



ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων

Τεχνική έκθεση θεωρητικής τεκμηρίωσης αριθμητικής προσομοίωσης βροχοπτώσεων (Τμήμα 2^ο)

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΟΥ:

ΚΑΤΣΑΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΚΟΥΣΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΜΑΖΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΠΙΕΡΡΟΣ ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014

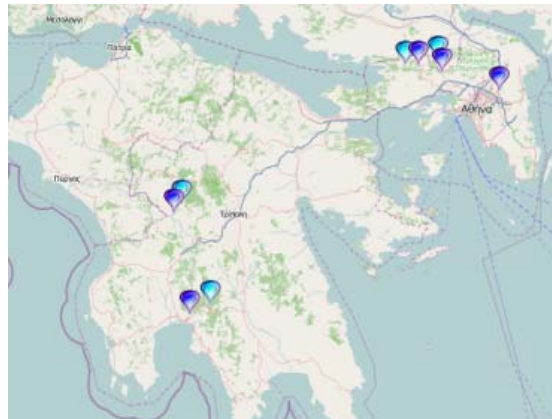
Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 <i>Γενικά</i>	3
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	4
2.1 <i>Ρυθμίσεις προσομοιώσεων του WRF</i>	4
2.2 <i>Μεθοδολογία</i>	5
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	6
3.1 <i>Περιοχή Πελοποννήσου</i>	6
3.2 <i>Περιοχή Αττικής</i>	11
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	15

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Στην παρούσα ενότητα εργασίας μελετώνται επεισόδια έντονης βροχόπτωσης, στις περιοχές των λεκανών του ποταμού Νέδοντα και του ποταμού Λούσιου στην Πελοπόννησο καθώς επίσης και της λεκάνης του Σαραντοποτάμου και του ρέματος Χαλανδρίου στην Αττική (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Οι περιοχές μελέτης στην Πελοπόννησο και την Αττική, για τα επεισόδια έντονης βροχόπτωσης του 2013. Με γαλάζιες και μπλε σφαίρες απεικονίζονται οι μετεωρολογικοί και υδρομετρικοί σταθμοί, αντίστοιχα.

Συνολικά επελέγησαν δέκα (10) επεισόδια έντονης βροχόπτωσης, πέντε για την κάθε περιοχή μελέτης:

- τα επεισόδια 21/12/2011 – 25/12/2011, 05/01/2012 – 08/01/2012, 06/02/2012 – 10/02/2012, 15/01/2013 – 20/01/2013 και 24/01/2013 – 01/02/2013 στην περιοχή της Πελοποννήσου και
- τα επεισόδια 21/12/2011 – 25/12/2011, 29/12/2012 – 02/01/2013, 24/01/2013 – 30/01/2013, 13/02/2013 – 26/02/2013 και 11/11/2013 – 12/11/2013 στην περιοχή της Αττικής

Στο παρόν δεύτερο τμήμα του παραδοτέου Π 4.2 όλα τα επεισόδια μελετώνται **ντετερμινιστικά**. Η πρόγνωση γίνεται μέσω μιας αλυσίδας αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης καιρού στα οποία εφαρμόζονται επάλληλα χωρικά πλέγματα, τα οποία εντάσσονται διαδοχικά το

ένα εντός του άλλου. Στην βάση της αλυσίδας βρίσκεται το μοντέλο παγκόσμιας κλίμακας GFS (Global Forecast System) του National Centers for Environmental Prediction-NCEP/NOAA των ΗΠΑ για την μεσοπρόθεσμη πρόγνωση καιρού (οριζόντιο πλέγμα 1 μοίρας, χρονικό βήμα 6 ωρών) στην οποία βασίζονται οι έπομενες εφαρμογές του αριθμητικού μοντέλου καιρού μέσης κλίμακας (περιοχικό μοντέλο) WRF (έκδοση ARW, Advanced Research WRF), με διαδοχικά πλέγματα οριζόντιας χωρικής ανάλυσεως ~18, ~6 και ~2 km. Σύντομη περιγραφή του WRF δίδεται στο 1^ο τμήμα του Παραδοτέου 4.2 και δεν θα επαναληφθεί εδώ. Η παραμετροποίηση που χρησιμοποιήθηκε στις προσομοιώσεις με το μοντέλο WRF παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα. Οι λεπτομέρειες των υπολογιστικών πλεγμάτων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην ενότητα 3.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Ρυθμίσεις προσομοιώσεων του WRF

Για τις προσομοιώσεις των επεισοδίων με το αριθμητικό μοντέλο καιρού WRF ορίσθηκαν τρία πλέγματα με οριζόντια ανάλυση 18, 6 και 2 km αντίστοιχα, με το εξωτερικό και πρώτο εσωτερικό πλέγμα να διατηρείται το ίδιο, ενώ το ενδότερο εσωτερικό πλέγμα να διαφέρει κατά περίπτωση. Τα κυριότερα σχήματα παραμετροποίησης, τα οποία επελέγησαν για τις προσομοιώσεις, καθώς επίσης και τα βασικά χαρακτηριστικά του αριθμητικού μοντέλου εμφανίζονται στον Πίνακα 1. Παράλληλα, οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας την τεχνική μονόδρομης εμφωλεύσεως (one-way nesting).

