



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ποτάμια απορροή:
Εφαρμογή στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού



Επιβλέπων
Ναλμπάντης Ι.
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

**Παντούλας
Γεώργιος**

Αθήνα, Ιούλιος 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	v
Περίληψη	vi
Abstract	vii
Κατάλογος συμβόλων	viii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος	1
1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας	1
2 Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	3
2.1 Το υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας	3
2.1.1 Γεωγραφικά στοιχεία και διοικητική δομή	3
2.1.2 Γεωμορφολογικά-γεωλογικά χαρακτηριστικά	5
2.1.3 Κλιματικά χαρακτηριστικά	5
2.1.4 Χρήσεις Γης.....	6
2.1.5 Κύριες χρήσεις νερού.....	6
2.2 Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού	9
2.2.1 Γεωγραφικά στοιχεία	9
2.2.2 Μορφολογικά στοιχεία.....	10
2.2.3 Γεωλογικά-τεκτονικά στοιχεία	10
2.2.4 Υδρογεωλογικά στοιχεία.....	13
2.2.5 Κλιματικά στοιχεία	14
2.2.6 Αντιπλημμυρικά έργα	14
3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΗΣ GR2M	17
3.1 Ορισμός μοντέλου Βροχόπτωσης-Απορροής.....	17
3.2 Γενική ταξινόμηση μοντέλων.....	17
3.3 Το μοντέλο GR2M.....	18
3.3.1 Γενικά.....	18
3.3.2 Περιγραφή του μοντέλου GR2M.....	18
3.4 Άλλα μοντέλα Βροχόπτωσης-Απορροής	20
3.4.1 Μοντέλο Απλού Υδατικού Ισοζυγίου	20
3.4.2 Μοντέλο SHE	20
3.4.3 Μοντέλο MORIN.....	21
3.4.4 Μοντέλο STANFORD.....	21

3.4.5	Μοντέλο MERO	22
3.4.6	Μοντέλο ILWAS	22
3.5	Βαθμονόμηση Μοντέλων	23
3.5.1	Είδη Βαθμονόμησης	24
3.5.2	Δείκτες Καταλληλότητας	25
3.5.3	Επαλήθευση.....	25
3.6	Αριθμητικά Κριτήρια.....	26
4	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GR2M	28
4.1	Γενικά	28
4.2	Προετοιμασία Δεδομένων.....	29
4.2.1	Γεωγραφικά δεδομένα.....	29
4.2.2	Βροχομετρικά δεδομένα και Ιστορικές παροχές.....	30
4.2.3	Έλεγχος ομογένειας σταθμών.....	31
4.2.4	Επιφανειακή αναγωγή με πολύγωνα Thiessen	32
4.2.5	Αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής	34
4.2.6	Εξατμισοδιαπνοή	36
5	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	41
5.1	Εισαγωγή.....	41
5.2	Κύρια Αίτια Φαινομένου	41
5.3	Επιπτώσεις Κλιματικής Αλλαγής	42
5.3.1	Κλίμα-Άνοδος Θερμοκρασίας	42
5.3.2	Υδατικά Συστήματα.....	43
5.3.3	Άνοδος Στάθμης της Θάλασσας	44
5.3.4	Γεωργία	44
5.3.5	Αλιεία-Υδατοκαλλιέργειες	45
5.3.6	Βιοποικιλότητα-Οικοσυστήματα	46
5.3.7	Υγεία	46
5.4	Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC)	47
5.4.1	Πρώτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (1990)	48
5.4.2	Δεύτερη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (1995).....	48
5.4.3	Τρίτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (2001)	49
5.4.4	Τέταρτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (2007).....	49
5.4.5	Πέμπτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (2014).....	52
5.5	Περιγραφή, Στόχος και Λειτουργία σεναρίων RCP	54
5.5.1	Το Σενάριο RCP2.6.....	56
5.5.2	Το Σενάριο RCP4.5.....	56
5.5.3	Το Σενάριο RCP6.0.....	57
5.5.4	Το Σενάριο RCP8.5.....	57
6	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GR2M ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ	58

6.1	Διαθεσιμότητα δεδομένων	58
6.2	Δεδομένα εισόδου και εξόδου	58
6.3	Βαθμονόμηση και Επαλήθευση μοντέλου	59
6.3.1	Βαθμονόμηση	59
6.3.2	Επαλήθευση.....	61
7	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	68
7.1	Παραγωγή μελλοντικών χρονοσειρών	68
7.1.1	Μεταβολή των κλιματικών μεταβλητών	68
7.2	Παρουσίαση αποτελεσμάτων μελλοντικών χρονοσειρών απορροής	73
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
8.1	Γενικά	79
8.2	Υδρογραφήματα	79
8.3	Αποτελέσματα Αριθμητικών Κριτηρίων.....	81
8.4	Προτάσεις προσαρμογής-μετριασμού της επίδρασης της Κλιματικής Αλλαγής.....	86
8.4.1	Εισαγωγή.....	86
8.4.2	Μετριασμός	86
8.4.3	Προσαρμογή	88
8.4.4	Περιορισμοί στην εφαρμογή των μέτρων αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.....	92
	Αναφορές	94
	Στην ελληνική γλώσσα	94
	Ξενόγλωσσες.....	95
	Διαδίκτυο	99
	Παράρτημα Α: Πρωτογενή δεδομένα	100
	Παράρτημα Β: Δευτερογενή δεδομένα	125
	Παράρτημα Γ: Σχήματα	157

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της.

Πρώτα, πρώτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Ναλμπάντη Ιωάννη, Αναπληρωτή Καθηγητή ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ αρχής, αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, την επιστημονική του καθοδήγηση, τις υποδείξεις του, την επιμονή του, το αμείωτο ενδιαφέρον του, τη συμπαράστασή του και τη συνεχή του υποστήριξη που έδειξε από την αρχή της εργασίας μέχρι την περάτωσή της.

Επιπλέον, θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στην υποψήφια διδάκτορα Ινώ Παπαγεωργάκη για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθειά της, καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας, ιδιαίτερα για την καθοδήγησή της στα τεχνικά θέματα της εργασίας και ειδικότερα σε ό,τι αφορά το λογισμικό Qgis, με οδηγίες και συμβουλές από τη χάραξη των λεκανών απορροής μέχρι την κατασκευή χαρτών και την αισθητική βελτίωσή τους.

