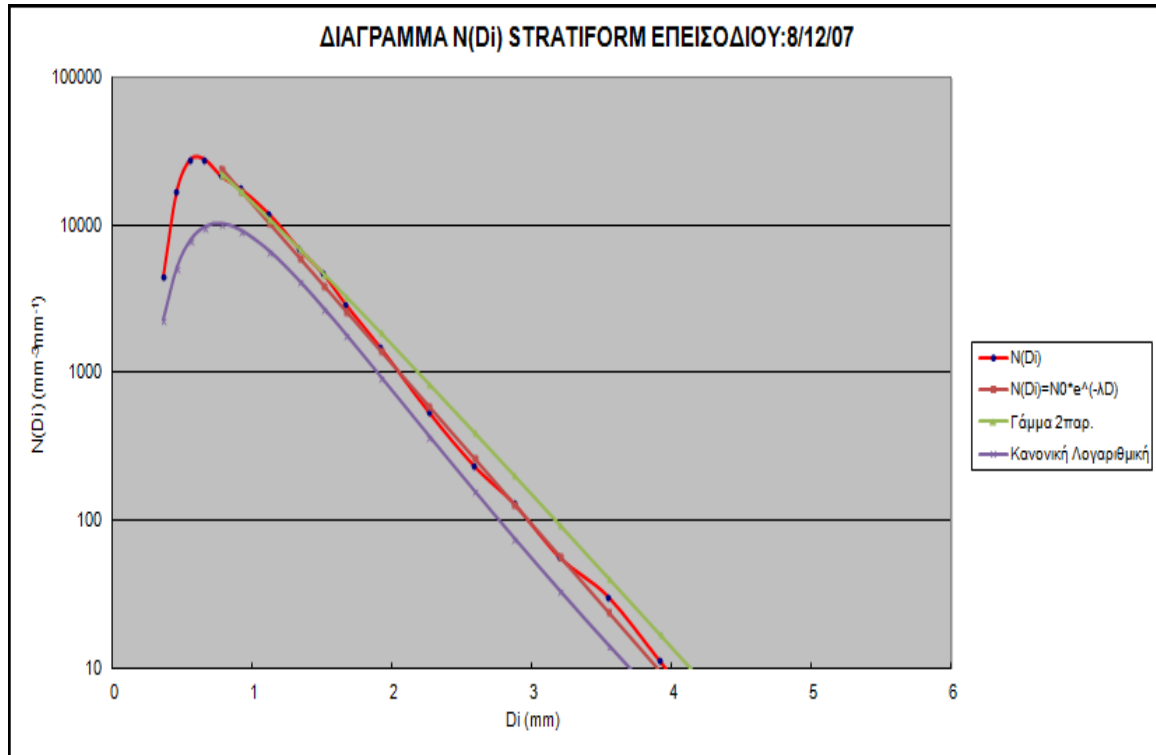


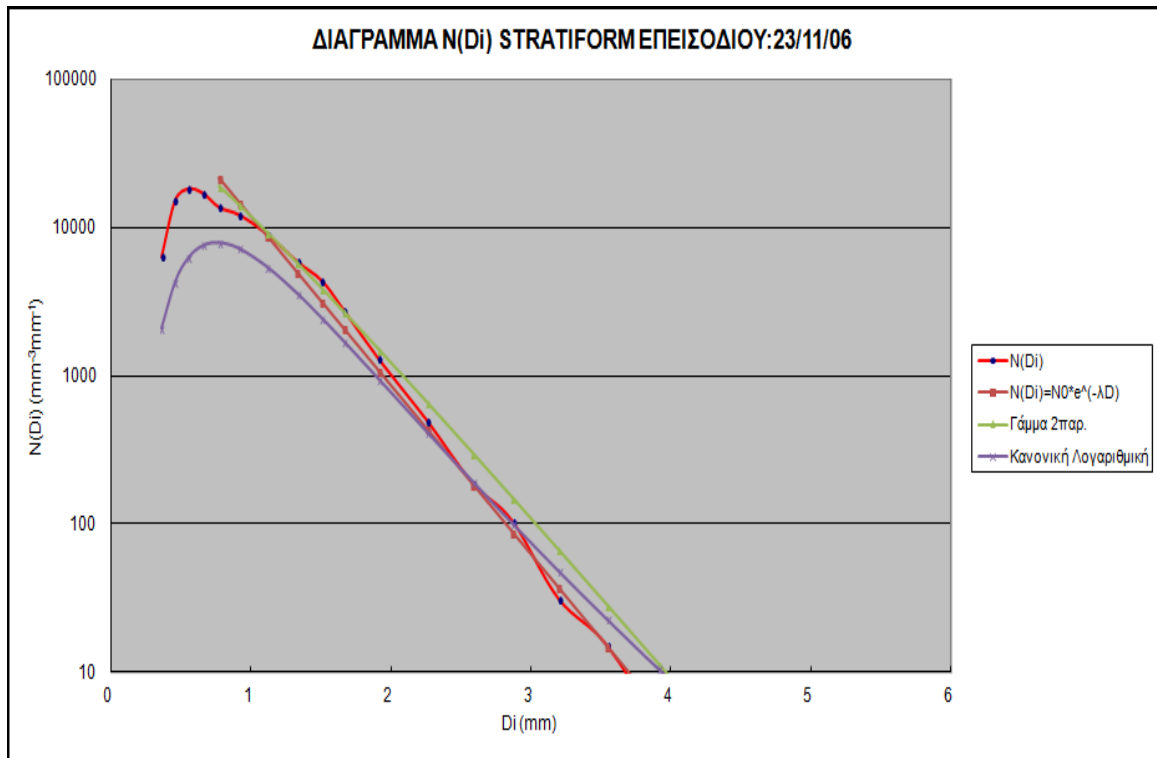


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.25. :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 27/1/09  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