Για τις αρχικές και οριακές συνθήκες των προσομοιώσεων, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα FNL (Final Operational Global Analyses) των Εθνικών Κέντρων Περιβαλλοντολογικής Πρόγνωσης (NCEP / National Centers for Environmental Prediction) των Η.Π.Α., τα οποία παρέχονται σε χωρική ανάλυση μίας μοίρας και χρονικού βήματος 6 ωρών. Τα δεδομένα αυτά, προέρχονται από Παγκόσμιο Σύστημα Αφομοίωσης (GDAS, Global Data Assimilation System), στο οποίο συλλέγονται διαρκώς δεδομένα παρατηρήσεων μέσω του Παγκόσμιου Τηλεπικοινωνιακού Συστήματος (GTS, Global Telecommunications System) και άλλων πηγών μέσω. Τα δεδομένα αναλύσεων περιλαμβάνουν μετεωρολογικές παραμέτρους στην επιφάνεια καθώς επίσης και σε 26 βασικά ατμοσφαιρικά επίπεδα από τα 1000 mb έως τα 10 mb, στην κωδικοποίηση GRIB2.

Πίνακας 1. Κυριότερα σχήματα παραμετροποίησης και βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου

Έκδοση	WRF – ARW version 3.4	
Πλέγματα (Domains)	3	
Κατακόρυφα επίπεδα (Vertical Levels)	35	
Σχήμα Μικροφυσικής (Microphysical Scheme)	WSM3 WRF Single Momentum 3	Hong, Dudhia and Chen (2004)
Σχήμα Ακτινοβολίας (Radiation Scheme)	RRTM / Dudhia Scheme	Dudhia (1989)
Σχήμα Κατακόρυφης Ανάπτυξης (Cumulus Parameterization)	Kain - Fritsch	Kain (2004)
Σχήμα Επιφανειακού Στρώματος (Surface Layer Option)	Monin – Obukhov Scheme	
Σχήμα Εδάφους (Land Surface Scheme)	Unified Noah Land Surface Model	
Σχήμα Πλανητικού Οριακού Στρώματος (Planetary Boundary Layer Option)	Mellor – Yamada – Janjic TKE (ETA) Scheme	

2.2 Μεθοδολογία

Η πρόγνωση καιρού βασίζεται στη χρήση αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης, τα οποία επιλύουν οι μη-γραμμικές μερικές διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν και προβλέπουν τις ατμοσφαιρικές διεργασίες. Στη συγκεκριμένη ενότητα για κάθε επιλεγμένο επεισόδιο πραγματοποιείται μόνο μία "ντετερμινιστική" πρόγνωση, έτσι ώστε οι προκύπτουσες ωριαίες τιμές βροχόπτωσης να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια στις αντίστοιχες "ντετερμινιστικές" υδρολογικές προσομοιώσεις/προγνώσεις απορροής, και εν συνεχεία στάθμης, εφ' όσον υπάρχει επαρκής πληροφορία για την γεωμορφολογία (γεωμετρία, κλίση και τραχύτητα) του αγωγού (ποταμού, ρέματος).

Το μετεωρολογικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού ρυθμίστηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε τα παραγόμενα αρχεία των προσομοιώσεων να δίνουν ωριαίες τιμές της κάθε μετεωρολογικής παραμέτρου, για τα προαναφερόμενα χρονικά διαστήματα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Πληροφορίες χρονικής κάλυψης των αριθμητικών προσομοιώσεων του WRF.

Περιοχή Μελέτης	Επεισόδιο	Περίοδος προσομοιώσεων
Πελοπόννησος (Λεκάνες Νέδοντα και Λούσιου)	24/01/2013 – 01/02/2013	24/01/2013 0000 UTC – 27/01/2013 0000 UTC
	15/01/2013 – 20/01/2013	15/01/2013 0000 UTC – 20/01/2013 0000 UTC
	06/02/2012 – 10/02/2012	05/02/2012 0000 UTC – 09/02/2012 0000 UTC
	05/01/2012 – 08/01/2012	05/01/2012 0000 UTC – 08/01/2012 0000 UTC
	21/12/2011 – 25/12/2011	20/01/2011 0000 UTC – 24/01/2011 0000 UTC
Αττική (Λεκάνη Σαρανταποτάμου και Ρέματος Χαλανδρίου)	11/11/2013 – 12/11/2013	10/11/2013 0000 UTC – 12/11/2013 1200 UTC
	13/02/2013 – 26/02/2013	20/02/2013 0000 UTC – 22/02/2013 1200 UTC
	24/01/2013 – 30/01/2013	24/01/2013 0000 UTC – 27/01/2013 0000 UTC
	29/12/2012 – 02/01/2013	29/12/2012 0000 UTC – 01/01/2013 0000 UTC
	21/12/2011 – 25/12/2011	20/01/2011 0000 UTC – 24/01/2011 0000 UTC