Τέλος, θα ήθελα εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου και στους φίλους μου για όλη τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους, που συνέβαλαν στην επιτυχή ολοκλήρωση του τεύχους αυτού, αλλά και στην ολοκλήρωση των σπουδών μου συνολικά.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ποτάμια απορροή. Ως περιοχή μελέτης για την εφαρμογή των υπολογιστικών τεχνικών που παρουσιάζονται εκτενώς στην εργασία, επιλέχθηκε η περιοχή της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού καθώς και οι υπολεκάνες αυτής, στις θέσεις γέφυρα Καστρίου και Κομποτάδων. Οι τρεις λεκάνες ανήκουν στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Πρώτα πρώτα, συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα εισόδου τα οποία απαιτεί για την προσομοίωση το μοντέλο βροχόπτωσης-απορροής που επιλέχθηκε. Αυτό είναι το μοντέλο GR2M. Τα δεδομένα αναζητήθηκαν σε παλαιότερες επιστημονικές μελέτες για την κοινή χρονική περίοδο 1966-1994 και περιλαμβάνουν τις μηνιαίες βροχοπτώσεις, τις μηνιαίες εξατμισοδιαπνοές και τις μηνιαίες απορροές. Σε επόμενη φάση της εργασίας έγινε εισαγωγή των δεδομένων στο μοντέλο ώστε να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση. Για το μοντέλο επιλέχθηκε χειροκίνητη βαθμονόμηση αλλάζοντας τις δύο σημαντικές (με σημαντική, δηλαδή, επίδραση στην απορροή) παραμέτρους του μοντέλου για την εύρεση των βέλτιστων τιμών τους ώστε να γίνει η προσομοίωση ορθότερη. Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης προέκυψαν κάνοντας έλεγχο με δεδομένα από ιστορικές μετρήσεις παροχής. Στη συνέχεια, έγινε γένεση συνθετικών χρονοσειρών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για τρεις μελλοντικές χρονικές περιόδους όπου ελήφθη υπόψη η κλιματική αλλαγή. Εξετάστηκαν τα Σενάρια Αντιπροσωπευτικών Τροχιών Συγκέντρωσης (RCP) που προτείνονται από την 5η έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC). Οι κλιματικές μεταβολές δεν εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας κλιματικά μοντέλα, αλλά ελήφθησαν μέσω παλαιότερων μελετών. Εφαρμόζοντας τις μεταβολές αυτές πάνω στις ιστορικές χρονοσειρές προέκυψαν οι μελλοντικές βροχοπτώσεις και θερμοκρασίες και κατ' επέκταση, και οι εξατμισοδιαπνοές, καθώς και οι παρατηρούμενες απορροές. Για τις καινούργιες αυτές χρονοσειρές ξανατρέξαμε το μοντέλο για να λάβουμε τις προσομοιωμένες μελλοντικές απορροές. Ύστερα έγινε σύγκριση, τόσο ποιοτικά μέσω υδρογραφημάτων όσο και ποσοτικά (στατιστικά), μέσω αριθμητικών κριτηρίων, των ιστορικών και των μελλοντικών δεδομένων. Έτσι, εξήχθησαν τα τελικά συμπεράσματα για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ποτάμια απορροή του Σπερχειού. Τέλος, προτείνονται ορισμένα γενικά μέτρα προσαρμογής και μετριασμού της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής, εξετάζοντας παράλληλα τους περιορισμούς εφαρμογής αυτών.

Abstract

This dissertation deals with the impact of climate change on river runoff. The study area selected for the application of the employed computational techniques was the catchment of the Sperchios river as well as its sub-basins, at the Kastri and Kompotades bridge sites. The three basins are included in the Water District of the Eastern Sterea Hellas. The first priority of this study was the collection of the input data required by the selected rainfall-runoff model, which was the GR2M model (Génie Rural 2-parameter Model). The data were sought in previous scientific studies and cover the common period 1966-1994 at the monthly time scale for rainfall, evapotranspiration and runoff. The next step was the input of this data into the model in order to perform the simulation. For this, manual calibration was used by changing the 2 most important (i.e., with significant effect on runoff) parameters of the model to find their optimal values which make the simulation more accurate. Historical flow data was employed for checking model performance. Subsequently, synthetic rainfall and temperature time series were generated for 3 future time horizons where climate change was taken into account. The Representative Concentration Pathways (RCP) scenarios proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 5th Evaluation Report were used. Climate change was not estimated using climate models, but results of previous studies were used instead. Applying changes proposed by those studies to the historical time series allowed to obtain future rainfall, temperature (and, consequently, evapotranspiration) as well as runoff. For these new time series, we ran the calibrated model again to get the simulated future runoff. Finally, the comparison was made both qualitatively through visual inspection of hydrographs, and quantitatively or statistically, through applying numerical criteria for deviations between the historical and future data. Thus, the final conclusions were drawn about the effect of climate change on river runoff of the Sperchios river. Finally, some general measures are proposed to adapt to climate change and mitigate its impact while, also, considering the limitations of implementation.

Κατάλογος συμβόλων

GR18	Κωδικός Λεκάνης Απορροής Σπερχειού
GR19	Κωδικός Λεκάνης Απορροής Εύβοιας
GR22	Κωδικός Λεκάνης Απορροής ΒΑ Παραλίας Καλλίδρομου
GR23	Κωδικός Λεκάνης Απορροής Βοιωτικού Κηφισού
GR24	Κωδικός Λεκάνης Απορροής Άμφισσας
GR25	Κωδικός Λεκάνης Απορροής Ασωπού
GR35	Κωδικός Λεκάνης Απορροής Σποράδων
PMS	Σχέδιο γονικού Μοντέλου
X_1	Μέγιστη χωρητικότητα δεξαμενής παραγωγής
X_2	Συντελεστής Υπόγειων ανταλλαγών
S	Δεξαμενή εδάφους
R	Δεξαμενή διόδευσης
P_1, P_2	Επίπεδα αποφόρτισης στη δεξαμενή διόδευσης
P_3	Καθαρή βροχόπτωση
S_1, S_2	Επίπεδα αποφόρτισης δεξαμενής εδάφους
R_1	Επίπεδο δεξαμενής διόδευσης
R_2	Πλευρικές ανταλλαγές νερού
Q	Προσομοιωμένη τιμή της απορροής
Δ_t	Χρονικό διάστημα
S_t	Απόθεμα εδαφικής υγρασίας στο χρόνο t
P_t	Χωρικά μέση βροχόπτωση στο χρονικό διάστημα $[t, t + \Delta_t]$
E_t	Χωρικά μέση πραγματική εξατμισοδιαπνοή
Q_t	Απορροή στην έξοδο της λεκάνης
P	Τιμή ύψους βροχόπτωσης
pH	Ενεργός οξύτητα
Nash(Q)	Δείκτης καταλληλότητας της καλής προσαρμογής των βαθμονομημένων υδρολογικών μοντέλων
$Q_{obs,i}$	Παρατηρημένη τιμή της απορροής
$Q_{obs,MEAN}$	Μέση τιμή της χρονοσειράς απορροής
$Q_{sim,i}$	Προσομοιωμένη τιμή της απορροής
N	Συνολικός αριθμός χρονικών βημάτων περιόδου προσομοίωσης
n	Χρονικός ορίζοντας ελέγχου
MSA	Μέσο τετραγωνικό σφάλμα
MAE	Μέση τιμή των απόλυτων τιμών του σφάλματος
MAXE	Μέγιστο σφάλμα
V	Εκάστοτε σενάριο RCP
Q_{mean}	Μέσος όρος προσομοιωμένης απορροής
Q_{RCP}	Μέσος όρος απορροής υπό το εκάστοτε σενάριο RCP
$Skew$	Συντελεστής ασυμμετρίας
Φ_i	Απόκλιση απορροών
Φ_μ	Μέση τιμή χρονοσειράς απόκλισης των απορροών
σ	Τυπική απόκλιση χρονοσειράς αποκλίσεων των απορροών