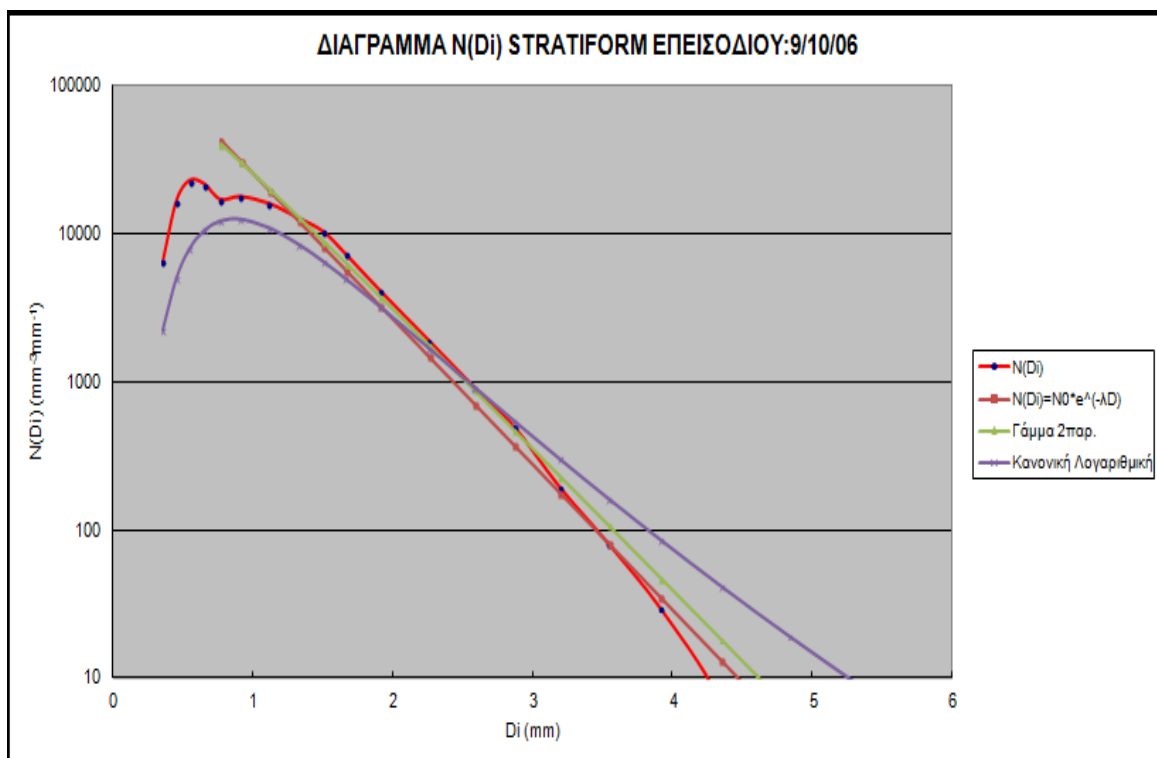


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.26. :** ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 2/4/08  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