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

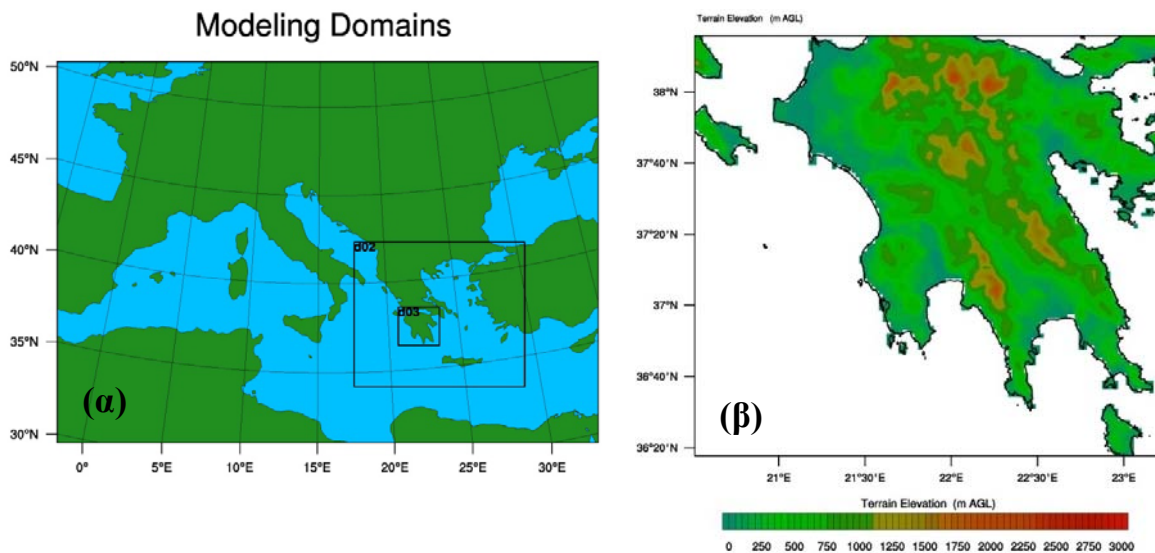
3.1 Περιοχή Πελοποννήσου

Για τις λεκάνες του Νέδοντα και του Λούσιου, προσομοιώθηκαν τα επεισόδια τα επεισόδια 21/12/2011 – 25/12/2011, 05/01/2012 – 08/01/2012, 06/02/2012 – 10/02/2012, 15/01/2013 – 20/01/2013 και 24/01/2013 – 01/02/2013. Για τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν τα πλέγματα που εμφανίζονται στο Σχήμα 2α με το ενδότερο πλέγμα να καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Πελοποννήσου (Σχήμα 2β).

Αναλυτικά:

- το πλέγμα 1, αποτελείται από 184 x 129 σημεία πλέγματος (σύνολο 23736 σημεία), με οριζόντια χωρική ανάλυση 18 km. Το πλέγμα καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Ευρώπης, των ακτών της Βόρειας Αφρικής, καθώς επίσης και το μεγαλύτερο τμήμα της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας (Σχήμα 2α),
- το πλέγμα 2, αποτελείται από 174 x 147 σημεία πλέγματος (σύνολο 25578 σημεία), με οριζόντια χωρική ανάλυση 6 km. Το πλέγμα καλύπτει τον Ελλαδικό χώρο και τις ακτές της Δυτικής Τουρκίας, όπως απεικονίζεται στο μεγάλο τετράγωνο με ετικέτα d02 του Σχήματος 2α και
- το πλέγμα 3, όπου αποτελείται από 120 x 108 σημεία πλέγματος (σύνολο 12960 σημεία), με οριζόντια χωρική ανάλυση 2 km, όπου καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Πελοποννήσου, καθώς επίσης οριακά τα νησιά των Κυθήρων και της Ζακύνθου. Οι θέσεις των τριών πλεγμάτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2α, ενώ ολόκληρο το πλέγμα

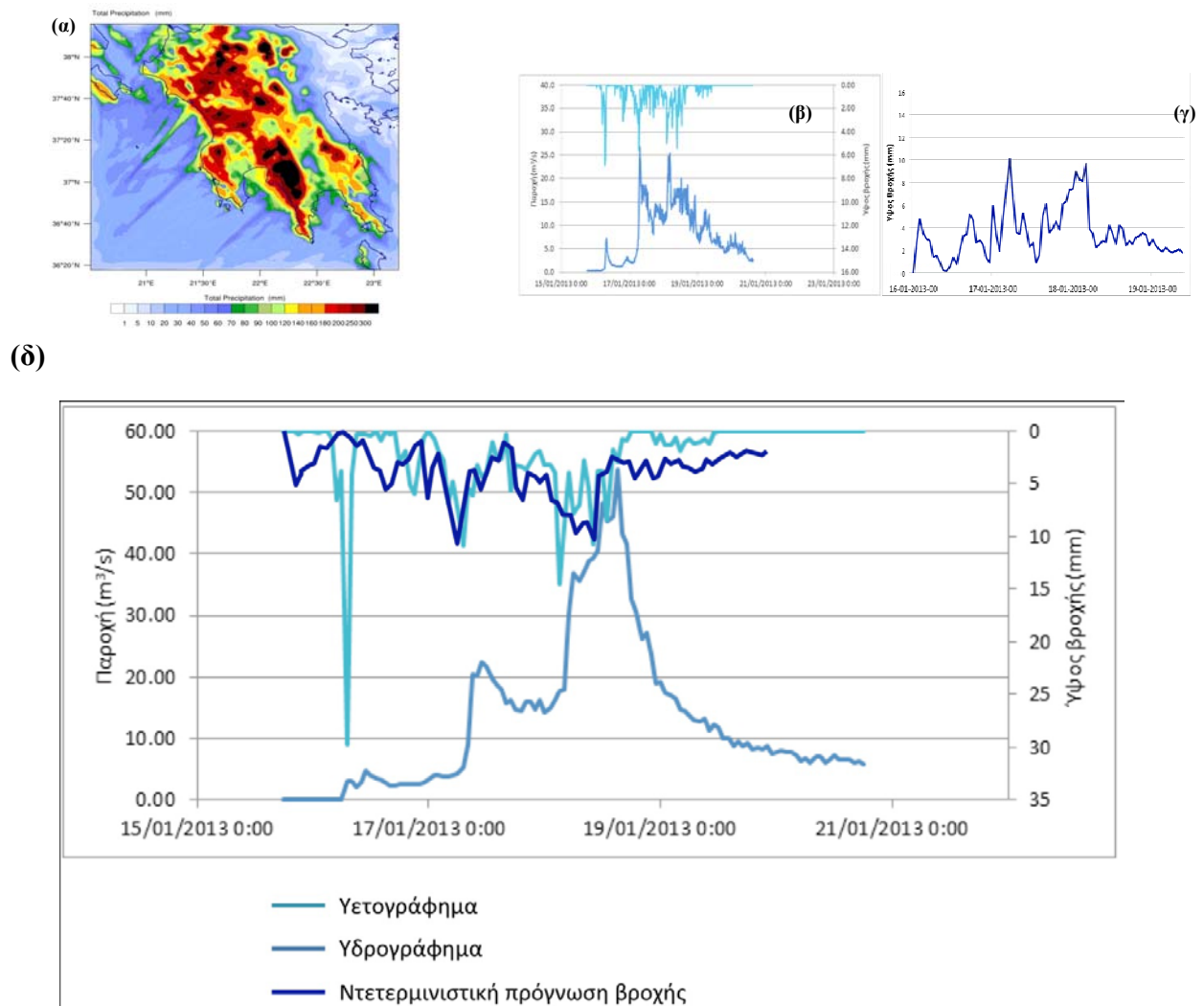
καθώς επίσης και η τοπογραφία του όπως εκείνη υπολογίζεται από το μοντέλο, εμφανίζεται στο Σχήμα 2β.