x_i, y_i	Βροχομετρικές παρατηρήσεις των 2 εκάστοτε σταθμών κατά τη διαδικασία ελέγχου ομοιογένειας
r	Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης
λ_i	Συντελεστής αναγωγής ομογένειας βροχομετρικών δεδομένων
J	Συντελεστής Thiessen
A	Συνολική επιφάνεια του εκάστοτε πολυγώνου Thiessen
A_i	Εμβαδόν επηρεασμού του κάθε σταθμού i
P_o	Μέση επιφανειακή μηνιαία βροχόπτωση της λεκάνης απορροής.
P_i	Σημειακή μηνιαία βροχόπτωση κάθε σταθμού που επηρεάζει την λεκάνη απορροής
μ	Συντελεστής υψομετρικής αναγωγής
β	Βροχοβαθμίδα
Z_m	Μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής
$Z_{\text{μέσο}}$	Μέσο σταθμισμένο υψόμετρο σταθμών
Z_i	Υψόμετρο σταθμού i
EPT ή PET	Δυνητική εξατμισοδιαπνοή
UNFCCC	Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή
IPCC	Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή
WG1	1 ^η ομάδα εργασίας της IPCC
WG2	2 ^η ομάδα εργασίας της IPCC
WG3	3 ^η ομάδα εργασίας της IPCC
TAR	Τρίτη έκθεση της Διακυβερνητικής Ομάδας για την Κλιματική Αλλαγή
AR4	Τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Ομάδας για την Κλιματική Αλλαγή
SRES	Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
RCP	Σενάρια αντιπροσωπευτικών τροχιών συγκέντρωσης
GHG	Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
DEM	Ψηφιακό μοντέλο εδάφους
$Nash(Q)_{\text{Βαθμονόμησης}}$	Συντελεστής Nash για την περίοδο της βαθμονόμησης
$Nash(Q)_{\text{Επαλήθευσης}}$	Συντελεστής Nash για την περίοδο της επαλήθευσης
LPG	Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου
CNG	Συμπιεσμένο φυσικό αέριο
i	Τάξη χρονικού βήματος
E_p	Δυνητική εξατμισοδιαπνοή
S_{max}	Μέγιστη αποθηκευτικότητα του εδάφους

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος

Με τον όρο «κλιματική αλλαγή» αναφερόμαστε στη μεταβολή του παγκοσμίου κλίματος και ειδικότερα σε μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική περίοδο. Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες (United Nations, 1992). Η αιτία της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής είναι η υπερβολική χρήση ορυκτών πόρων, όπως είναι ο άνθρακας και ο λιγνίτης, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, η καύση των οποίων απελευθερώνει τεράστιες ποσότητες CO₂ στην ατμόσφαιρα. Οι δραστηριότητες αυτές προσθέτουν τεράστιες ποσότητες αερίων θερμοκηπίου στα αέρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και υπερθέρμανση του πλανήτη. Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και η μείωση των βροχοπτώσεων αλλά και των απορροών λόγω της κλιματικής αλλαγής, έχουν ως συνέπεια τη διατάραξη του υδρολογικού ισοζυγίου και κατ' επέκταση, τη μείωση των υδατικών αποθεμάτων.

Αυτή η διπλωματική εργασία μελετά την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ποτάμια απορροή. Αναλυτικότερα, η επίδραση αυτή εξετάζεται στη περιοχή της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και, συγκεκριμένα, στην λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού και των υπολεκανών αυτής, στις θέσεις Γέφυρα Καστριού και Γέφυρα Κομποτάδων. Οι αλλαγές εφαρμόστηκαν σε μελλοντικό χρονικό ορίζοντα που εκτείνεται ως το τέλος του 21^{ου} αιώνα και εκτιμήθηκαν σύμφωνα με τα μοντέλα RCPs που έχουν προταθεί από τους ερευνητές της 5^{ης} Έκθεσης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC, 2014). Σε πρώτο στάδιο, υπολογίστηκαν, οι προσομοιωμένες απορροές μέσω του μοντέλου βροχόπτωσης - απορροής GR2M (Mouelhi et al., 2006) χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα. Σε δεύτερο στάδιο, το μοντέλο GR2M βαθμονομήθηκε και για τους 3 μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι προσομοιωμένες απορροές για κάθε σενάριο RCP για κάθε χρονικό ορίζοντα και για κάθε λεκάνη. Τέλος, σχολιάστηκαν οι μεταβολές λόγω κλιματικής αλλαγής και συντάχθηκαν συμπεράσματα για την επίδραση αυτής στην λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού.

1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία απαρτίζεται από 8 κεφάλαια στα οποία περιγράφονται κατά σειρά οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν ώστε να προκύψουν τα τελικά συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στο υδρολογικό καθεστώς της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού. Αναλυτικότερα:

Κεφάλαιο 1°

Περιλαμβάνει την τοποθέτηση του προβλήματος και το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο κινήθηκε η διπλωματική εργασία.

Κεφάλαιο 2°

Περιγράφονται τα γενικά χαρακτηριστικά, το κλίμα, η μορφολογία του εδάφους, και οι υδατικοί πόροι της περιοχής μελέτης, δηλαδή, της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού, αλλά και του υδατικού διαμερίσματος στο οποίο αυτή ανήκει (Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας).

Κεφάλαιο 3°

Περιγράφονται και τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την προσομοίωση της απορροής, οι λειτουργίες του μοντέλου βροχόπτωσης-απορροής GR2M, ενώ, παράλληλα, περιγράφονται και άλλα μοντέλα, καθώς και οι διαδικασίες της βαθμονόμησης και της επαλήθευσης των μοντέλων και ο χρησιμοποιούμενος δείκτης επίδοσης των μοντέλων.