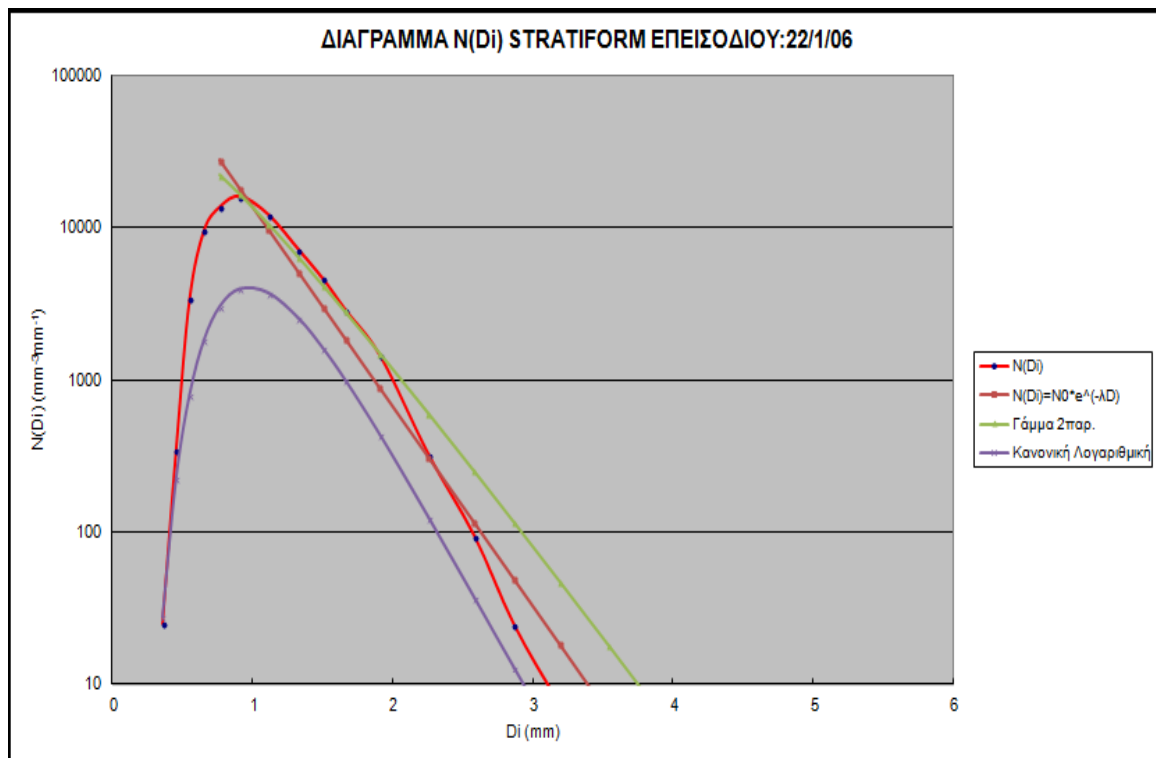