Σχήμα 2. (α) Απεικόνιση των επιλεγμένων τριών πλεγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τις διαδοχικές προσομοιώσεις του επεισοδίου ισχυρής βροχόπτωσης στην Πελοπόννησο από το αριθμητικό μοντέλο καιρού WRF, (β) το ενδότερο εσωτερικό πλέγμα 3, με την τοπογραφία της περιοχής, όπως υπολογίζεται από το μοντέλο WRF.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα για το επεισόδιο 2 του Πίνακα 2, κατά τη διάρκεια του οποίου καταγράφηκε σημαντικό ύψος βροχής στην λεκάνη του Νέδοντα. Σύμφωνα με τις καταγραφές των αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών (ΑΜΣ) στην περιοχή μελέτης, τα συνολικά ύψη βροχής για το προαναφερόμενο χρονικό διάστημα, κυμαίνονται από 262.9 mm στη θέση λατομείο Μπάκα έως 272.7 mm στη θέση Αλαγονία, με τα μεγαλύτερα ύψη ημερήσιας βροχόπτωσης να καταγράφονται στις 18/01/2013 (Σχήμα 3β – Αλαγονία, (περισσότερες πληροφορίες για τις χρονοσειρές των καταγραφών του επεισοδίου στο σύνδεσμο http://deucalionproject.gr/events/nedondas/event_N1_2013a.htm).

Η προσομοίωση του μοντέλου αποτύπωσε τα μεγάλα ύψη βροχόπτωσης στην περιοχή, ιδιαίτερος δε στους ορεινούς όγκους, όπου το αθροιστικό ύψος για τη συνολική διάρκεια του επεισοδίου ξεπέρασε τα 300 mm, όπως διακρίνεται στο Σχήμα 3α. Στο ίδιο σχήμα, παρουσιάζεται και η χρονική μεταβολή του (μέσου) ύψους βροχόπτωσης (βήμα μιας ώρας) σε μια περιοχή που περιλαμβάνει την υπολεκάνη του Καρβελιώτη καθώς και τους προαναφερθέντες μετεωρολογικούς σταθμούς (Σχήμα 3γ).