Κεφάλαιο 4°

Περιγράφεται η διαδικασία προετοιμασίας των δεδομένων για την εισαγωγή τους στο μοντέλο GR2M, από την συγκέντρωση των δεδομένων μέχρι τις απαραίτητες επεξεργασίες-και αναγωγές προκειμένου τα δεδομένα να εισαχθούν με επιτυχία στο μοντέλο.

Κεφάλαιο 5°

Παρουσιάζονται ο ρόλος και η δράση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) και αναλύονται οι σχετικές εκθέσεις, δίνοντας έμφαση στην 5^η κατά σειρά έκθεση, καθώς αυτή λάβαμε υπόψιν μας κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Τέλος, περιγράφονται συνοπτικά τα Σενάρια Αντιπροσωπευτικών Τροχιών Συγκέντρωσης (RCP).

Κεφάλαιο 6°

Παρατίθενται αναλυτικά τα υπολογιστικά βήματα προκειμένου να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση μέσω του μοντέλου βροχόπτωσης-απορροής GR2M για την ιστορική περίοδο καθώς, επίσης, και η βαθμονόμηση και επαλήθευση του μοντέλου ώστε να προκύψουν οι τελικές αποκρίσεις.

Κεφάλαιο 7°

Παρουσιάζονται οι διαδικασίες παραγωγής των μελλοντικών χρονοσειρών των δεδομένων εισόδου του μοντέλου για τις 3 μελλοντικές περιόδους βάσει προβλέψεων για την αυξομείωση των τιμών των μετεωρολογικών μεταβλητών. Επιπλέον, παρατίθενται οι μελλοντικές προσομοιωμένες απορροές με βάση το μοντέλο GR2M.

Κεφάλαιο 8°

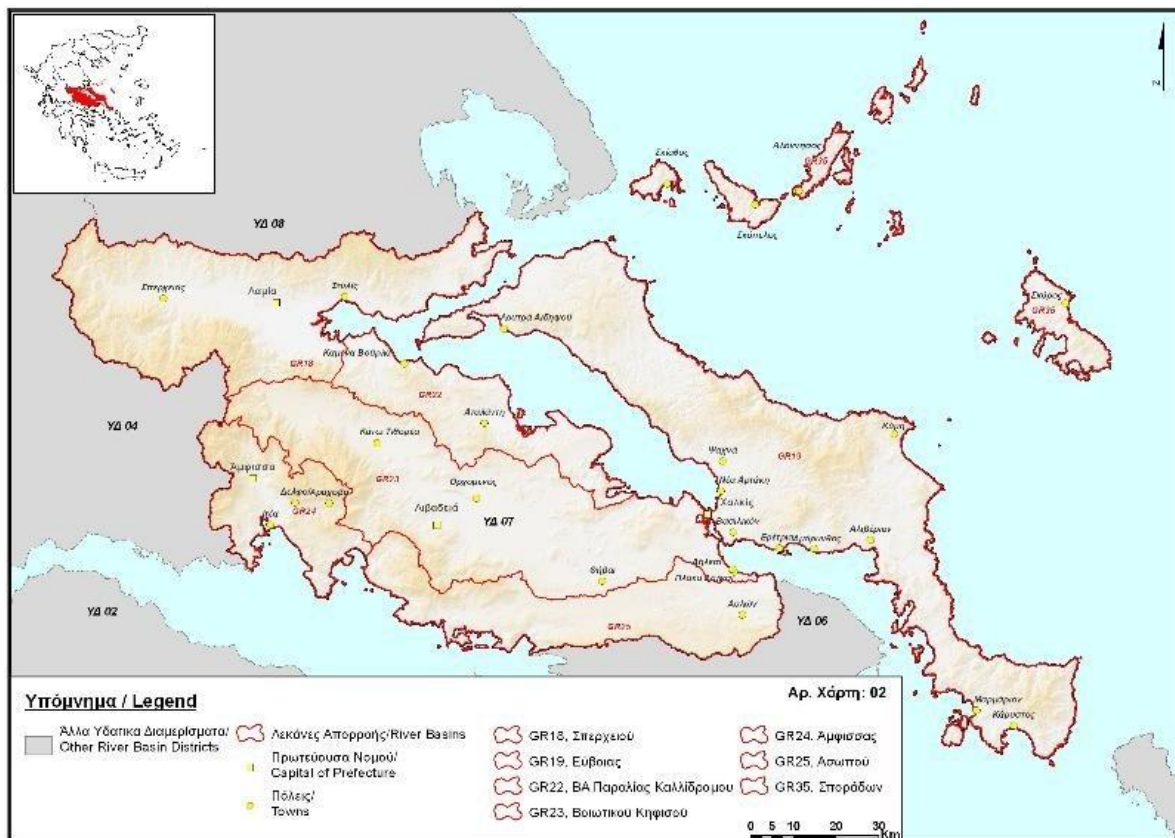
Το τελευταίο αυτό κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα από τη σύγκριση των χρονοσειρών για την ιστορική και τις μελλοντικές περιόδους, καθώς και τα μέτρα τα οποία προτείνονται για το μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ποτάμια απορροή.

2 Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Το υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας

2.1.1 Γεωγραφικά στοιχεία και διοικητική δομή

Το υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας απαρτίζεται από την Εύβοια, τα νησιά Βόρειες Σποράδες και Σκύρος και από τμήμα της Στερεάς Ελλάδας. Η συνολική του έκταση είναι 12341 km². Τα όρια του διαμερίσματος φαίνονται στο Σχήμα 2.1. Ο πληθυσμός του, με βάση τα απογραφικά στοιχεία της ΕΣΥΕ του 2001 ήταν 540492 κάτοικοι και σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ήταν 529867 κάτοικοι, παρουσιάζοντας μείωση της τάξεως του 2.0% (Σιδέρης κ.ά., 2013). Από άποψη διοικητικής διαίρεσης, το διαμέρισμα περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, και μικρά μέρη των περιφερειών Θεσσαλίας και Αττικής. Όσον αφορά στους νομούς, το διαμέρισμα περιλαμβάνει ολόκληρους τους Νομούς Ευβοίας (και τη Σκύρο) και Βοιωτίας, μεγάλα τμήματα των Νομών Φθιώτιδας και Φωκίδας, και μικρά τμήματα των Νομών Αττικής, Μαγνησίας (Σποράδες) και Ευρυτανίας.



Σχήμα 2.1: Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (ΥΔ07) (Πηγή, http://skorponeri.gr/?wpfb_dl=36)

Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2 και περιλαμβάνει τη Λεκάνη Απορροής του Σπερχειού (GR18), της Εύβοιας (GR19), ΒΑ Παραλίας

Καλλίδρομου (GR22), Βοιωτικού Κηφισού (GR23), Άμφισσας (GR24), Ασωπού (GR25) και των Σποράδων (GR35).