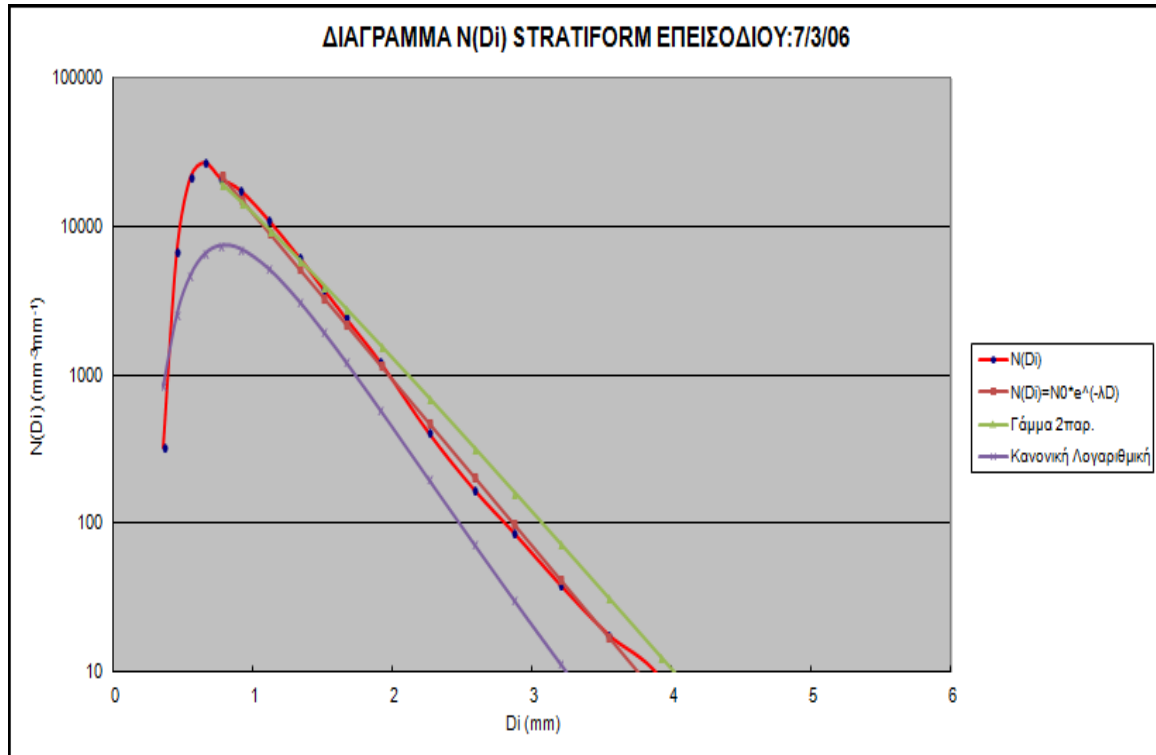