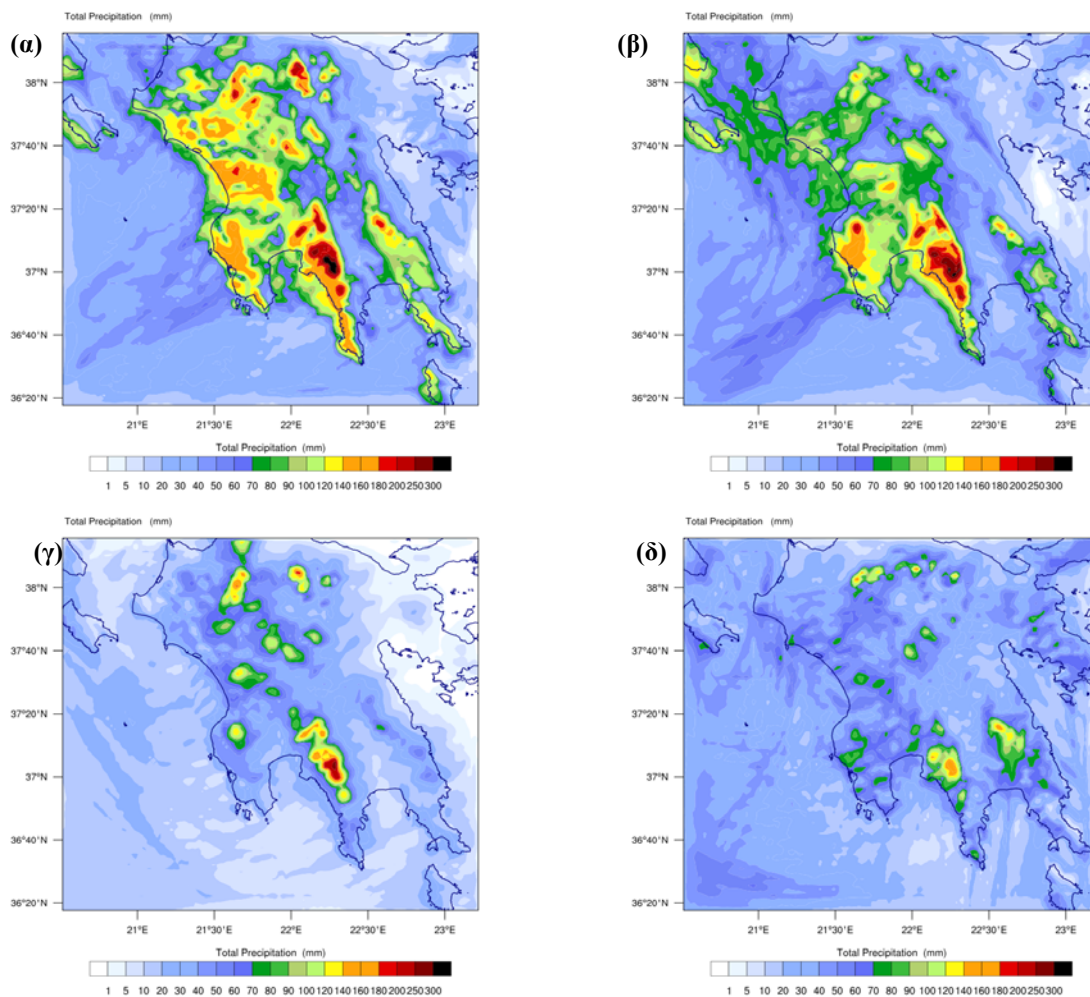


Σχήμα 3. (α) Αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή της Πελοποννήσου (χωρική κατανομή) για την περίοδο 16/01/2013 0000 UTC – 19/01/2013 0900 UTC, χρονική μεταβολή του ύψους βροχόπτωσης (β) στη θέση του ΑΜΣ της Αλαγονίας (γαλάζια γραμμή - και παροχής - μπλε γραμμή) (γ) σε μια περιοχή που καλύπτει την υπολεκάνη του Καρβελιώτη, βάσει της προσομοίωσης του μοντέλου πρόγνωσης για την ίδια περίοδο και (δ) υπέρθεση των υετογραφημάτων από τις μετρήσεις και την πρόγνωση.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, φαίνεται πως το μοντέλο πρόγνωσης προσομοιώνει αρκετά ικανοποιητικά το επεισόδιο, κυρίως ως προς τη διάρκεια και το συνολικό ύψος βροχόπτωσης, ωστόσο τοπικά φαίνεται να υποεκτιμά το πρώτο μέγιστο στην αρχή του επεισοδίου. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του ύψους βροχόπτωσης με βήμα μιας ώρας, σε κάθε σημείο του ενδότερου πλέγματος 3, στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ως τιμές εισόδου στο μοντέλο υδρολογικής προσομοίωσης. Έτσι λοιπόν, για κάθε προσομοίωση δημιουργείται

ένα αρχείο σε μορφή *.txt*, ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί εύκολα από οποιοδήποτε λογισμικό ή πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων, το οποίο αποτελείται από 12960 γραμμές (120 x 108 σημεία του πλέγματος 3) και *n*-στήλες, όπου *n* ο αριθμός των ωρών από την πρώτη ώρα της προσομοίωσης έως την τελευταία. Ένα παράδειγμα παρουσίασης των αποτελεσμάτων δίνεται ενδεικτικά στο Σχήμα 5.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αντίστοιχοι χάρτες για τα υπόλοιπα επεισόδια τα οποία προσομοιώθηκαν στην περιοχή της Πελοποννήσου (Σχήμα 4)



Σχήμα 4. Αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή της Πελοποννήσου για όλη τη διάρκεια των επεισοδίων (α) 24/01/2013 – 01/02/2013, (β) 06/02/2012 – 10/02/2012, (γ) 05/01/2012 – 08/01/2012 και

(δ) 21/12/2011 – 25/12/2011 όπως παράχθηκε από τις αντίστοιχες ντετερμινιστικές προσομοιώσεις του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης WRF.

Τα αθροιστικά ύψη βροχόπτωσης στην περιοχή της λεκάνης του Νέδοντα για τα επεισόδια που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4, βάσει των μετρήσεων των ΑΜΣ, κυμάνθηκαν ως εξής:

α. 140 – 145 mm (http://deucalionproject.gr/events/nedondas/event_N1_2013b.htm)

β. 125 – 155 mm (http://deucalionproject.gr/events/nedondas/event_N2_2012.htm)

γ. 135 – 160 mm (http://deucalionproject.gr/events/nedondas/event_N1_2012.htm)

δ. 103 – 107 mm (http://deucalionproject.gr/events/nedondas/event_N12_2011.htm)

Τα αποτελέσματα δείχνουν ικανοποιητική προσομοίωση του συνολικού ύψους βροχόπτωσης για όλα σχεδόν τα επεισόδια, ωστόσο τοπικά υπάρχουν υποεκτιμήσεις που ενδεχομένως να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης, καθώς στη συνέχεια τα παραγόμενα αρχεία θα χρησιμοποιηθούν από το υδρολογικό μοντέλο ως δεδομένα εισόδου.