Σχήμα 2.2: Λεκάνες απορροής ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Πηγή, http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=57&Itemid=12)

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι λεκάνες απορροής με τους αντίστοιχους κωδικούς και τις εκτάσεις αυτών.

Πίνακας 2.1: Λεκάνες Απορροής ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (ΥΔ07)

Λεκάνες Απορροής	Κωδικός	Έκταση (km ²)
Σπερχειού	GR18	1641
Εύβοιας	GR19	3687
ΒΑ Παραλίας Καλλίδρομου	GR22	920
Βοιωτικού Κηφισού	GR23	2720
Άμφισσας	GR24	785
Ασωπού	GR25	1362
Σποράδων	GR35	499

2.1.2 Γεωμορφολογικά-γεωλογικά χαρακτηριστικά

Μορφολογικά, το υδατικό διαμέρισμα χαρακτηρίζεται ως ορεινό έως ημιορεινό. Το διαμέρισμα αυτό περιλαμβάνει τέσσερα ορεινά συγκροτήματα με υψόμετρο πάνω από 2000 m (Γκιώνα 2510 m, Παρνασσός 2457 m, Βαρδούσια 2437 m και Οίτη 2152 m), και άλλα εννέα ακόμη με υψόμετρα από 1000 έως 2000 m. Οι κυριότερες πεδινές περιοχές του διαμερίσματος είναι οι κοιλάδες του Σπερχειού και του Βοιωτικού Κηφισού-Κωπαΐδας, ενώ μικρότερες είναι οι πεδιάδες της Ιστιαίας και της Αρτάκης στην Εύβοια. Το μέσο υψόμετρο του ηπειρωτικού τμήματος είναι 271 m και της Εύβοιας 146 m.

Από άποψη γεωτεκτονική το διαμέρισμα βρίσκεται στις ζώνες Πίνδου, Παρνασσού, Πελαγονική και Κυκλάδων. Στις παραπάνω ενότητες οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται είναι κυρίως μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες, οφιόλιθοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι, φλύσχης και φλυσχοειδείς σχηματισμοί. Οι πεδιάδες και οι κοιλάδες καλύπτονται από νεογενή, πλειστοκαινικά και ολοκαινικά ιζήματα (Ζερβογιάννης, 1988).

2.1.3 Κλιματικά χαρακτηριστικά

Αναφορικά με το κλίμα, η μεγάλη κλιματική ποικιλία που περιλαμβάνει από θαλάσσιο, μεσογειακό μέχρι και ορεινό κλίμα οφείλεται στη γεωγραφική θέση και το ανάγλυφο του διαμερίσματος. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 500 mm στη λεκάνη του Ασωπού μέχρι 1200 mm στα ορεινά τμήματα της λεκάνης του Σπερχειού και της Εύβοιας, ενώ οι ημέρες βροχής κυμαίνονται από 50 μέχρι 100 ετησίως. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στις λεκάνες απορροής του Σπερχειού και του Βοιωτικού Κηφισού εκτιμάται στα 905 mm και 765 mm αντίστοιχα.

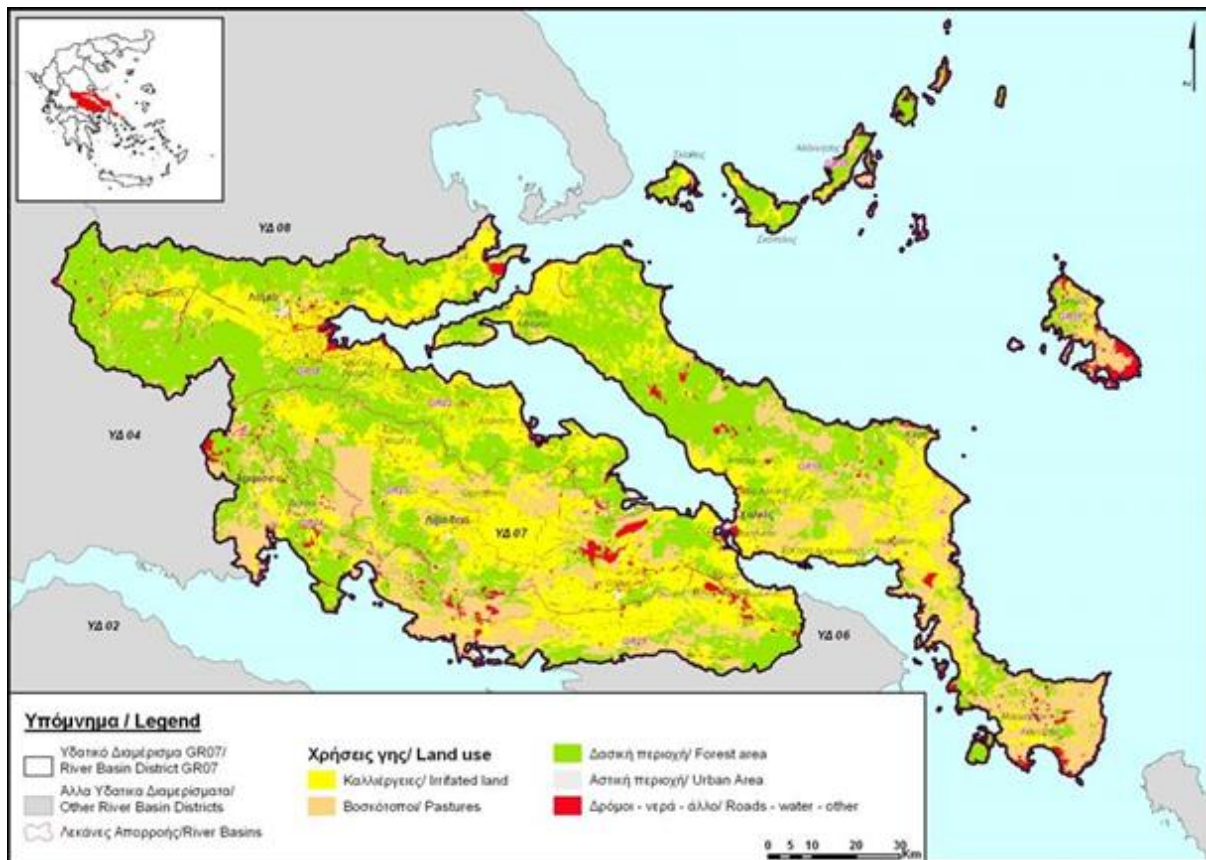
Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 11°C μέχρι 18°C, ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα. Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μέσες ετήσιες τιμές των μετεωρολογικών μεταβλητών στις θέσεις Σκύρος, Λαμία, Χαλκίδα και Κάρυστος.