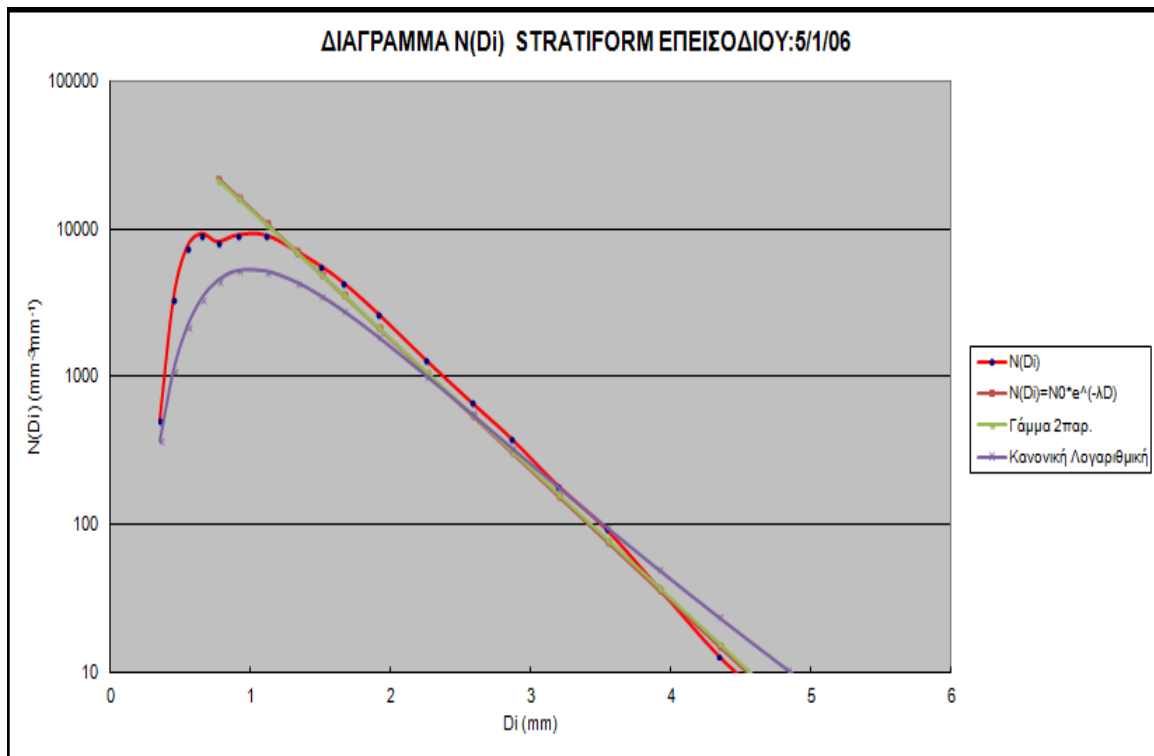


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.29.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 23/11/06  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

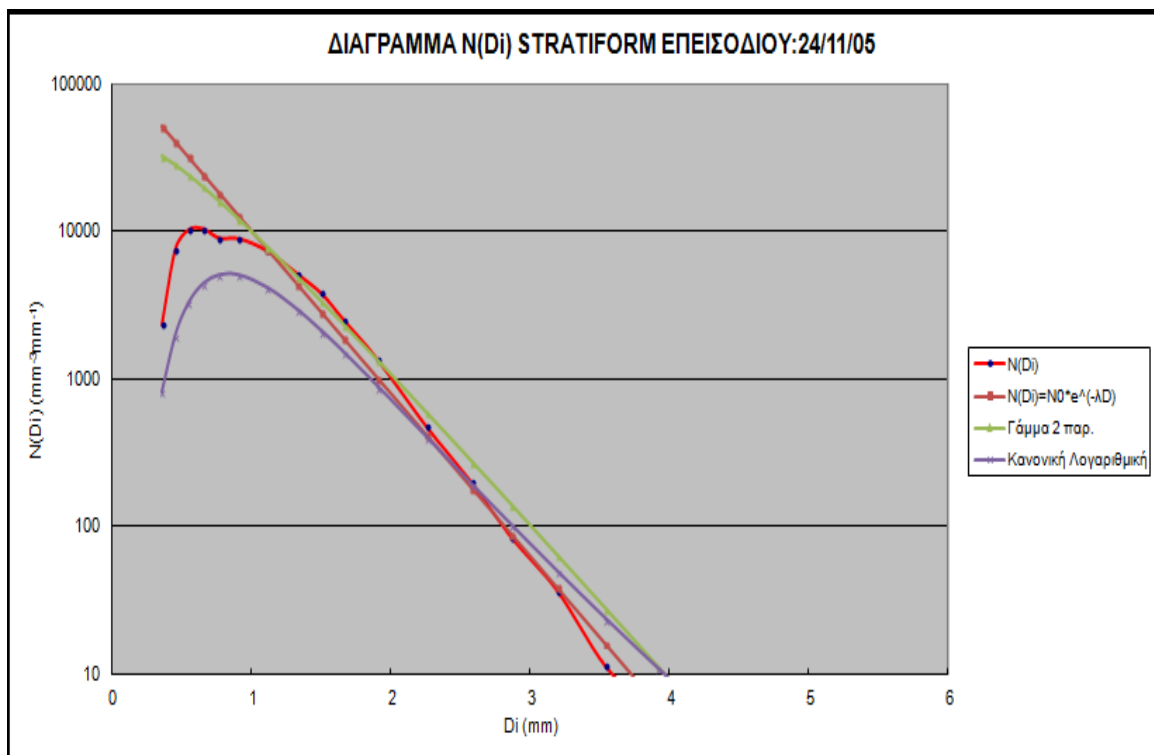


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.30.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 9/10/06  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ