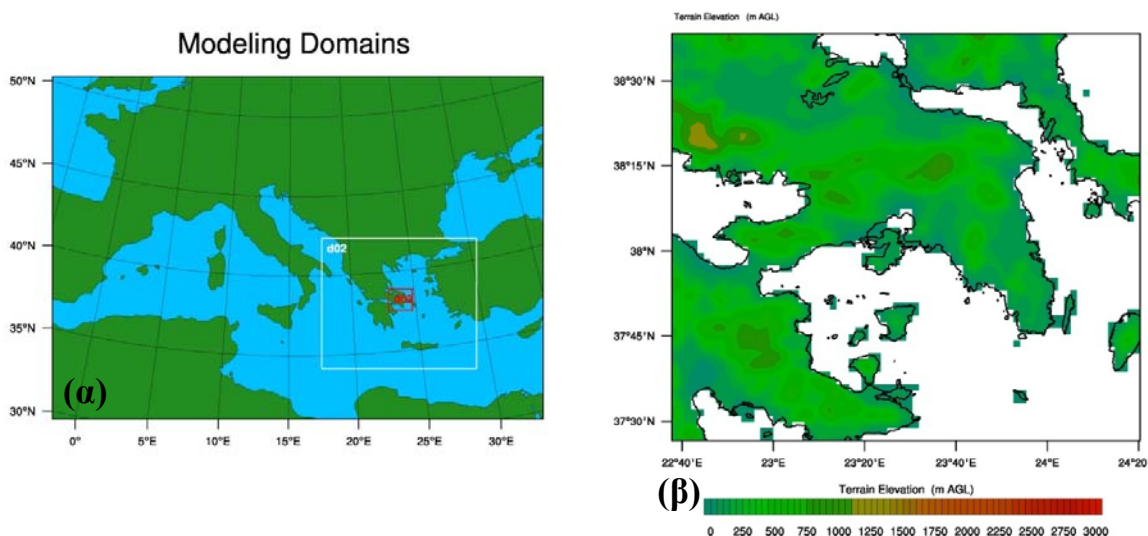
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Lat	Lon	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
12828	12827	38.091	23.151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12829	12828	38.089	23.174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12830	12829	38.087	23.197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12831	12830	38.085	23.221	0	0	0	0	0.003	0.008	0.009	0.006	0.005	0.002	0	0	0	0
12832	12831	38.084	23.244	0	0	0	0.003	0.018	0.038	0.044	0.036	0.029	0.015	0.006	0.001	0.001	0.002
12833	12832	38.082	23.267	0	0	0.001	0.008	0.046	0.095	0.11	0.096	0.077	0.041	0.017	0.003	0.003	0.004
12834	12833	38.08	23.291	0	0.003	0.006	0.024	0.076	0.138	0.156	0.14	0.116	0.066	0.031	0.007	0.004	0.005
12835	12834	38.078	23.314	0	0.012	0.022	0.05	0.106	0.167	0.185	0.171	0.149	0.089	0.049	0.014	0.004	0.004
12836	12835	38.077	23.338	0	0.029	0.053	0.089	0.136	0.178	0.193	0.18	0.167	0.107	0.069	0.025	0.004	0.002
12837	12836	38.075	23.361	0	0.039	0.072	0.11	0.158	0.19	0.202	0.193	0.186	0.127	0.088	0.037	0.007	0.002
12838	12837	38.073	23.384	0	0.04	0.073	0.108	0.164	0.194	0.203	0.197	0.198	0.144	0.103	0.051	0.016	0.001
12839	12838	38.071	23.408	0	0.037	0.067	0.099	0.164	0.194	0.201	0.199	0.203	0.157	0.113	0.066	0.034	0.001
12840	12839	38.069	23.431	0	0.031	0.057	0.087	0.159	0.192	0.199	0.196	0.2	0.159	0.115	0.07	0.039	0.001
12841	12840	38.068	23.454	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12842	12841	38.264	20.669	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12843	12842	38.263	20.692	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12844	12843	38.262	20.716	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12845	12844	38.26	20.739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12846	12845	38.259	20.763	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0
12847	12846	38.258	20.786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12848	12847	38.257	20.81	0	0	0	0	0	0	0.056	0.262	0	0	0	0	0	0
12849	12848	38.256	20.833	0	0	0.189	0.136	0.223	0.267	0.715	0.508	0	0	0	0	0	0
12850	12849	38.254	20.857	0	0	0.198	0.146	0.251	0.356	0.772	0.267	0	0	0	0	0	0
12851	12850	38.253	20.88	0	0	0.188	0.072	0.194	0.138	0.687	0.116	0	0	0	0	0	0

Σχήμα 5. Παράδειγμα αρχείου ωριαίων προγνώσεων βροχής για κάθε σημείο πλέγματος. Συγκεκριμένα στην πρώτη στήλη (A), εμφανίζεται ο αύξων αριθμός των σημείων του πλέγματος 3, στις επόμενες δύο

στήλες το γεωγραφικό πλάτος και μήκος (B, C) της περιοχής μελέτης και από την τέταρτη στήλη και δεξιότερα το ωριαίο ύψος βροχής.

3.2 Περιοχή Αττικής

Για τις λεκάνες του Σαρανταποτάμου και του άνω ρού του ρέματος Χαλανδρίου, προσομοιώθηκαν τα επεισόδια 21/12/2011 – 25/12/2011, 29/12/2012 – 02/01/2013, 24/01/2013 – 30/01/2013, 13/02/2013 – 26/02/2013 και 11/11/2013 – 12/11/2013. Για τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν τα πλέγματα που εμφανίζονται στο Σχήμα 6α με το ενδότερο πλέγμα να καλύπτει την Αττική και τμήματα των γειτονικών γεωγραφικών διαμερισμάτων (Σχήμα 6β).