Πίνακας 2.2: Μέσες ετήσιες τιμές μετεωρολογικών μεταβλητών Μετεωρολογικές μεταβλητές (Πηγή, ΕΜΥ)

Μετεωρολογική μεταβλητή	Λαμία	Χαλκίδα	Κάρυστος	Σκύρος
Θερμοκρασία (°C)	17.2	18.1	17.9	17.3
Βροχόπτωση (mm)	582	436	576	573
Ηλιοφάνεια (h)	2693	2452	-	2689
Σχετική υγρασία (%)	64	67	72	73
Ημέρες βροχής	85	63	50	74
Ημέρες με νέφωση	75	70	54	74
Ημέρες με χιόνι	3.6	2.8	3.2	3.3
Ημέρες με χαλάζι	0.4	1.1	0.8	3.3

2.1.4 Χρήσεις Γης

Οι χρήσεις γης του Υδατικού Διαμερίσματος, με την χρήση των ενοτήτων του Συστήματος Αναγνώρισης Αγροτεμαχίων, παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.3: Χρήσεις γης Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Πηγή: Σιδέρης κ.ά., 2013)

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.3, το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας είναι σε μεγάλο ποσοστό δασώδες (41% της συνολικής έκτασης), ενώ σημαντικό είναι το ποσοστό της συνολικής έκτασης που καλύπτεται από καλλιέργειες (32%) και βοσκοτόπους (22%). Σημειώνεται πως η λεκάνη απορροής Σπερχειού σε ποσοστό περίπου 60% της συνολικής έκτασης είναι δασώδης, και οι λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη κάλυψη σε καλλιέργειες (42% της συνολικής έκτασης) είναι του Βοιωτικού Κηφισού και της βορειοανατολικής Παραλίας Καλλίδρομου, ενώ ακολουθεί η λεκάνη απορροής του Ασωπού (36% της συνολικής έκτασης) (Σιδέρης κ.ά., 2013).

2.1.5 Κύριες χρήσεις νερού

Οι χρήσεις νερού στη περιοχή είναι οι εξής: ύδρευση, άρδευση, κτηνοτροφία και βιομηχανία. Στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, η σημαντικότερη ζήτηση αντιστοιχεί στην άρδευση. Οι ζητήσεις για την ύδρευση, την βιομηχανία και την κτηνοτροφία είναι σαφώς μικρότερες. Συνολικά για όλες τις χρήσεις νερού, η ετήσια ζήτηση ανέρχεται σε περίπου $882 \times 10^6 \text{ m}^3$, με τον κύριο όγκο να προέρχεται από την άρδευση, όπως προαναφέρθηκε, η οποία ανέρχεται σε $796 \times 10^6 \text{ m}^3$ (90.22%). Όσον αφορά στις υπόλοιπες χρήσεις, η ζήτηση για νερό

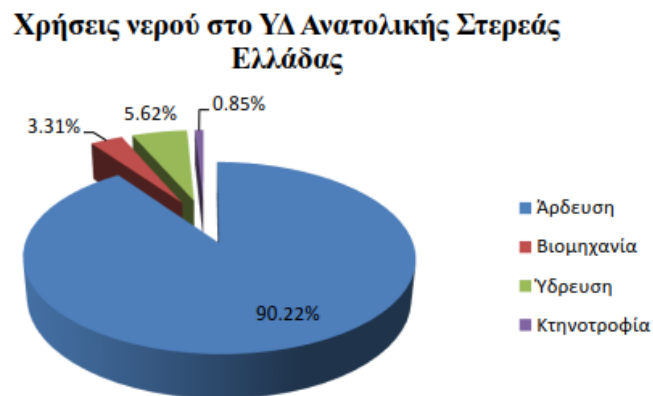
ύδρευσης διαμορφώνεται σε $49.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ (5.62%), για τη βιομηχανία σε $29.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ (3.31%) και για την κτηνοτροφία σε $0.746 \times 10^6 \text{ m}^3$ (0.85%) ανά έτος.

Στον Πίνακα 2.3 παρουσιάζεται η κατανομή των υδατικών αναγκών ανά χρήση για κάθε λεκάνη απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.

Πίνακας 2.3: Κατανομή υδατικών αναγκών (ανά χρήση) στις ΛΑΠ του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας ($\text{m}^3/\text{έτος}$)

ΛΑΠ	Υδατικές Ανάγκες	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Βιομηχανία
GR18	207878225	195037585	893366	9609804	2337470
GR19	128410071	105709331	2907486	16963165	2830090
GR22	70079399	66464370	370638	3006412	237978
GR23	384864387	359071275	1633164	10023337	14136611
GR24	17064457	13049127	276399	2416897	1322033
GR25	71378138	55919146	1206809	5953654	8298529
GR35	2656335	828932	175261	1637684	14457
Σύνολο	882331010	796079766	7463123	49610953	29177168

Στο Σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή κάθε χρήσης νερού.



Σχήμα 2.4: Κατανομή ζήτησης νερού ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Πηγή: Σιδέρης κ.ά., 2013)

Η σημαντικότερη ζήτηση νερού στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, αντιστοιχεί στην άρδευση, η οποία καλύπτεται κυρίως από επιφανειακά υδατικά συστήματα. Δεδομένου ότι οι αρδευθείσες εκτάσεις στο Υδατικό Διαμέρισμα το 2007 ήταν περίπου 1.3 εκατομμύρια στρέμματα, προκύπτει ότι η μέση κατανάλωση ανά στρέμμα ανέρχεται σε 612 m^3 . Ο μέσος βαθμός απόδοσης του Υδατικού Διαμερίσματος είναι, της τάξης του 0.75. Στον Πίνακα 2.4 παρουσιάζεται η κατανομή των υδατικών αναγκών για κάθε λεκάνη απορροής του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας με επιμερισμό σε επιφανειακά και σε

υπόγεια ύδατα, καθώς και οι ανάγκες που καλύπτονται από υδατικά σώματα εκτός Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.