**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.33.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 5/1/06  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Π.34.** : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ 24/11/05  
**ΠΗΓΗ** : ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΙΝΑΚΑΣ Π.35. :** ΕΠΙΡΡΟΗ ΔΙΑΦΘΕΝΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΚΑΘΕ STRATIFORM ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ</b>	<b>RA ΠΡΙΝ mm</b>	<b>RA ΜΕΤΑ mm</b>	<b>ΜΕΙΩΣΗ %</b>
5/1/2006	40.04	39.78	0.65
22/1/2006	18.78	18.55	1.22
9/10/2006	58.63	57.89	1.26
28/1/2011	13.31	13.09	1.65
11/2/2007	40.82	40.05	1.89
24/11/2005	17.98	17.64	1.89
27/1/2009	24.57	24.06	2.08
29/12/2012	21.09	20.56	2.51
18/4/2012	21.69	21.12	2.63
10/12/2009	26.66	25.88	2.93
23/11/2006	14.94	14.49	3.01
19/12/2011	21.33	20.60	3.42
8/12/2007	29.70	28.62	3.64
7/3/2006	15.61	15.02	3.78
2/4/2008	23.04	22.16	3.82
24/2/2011	11.85	11.30	4.64
6/4/2009	12.25	11.62	5.14
18/5/2012	16.90	15.79	6.57

**ΠΙΝΑΚΑΣ Π.35. :** ΕΠΙΡΡΟΗ ΔΙΑΦΘΕΝΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΚΑΘΕ CONVECTIVE ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ  
**ΠΗΓΗ :** ΙΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ</b>	<b>RA ΠΡΙΝ mm</b>	<b>RA ΜΕΤΑ mm</b>	<b>ΜΕΙΩΣΗ %</b>
5/2/2006	46.92	46.89	0.06
11/11/2013	16.64	16.61	0.18
22/2/2013	63.15	63.03	0.19
12/6/2011	41.12	40.97	0.36
24/1/2014	24.81	24.71	0.40
16/1/2013	33.64	33.47	0.51
25/1/2013	13.71	13.6	0.80
21/12/2011	21.64	21.38	1.20
8/12/2008	17.94	17.7	1.34
24/11/2013	14.87	14.65	1.48
17/11/2005	12.05	11.87	1.49
23/9/2006	13.22	13.02	1.51
20/10/2007	13.57	13.36	1.55
19/5/2007	14.67	14.39	1.91
7/10/2006	15.84	15.51	2.08
21/3/2009	13.59	13.24	2.58
8/2/2010	13.45	13.09	2.68
26/1/2014	12.68	12.24	3.47

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η παρούσα βιβλιογραφία περιλαμβάνει βιβλία, μελέτες και άρθρα, απαραίτητα κατά τη σύνταξη της μελέτης ή στα οποία παραπέμπονται οι εκάστοτε αναγνώστες για πρόσθετες πληροφορίες, για στοιχεία που τεκμηριώνουν ή συμπληρώνουν τα γραφόμενα ή, συχνά, για θέσεις και απόψεις διαφορετικές από τις υποστηριζόμενες στη μελέτη. Η ξενόγλωσση βιβλιογραφία προηγείται και ακολουθεί η ελληνόγλωσση.