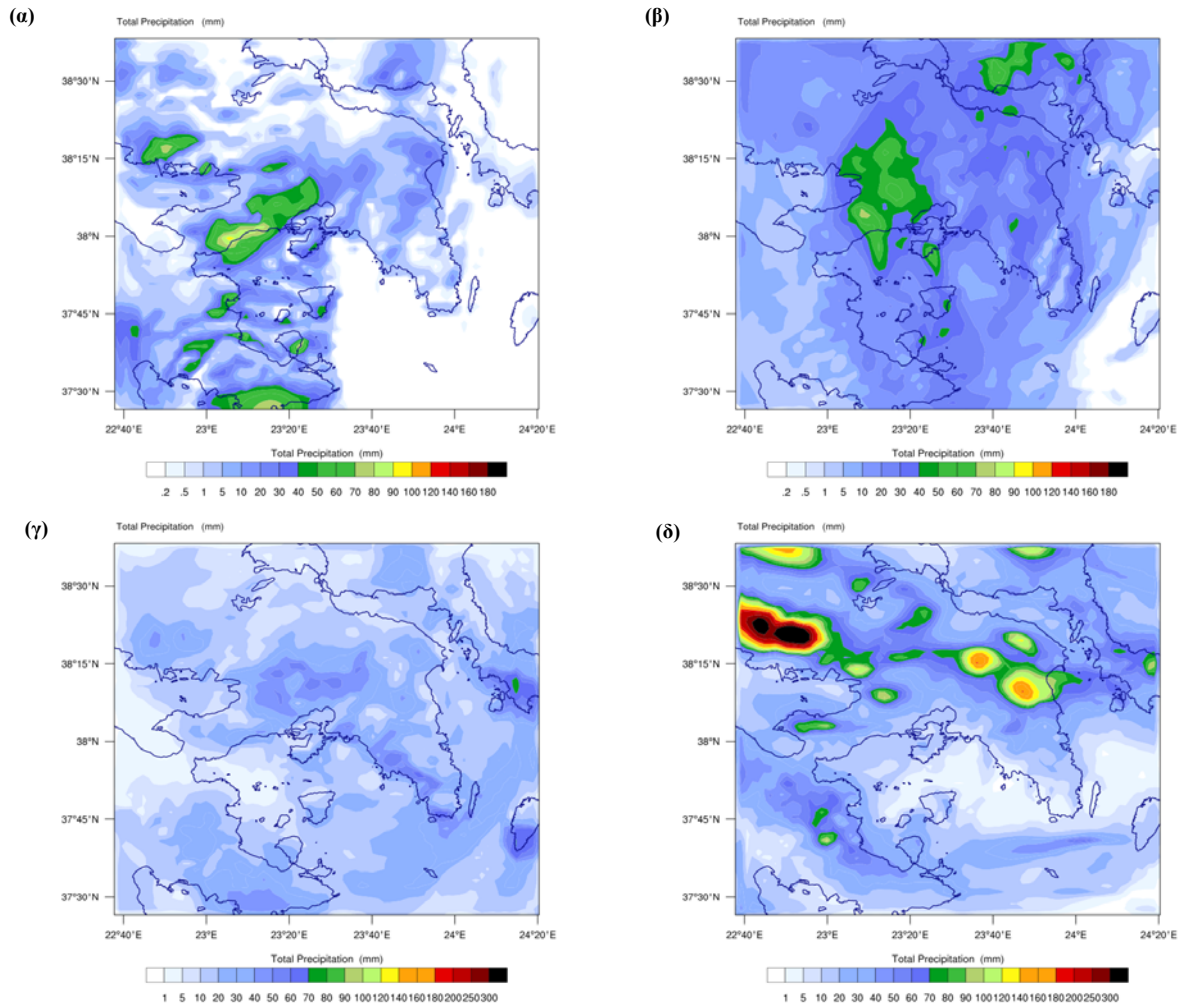


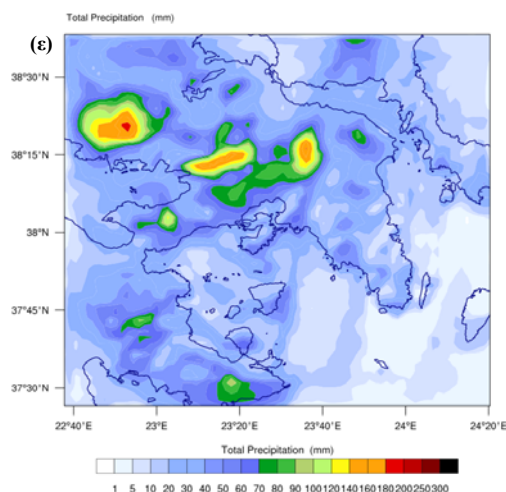
Σχήμα 6. (α) Απεικόνιση των επιλεγμένων τριών πλεγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τις διαδοχικές προσομοιώσεις του επεισοδίου ισχυρής βροχόπτωσης στην Αττική από το αριθμητικό μοντέλο καιρού WRF, (β) το ενδότερο εσωτερικό πλέγμα 3, με την τοπογραφία της περιοχής, όπως υπολογίζεται από το μοντέλο WRF.

Αναλυτικά:

- το πλέγμα 1, αποτελείται από 184 x 129 σημεία πλέγματος (σύνολο 23736 σημεία), με οριζόντια χωρική ανάλυση 18 km. Το πλέγμα καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Ευρώπης, των ακτών της Βόρειας Αφρικής, καθώς επίσης και το μεγαλύτερο τμήμα της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας (Σχήμα 6α),
- το πλέγμα 2, αποτελείται από 174 x 147 σημεία πλέγματος (σύνολο 25578 σημεία), με οριζόντια χωρική ανάλυση 6 km. Το πλέγμα καλύπτει τον Ελλαδικό χώρο και τις ακτές της Δυτικής Τουρκίας, όπως απεικονίζεται στο λευκό τετράγωνο του Σχήματος 6α με ετικέτα d02 και
- το πλέγμα 3, όπου αποτελείται από 75 x 66 σημεία πλέγματος (σύνολο 4950 σημεία), με οριζόντια χωρική ανάλυση 2 km, όπου καλύπτει την Αττική, τμήματα της Ανατολικής

Βοιωτίας, της Βορειοανατολικής Πελοποννήσου και της Εύβοιας, καθώς επίσης και τα νησιά του Σαρωνικού και την Κέα. Οι θέσεις των τριών πλεγμάτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 6α, ενώ ολόκληρο το πλέγμα καθώς επίσης και η τοπογραφία του όπως εκείνη υπολογίζεται από το μοντέλο, εμφανίζεται στο Σχήμα 6β.