Πίνακας 2.4: Επιμερισμός απώλησης σε χρήσεις, από τα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα (m³/έτος)

ΛΑΠ	Απόληψη	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Ανάγκες που καλύπτονται από υδατικά σώματα εκτός ΥΔ
GR18	Επιφανειακά	55061556	-	4211956	-	-
	Υπόγεια	139976029	893366	5397848	2337470	
GR19	Επιφανειακά	-	-	-	-	-
	Υπόγεια	105709331	2907486	16963165	2830090	
GR22	Επιφανειακά	-	-	-	-	-
	Υπόγεια	66464370	370638	3006412	237978	
GR23	Επιφανειακά	182784838	-	2505285	-	2505285
	Υπόγεια	176286437	1633164	7518052	14136611	
GR24	Επιφανειακά	-	-	511052	-	511052
	Υπόγεια	13049127	276399	1905844	1322033	
GR25	Επιφανειακά	4353358	-	2440984	-	2547317
	Υπόγεια	51565788	1206809	3512670	8298529	
GR35	Επιφανειακά	-	-	-	-	-
	Υπόγεια	828932	175261	1637685	14457	
Σύνολο	Επιφανειακά	242199752	-	9669277	-	5457320
	Υπόγεια	553880014	7463123	39941676	29177168	106333
		796079766	7463123	49610953	29177168	5563653

Η απόληψη υπόγειων υδάτων επιβαρύνει ιδιαίτερα τα συστήματα υπόγειων υδάτων, επηρεάζοντας την ποιοτική και ποσοτική τους κατάσταση. Στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας στο οποίο υφίστανται αξιόλογα υπόγεια συστήματα νερού, αυτή η πίεση έχει καταγραφεί ως καθοριστική για την τρέχουσα κατάστασή τους. Σημειώνεται ότι η πίεση είναι συνήθως αντιστρόφως ανάλογη τόσο της δυναμικότητας όσο και της ικανότητας αναπλήρωσης αποθεμάτων. Τα πιο δυναμικά συστήματα υπόγειων υδάτων στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα βρίσκονται στα βουνά και πιο συγκεκριμένα στο δυτικό τμήμα της περιοχής (Γκιώνα, Παρνασσός). Εκεί αναπτύσσονται, καρστικοί υδροφορείς οι οποίοι τροφοδοτούνται από αυξημένη βροχόπτωση μέσου ετήσιου ύψους έως 1200 mm. Αυτά τα συστήματα δέχονται σημαντικά μειωμένες πιέσεις λόγω του μεγάλου υψομέτρου καθώς και λόγω των περιορισμένων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και της ζήτησης νερού. Αντίθετα, τα συστήματα υπόγειων υδάτων που αναπτύσσονται στα πεδινά βρίσκονται κυρίως στο ανατολικό τμήμα του

διαμερίσματος, όπου η βροχόπτωση μειώνεται (600 mm σε μέση ετήσια βάση) και η ανατροφοδότησή τους είναι περιορισμένη. Επιπλέον, αυτά τα συστήματα δέχονται σημαντική πίεση από την άντληση νερού επειδή βρίσκονται κοντά περιοχές με αυξημένη ζήτηση λόγω της εντατικής γεωργίας, των αστικών περιοχών (Λαμία, Θήβα κ.λπ.) και της δραστηριότητας του δευτερογενούς τομέα.

Λόγω της ποικιλομορφίας που συναντάται στο ανάγλυφο και της περίπλοκης γεωλογικής δομής της περιοχής, οι συνθήκες στην Εύβοια είναι διαφορετικές. Τα πιο δυναμικά συστήματα υπόγειων υδάτων αναπτύσσονται στα βουνά που αποτελούν το κεντρικό τμήμα του νησιού (Δίρφυς, Όλυμπος), αλλά σε αυτά ασκούνται σημαντικές πιέσεις λόγω εξόρυξης σε περιοχές στην κεντρική (λεκάνη απορροής ποταμού Μεσσαπί, Χαλκίδα) και στη βόρεια Εύβοια (Ιστιαία).

Στη λεκάνη των Σποράδων, οι καταγεγραμμένες πιέσεις είναι γενικά μικρές, ωστόσο η ισορροπία εισροής-εκροής είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε αλλαγές λόγω της υψηλής ευπάθειας των συστημάτων (Σιδέρης κ.ά., 2013).

2.2 Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού

2.2.1 Γεωγραφικά στοιχεία

Κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Σπερχειού εκτείνεται ένας διαμήκης άξονας, υπό μορφή στενής τάφρου στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα, γεμάτη με λάσπη, σχηματίζοντας έτσι την Λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού. Το μήκος του ποταμού Σπερχειού είναι 82.5 km και η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του είναι 1641.01 km².

Από διοικητική άποψη, η λεκάνη του Σπερχειού ανήκει στο Νομό Φθιώτιδας, όπου υπάρχει η έδρα της περιφερειακής ενότητας Στερεάς Ελλάδας με πρωτεύουσα την πόλη της Λαμίας. Μερικές από τις κύριες πόλεις γύρω από τη λεκάνη είναι οι εξής: Λαμία, Στυλίδα, Μακρακώμη, Σπερχειάδα, Υπάτη, Γοργοπόταμος, Θερμοπύλες και τα Καμένα Βούρλα.

Ο ποταμός πηγάζει από τον Τυμφρηστό (2312 m), την Όρθρυ, την Οίτη, τα Βαρδούσια, και το Καλλίδρομο και εκβάλλει στον Μαλιακό κόλπο, όπου σχηματίζει το δέλτα του. Ο ποταμός έχει μία κύρια κοίτη οι οποίες χωρίζεται σε τρεις μικρότερες κοίτες κατά την εκβολή του, την παλιά κοίτη του ποταμού, τη νεότερη κοίτη του ποταμού και την εκτροπή του. Κατά μέσο όρο, η λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται από απότομες πλαγιές με μέση κλίση 33%. Παλαιότερες μελέτες στην περιοχή επισημαίνουν ότι το μήκος της κεντρικής κοίτης είναι 80 km και η μέση κλίση του κυμαίνεται από 5% στο Δέλτα ως 13% στο ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής (Κακαβάς, 1984).

Το Δέλτα του ποταμού Σπερχειού καλύπτει έκταση 110 km² και γεωγραφικά βρίσκεται στις συντεταγμένες 23°30' γεωγραφικό μήκος και 38°50' γεωγραφικό πλάτος. Βρίσκεται περίπου 4 km ανατολικά του οικισμού Ανθήλη και νοτιοανατολικά της πόλης της Λαμίας. Είναι το 4^ο μεγαλύτερο δέλτα στην ακτή του Αιγαίου και το 6^ο μεγαλύτερο στην Ελλάδα, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για την παρουσία και ανάπτυξη φυσικών οικοσυστημάτων και έχει ενταχθεί στο δίκτυο NATURA 2000, με τον κωδικό GR2440002 (Ευθυμίου κ.ά., 2005).