- Ahrens C. D., 1993, *Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere*, West Publishing, Minneapolis.
- Baltas E. and Mimikou M., 1994, Short-Term Rainfall Forecasting by using Radar Data, *International Journal of Water Resources Development*, Vol. 10, No 1: 67-77.
- Brandes E.A., 1974, Optimising rainfall estimates with the aid of radar, *J. Appl. Meteor.*, 14, 1339-1345.
- Brandt C. J., 1990, Simulation of the size distribution and erosivity of raindrops and throughfall drops, *Earth Surface Processes & Landforms* 15(8): 687 - 698.
- Bukovcic P., Zrnica D., Zhang G., 2012, Retrieval and application of raindrop size distributions from polarimetric radar data for sub-synoptic scale systems, *Croatian – USA workshop on Mesometeorology*, Croatia, Zagreb, Ekopark Kraš, 18-20.
- Cao, Q., G. Zhang, E. Brandes, T. Schuur, A. Ryzhkov, and K. Ikeda, 2008, Analysis of video disdrometer and polarimetric radar data to characterize rain microphysics in Oklahoma, *J. Appl. Meteor. Climat.*, 47, 2238-2255.
- Doviak R. J., Zrnica D. S., 1984, Doppler Radar and Weather Observations.
- Firat Y. Testik, Mekonnen Gebremichael, 2013, *Rainfall: State of the Science*, American Geophysical Union as part of the Geophysical Monograph Series, Volume 191.
- Forster, J., Gust G. and Stolte S., 2004, A piezoelectrical rain gauge for application on buoys, *J. Atmos, Oceanic. Technol.*, 21, 179-193.
- Freer, J., Beven K. J. and Ambrose B., 1996, Bayesian estimation of uncertainty in runoff prediction and the value of data: an application of the GLUE approach, *Water Resources Research*, 32(7), 2161 – 2173.
- Harikumar R., 2009, *Study on tropical rain with special reference to rain Drop Size Distribution and integral rain parameters using groundbased and satellite measurements*, Ph.D. thesis, India, Cochin University of Science and Technology.
- Jassal B. S., Vidyarthi A. Gowri R., Shukla A. K., 2011, Modeling of rain drop size distribution for a tropical hot semi-arid site in India, *Indian Journal of Radio & Space Physics*, Vol 40, pp 330-339.
- Joss, J. and A. Waldvogel, 1967, Ein spektrograph fuer niederschlagstropfen mit automatischer auswertung, *Pure Appl. Geophys.*, 68, 240-246.
- Joss, J. and A. Waldvogel, 1977, Some observations on the Joss-Waldvogel rainfall disdrometer, *J. Appl. Meteor.*, 16, 112-113.

- Krajewski W. F. and Georgakakos, 1989, The use of remotely sensed rainfall information in flood forecasting, *Pacific International Seminar on Water Resources Systems*, Tomanu, 1989.
- Kinnell P. I. A., 1972, The acoustic measurement of water-drop impacts, *J. Appl. Meteor.*, 11, 691-694.
- Kruger, A. and Krajewski W. F., 2002, Two-dimensional video disdrometer: A description, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19, 602–617.
- Lavergnat, J. and P. Golé, 1998, A Stochastic Raindrop Time Distribution Model, *Journal of Applied Meteorology*, 37(8): 805-818.
- Lee T. and Georgakakos K., 1991, A stochastic-dynamical model for short term quantitative rainfall prediction, Iowa Institute of Hydraulic Research, Report No. 349.
- Llasat M. C., 2001, An objective classification of rainfall events on the basis of their convective features, *Application to rainfall intensity in the northeast of Spain*, International journal of climatology.
- Madden L. V., Wilson L. L, and Ntahirpera N., 1998, Calibration and evaluation of an electronic sensor for rainfall kinetic energy, *Phytopathology*, 88, 950-959.
- Mikhaylovskaya V. V., 1964, Theory of measuring the size of raindrops by acoustic method, *Sov. Hydrol.*, No. 1, 85-90.
- Mimikou M. and Baltas E., 1999, The Development of Active online Hydrological and Meteorological Models to Minimise the Impact of Flooding (HYDROMET), Final Report.
- Nystuen J. A., Proni J. R., Lauter C. A., Bufkin J., Rivero U., Borland M., and Wilkerson J., 1994, APL disdrometer evaluation, *NOAA Technical Memorandum ERL AOML-83*, Miami, Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory.
- Palmer W. M., 1949, *Studies of continuous precipitation*, Ph.D. thesis, Canada, Montreal, Que., McGill Univ., 123 pp.
- Rinehart E. R., 1990, Radar for Meteorologists.
- Salmi A. and Ikonen J., 2005, New piezoelectric Vaisala RAINCAP precipitation sensor, *19th Conf. of Hydrology*, San Diego, Amer. Meteor. Soc., P.2.6.
- Sauvageot H. and Laucax J., 1994, *The shape of averaged drop size distributions*, France, Toulouse, University Paul Sabatier.
- Seliga T. A., Aydin K. and Direskeneli H., 1986, Disdrometer measurements during an intense rainfall event in central Illinois, Implications for differential reflectivity radar observations, *Journal of Climate an Applied Meteorology*, vol. 25, 835-846.
- Smith J. A., 1993, *Precipitation, Handbook of Hydrology*, D. R. Maidment, New York., McGraw-Hill, Ch. 3.