Σχήμα 7. Αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή της Αττικής για όλη τη διάρκεια των επεισοδίων (α) 11/11/2013 – 12/11/2013, (β) 13/02/2013 – 26/02/2013, (γ) 24/01/2013 – 30/01/2013, (δ) 29/12/2012 – 02/01/2013 και (ε) 21/12/2011 – 25/12/2011 όπως παράχθηκε από τις αντίστοιχες ντετερμινιστικές προσομοιώσεις του αριθμητικού μοντέλου πρόγνωσης WRF.

Τα αθροιστικά ύψη βροχόπτωσης στην περιοχή της λεκάνης του Σαρανταπόταμου για τα επεισόδια που παρουσιάζονται στο Σχήμα 7, βάσει των μετρήσεων των ΑΜΣ, κυμάνθηκαν ως εξής:

- α. 90 – 100 mm (http://deucalionproject.gr/events/sarantapotamos/event_2013-11-11.htm)
- β. 60 – 90 mm (http://deucalionproject.gr/events/sarantapotamos/event_2013-02-13.htm)
- γ. 48 mm (http://deucalionproject.gr/events/sarantapotamos/event_2013-01-24.htm)
- δ. 94 mm (http://deucalionproject.gr/events/sarantapotamos/event_2012-12-29.htm)
- ε. 74 mm (http://deucalionproject.gr/events/sarantapotamos/event_2011-12-21.htm)

Τα αποτελέσματα δείχνουν σχετική υποεκτίμηση τις τρεις πρώτες περιπτώσεις ως προς το συνολικό ύψος βροχόπτωσης και αρκετά ικανοποιητική προσομοίωση στις υπόλοιπες δύο.

Ακολουθώντας τη μέθοδο των περιπτώσεων της λεκάνης του Νέδοντα, για την κάθε προσομοίωση που αφορά στη λεκάνη του Σαρανταπόταμου, δημιουργήθηκε ένα αρχείο σε μορφή *.txt*, το οποίο αποτελείται από 4950 γραμμές (75 x 66 σημεία του πλέγματος 3) και *n*-στήλες, όπου *n* ο αριθμός των ωρών από την πρώτη ώρα της προσομοίωσης έως την τελευταία. Αντίστοιχο παράδειγμα παρουσίασης των αποτελεσμάτων όμοιο με αυτό της Πελοποννήσου, δίνεται και για την Αττική στο Σχήμα 8.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Lat	Lon	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
4401	4400	38.422	23.902	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4402	4401	38.42	23.926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006	0	0	
4403	4402	38.418	23.949	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.044	0	0	
4404	4403	38.416	23.973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006	0.022	0	0	
4405	4404	38.414	23.996	0	0.021	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	
4406	4405	38.412	24.019	0	0.051	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4407	4406	38.41	24.043	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0.001	
4408	4407	38.408	24.066	0	0.048	0	0	0	0	0	0.022	0.004	0	0	0.015	0.012	
4409	4408	38.406	24.09	0	0.033	0.056	0	0	0	0	0.027	0.075	0.016	0.001	0.161	0.013	
4410	4409	38.404	24.113	0	0	0.038	0	0	0	0	0.012	0.174	0.061	0.01	0.79	0.076	
4411	4410	38.402	24.137	0	0	0	0	0	0	0	0.006	0.092	0.103	0.027	0.187	0.043	
4412	4411	38.4	24.16	0	0	0	0	0	0	0	0.005	0.013	0.116	0.23	0.317	0.005	
4413	4412	38.398	24.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.027	0.136	0.463	0	
4414	4413	38.396	24.207	0	0.034	0.496	0	0	0	0	0	0	0.011	0.094	0.132	0	
4415	4414	38.394	24.231	0	0.051	0.75	0.032	0	0	0	0	0	0.009	0.016	0.001	0	
4416	4415	38.392	24.254	0	0	1.01	0.05	0	0	0	0	0	0.01	0.005	0	0	
4417	4416	38.39	24.277	0	0	0.509	0.286	0	0	0	0	0	0.007	0.001	0	0	
4418	4417	38.388	24.301	0	0	0.105	0.432	0	0	0	0	0	0.007	0	0	0	
4419	4418	38.386	24.324	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008	0	0	
4420	4419	38.384	24.348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.018	0	0	
4421	4420	38.382	24.371	0	0	0	0	0	0	0	0	0.016	0.034	0	0	0	
4422	4421	38.38	24.395	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.044	0.006	0	0	
4423	4422	38.378	24.418	0	0	0	0.253	0.008	0.004	0	0	0.001	0.022	0.038	0.018	0	
4424	4423	38.376	24.442	0	0	0	0.001	0.022	0.017	0	0	0	0.004	0.018	0.008	0	

Σχήμα 8. Αρχείο ωριαίων προγνώσεων βροχής για κάθε σημείο πλέγματος. Στην πρώτη στήλη (A), εμφανίζεται ο αύξων αριθμός των σημείων του πλέγματος 3, στις επόμενες δύο στήλες το γεωγραφικό πλάτος και μήκος (B, C) της περιοχής μελέτης και από την τέταρτη στήλη και δεξιότερα το ωριαίο ύψος βροχής.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Dudhia, J., 1989: Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model. *J. Atmos. Sci.*, 46, 3077–3107.

Hong, S.-Y., J. Dudhia, and S.-H. Chen, 2004: A revised approach to ice microphysical processes for the bulk parameterization of clouds and precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 103–120.

Kain, J. S., 2004: The Kain-Fritsch convective parameterization: An update. *J. Appl. Meteor.*, 43, 170–181.