- Steiner M. and Smith J. A. (1998), Convective versus stratiform rainfall: An ice - microphysical and kinematic conceptual model, *Atmos, Res.*, 48, 317 – 326.
- Stijn de Jong, 2010, *Low cost disdrometer Improved design and testing in an urban environment*, T.U. Delft.
- Tokay, A., Kruger A. and Krajewski W. F., 2001, Comparison of drop size distribution measurements by impact and optical disdrometers, *J. Appl. Meteor.*, 40, 2083-2097.
- Tokay, A., and Short D. A., 1996, Evidence from tropical raindrop spectra of the origin of rain from stratiform versus convective clouds, *J. Appl. Meteorol.*, 35, 355 – 371.
- Distromet LTD, 1997, Disdrometer RD-69, Instruction manual.
- Distromet LTD, 1997, Analyser ADA-90, Instruction manual.
- Hydromet, 1997, Progress Report No. 1., 01/07/96 to 30/06/97.
- Δημήτρης Κουγιουμτζής, 2009, Σημειώσεις για το μάθημα στατιστικής για Πολιτικούς Μηχανικούς, Μέρος Β΄.
- Ευστρατιάδης Α., Ρόζος Ε., Κουκουβίνος Α., 2009, *ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ – Μοντέλο υδρολογικής και υδρογεωλογικής προσομοίωσης Θεωρητική τεκμηρίωση*, Αθήνα, Ε.Μ.Π., Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
- Κανελλόπουλος Σ., 2007, *Σύνθεση Στοχαστικών Διαφορικών Εξισώσεων 1ης τάξης για τη μοντελοποίηση στάσιμων τυχαίων διαδικασιών με έμφαση στην απόσβεση λόγω βροχής που επιβαρύνει τις μικροκυματικές ζεύξεις*, Διδακτορική διατριβή, Αθήνα, Ε.Μ.Π., Τμήμα Η.Μ.Μ.Υ., Τομέας Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών, σελ. 52-61.
- Κουτσογιάννης Δ., και Ξανθόπουλος Θ., 1999, *Τεχνική Υδρολογία*, Ε.Μ.Π., Αθήνα, Έκδοση 3.
- Μαμάσης Ν., 2009, Σημειώσεις προχωρημένης υδρολογίας, *Υδρολογικά μοντέλα και εφαρμογές*, Αθήνα, Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων.
- Μπαλτάς Ε., 1996, Εκτίμηση και Πρόγνωση Καταιγίδων και Πλημμύρων με χρήση Μετεωρολογικού Radar, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- Πουράνης Σ., 2010, *Δημιουργία Χωρικής Βάσης κλιματικών στοιχείων – διατύπωση των τυπικών ερωτημάτων σε περιβάλλον Oracle Spatial 11G και απεικόνιση τους σε περιβάλλον Google Earth*, Μεταπτυχιακή εργασία, Αθήνα, Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Δ.Π.Μ.Σ. "Γεωπληροφορική".
- Τσοτσώνης Γ., 1998, Μέτρηση Βροχόπτωσης και Εκτίμηση υδρομετεωρολογικών Παραμέτρων με χρήση του οργάνου Disdrometer RD-69, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, Ε.Μ.Π., Τμήμα Π.Μ., Τομέας Υδατικών πόρων Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων.

Ξανθόπουλος Θ., 1990, *Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία*.

Φλόκας Α., 1994, *Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας*, Εκδόσεις Ζήτη.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Ετήσιο Δελτίο, Παρασκευή - Βιβιάννα Φραγκούλη,  
Διεύθυνση κλιματολογίας-Εφαρμογών, Τμήμα Μελέτης Εφαρμογών Κλίματος.

#### ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

[http://www.aoml.noaa.gov/hrd/FlBay/florida\\_bay\\_99.html](http://www.aoml.noaa.gov/hrd/FlBay/florida_bay_99.html)

<http://distromet.com>

<http://hoa.ntua.gr/>

<http://www.noa.gr/forecast>

<http://meteo.chi.civil.ntua.gr/>