Ένα πυκνό σύστημα αγροτικών και επαρχιακών δρόμων κάλυψε ολόκληρη την περιοχή. Η παλαιά και νέα εθνική οδός Αθηνών - Θεσσαλονίκης διασχίζει ολόκληρη την περιοχή σχεδόν εγκάρσια προς τα ανατολικά. Στη βόρεια πλευρά, το σύστημα αυτό εκτείνεται κατά μήκος της οδού Λαμίας-Καρπενησίου. Επιπλέον, η σιδηροδρομική γραμμή Αθηνών-Θεσσαλονίκης

διασχίζει το κέντρο της λεκάνης. Στη γύρω περιοχή, οι κύριες καλλιέργειες είναι δημητριακά, καπνός, βαμβάκι, οπωροφόρα δέντρα και ελιές.

2.2.2 Μορφολογικά στοιχεία

Ουσιαστικά δύο οροσειρές περικλείουν κατά κύριο λόγο τη λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού. Οι ψηλότερες κορυφογραμμές βρίσκονται κατά μήκος του νότιου και δυτικού-βορειοδυτικού ορίου, των Βαρδουσίων (2437 m), της Οίτης (2152 m) και του Τυμφρηστού (2316 m). Στο νοτιοανατολικό άκρο του υδροκρίτη βρίσκεται το όρος Καλλίδρομο (1372 m), ενώ ο υδροκρίτης του βόρειου και βορειοανατολικού άκρου σχηματίζεται από αντερείσματα του όρους Όρθρος (1727 m) (Κακαβάς, 1984).

Οι κύριοι ορογραφικοί άξονες του Τυμφρηστού, της Οίτης και του Καλλίδρομου έχουν διεύθυνση περίπου βορειοδυτικά-νοτιοανατολικά. Κατά συνέπεια αυτός ο προσανατολισμός των ορογραφικών αξόνων, έχει αρκετά μεγάλο αντίκτυπο στην κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και των υπολοίπων κλιματικών στοιχείων. Προς τα νότια το μορφολογικό ανάγλυφο είναι ιδιαίτερα απότομο, όπου σε μια μικρή σχετικά απόσταση, παρουσιάζει υψομετρική διαφορά ακόμα και 300 m, ενώ βόρεια παρουσιάζεται πιο ήπιο και χαμηλό. Η μορφολογία της λεκάνης είναι επίπεδη έως λοφώδης με υψόμετρα που κυμαίνονται, από 0 έως 100 m, ενώ περιμετρικά φθάνουν και τα 200 m.

Όσον αφορά τα περιθώρια της λεκάνης, στο μεν Βόρειο τμήμα της (όρος Όρθρος) παρατηρούνται υψόμετρα μέχρι 1200 m με μικρές και ομαλές κλίσεις, ενώ στο Νότιο (όρος Οίτη) παρατηρούνται υψόμετρα μέχρι 2100 m, με έντονο ανάγλυφο και βαθιές χαραδρώσεις. Οι μικρές και μεγάλες χαραδρώσεις που συναντώνται στην περιοχή και κυρίως στα περιθώρια της λεκάνης, έχουν διεύθυνση βόρεια προς νότια και αντίστροφα και τροφοδοτούν τον ποταμό Σπερχειό.

Τα όρια της λεκάνης, είναι σαφώς προσδιορισμένα, στο ορεινό τμήμα του υδροκρίτη προς τις γειτονικές λεκάνες που είναι, προς τα βόρεια οι λεκάνες των νοτίων παραποτάμων του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας, προς τα νότια η λεκάνη του Μόρνου και του Βοιωτικού Κηφισού και προς τα δυτικά οι υπολεκάνες που συμβάλουν στον Αχελώο ποταμό. Προς τα ανατολικά η λεκάνη του Σπερχειού είναι ανοικτή προς τη θάλασσα και ορίζεται από τον Μαλιακό κόλπο και τις μικρές υπολεκάνες βόρεια και νότια του Μαλιακού κόλπου. Η τεκτονική τάφρος του Σπερχειού είναι ένα βύθισμα με διεύθυνση δυτικά - ανατολικά και με μεταβλητό πλάτος από 3 έως 12 km, σε μια απόσταση 50 km περίπου μέχρι τον Μαλιακό κόλπο. Αυτή η τάφρος είναι γεμάτη με ιζήματα ολοκαινικής και πλειστοκαινικής ηλικίας και τέμνει τον φλύσχη της Πίνδου, τους γεωλογικούς σχηματισμούς της δυτικής Όρθρος και τον φλύσχη και τους ασβεστόλιθους της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας (Ψωμιάδης, 2010).

2.2.3 Γεωλογικά-τεκτονικά στοιχεία

Η λεκάνη Σπερχειού είναι αρκετά εκτεταμένη. Αρχίζει από το Μαλιακό κόλπο και εκτείνεται μέχρι τις παρυφές του όρους Τυμφρηστός. Γεωτεκτονικά, στην ευρύτερη περιοχή παρατηρούνται τέσσερις ενότητες του Αλπικού ορογενετικού κύκλου. Βόρεια και νοτιοανατολικά παρατηρείται η Υποπελαγονική ενότητα, στο κέντρο και νότια η ενότητα Παρνασσού-Γκιώνας και δυτικά η ενότητα της Πίνδου και η Υπερπινδική. Στο νότιο-νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής οι παραπάνω γεωτεκτονικές ενότητες βρίσκονται σε τεκτονική επαφή είτε με επώθηση είτε με εφίππευση.

Αφαιρώντας τα μεταλλικά ιζήματα, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης το καταλαμβάνουν οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής ενότητας οι οποίοι αποτελούν και το υπόβαθρο αυτής. Δυτικά, παρατηρείται σαν υπόβαθρο της λεκάνης, σε μια στενή λωρίδα, η ενότητα Παρνασσού-Γκιώνας και δυτικότερα, σε ένα πολύ μικρό τμήμα της, η ενότητα της Πίνδου.

Η δημιουργία της λεκάνης Σπερχειού είναι αποτέλεσμα, μεταγενέστερων του Αλπικού ορογενετικού κύκλου, τεκτονικών κινήσεων, κυρίως ρηγμάτων διεύθυνσης βορρά-νότου και ανατολής-δύσης. Στη συνέχεια, πληρώθηκε με κλαστικά ιζήματα που προήλθαν από τη διάβρωση των σχηματισμών του υποβάθρου.

- Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Ολόκληρη η λεκάνη Σπερχειού καλύπτεται από Τεταρτογενείς σχηματισμούς, οι οποίοι συνίστανται από ποτάμιες και χερσαίες αποθέσεις όπως αργίλους, άμμους, κροκαλοπαγή, κώνους κορημάτων, χειμαρρώδεις αποθέσεις και λατυποπαγή που η σύσταση και η εξάπλωσή τους είναι συνάρτηση των παρακείμενων ή υποκείμενων παλαιότερων σχηματισμών.

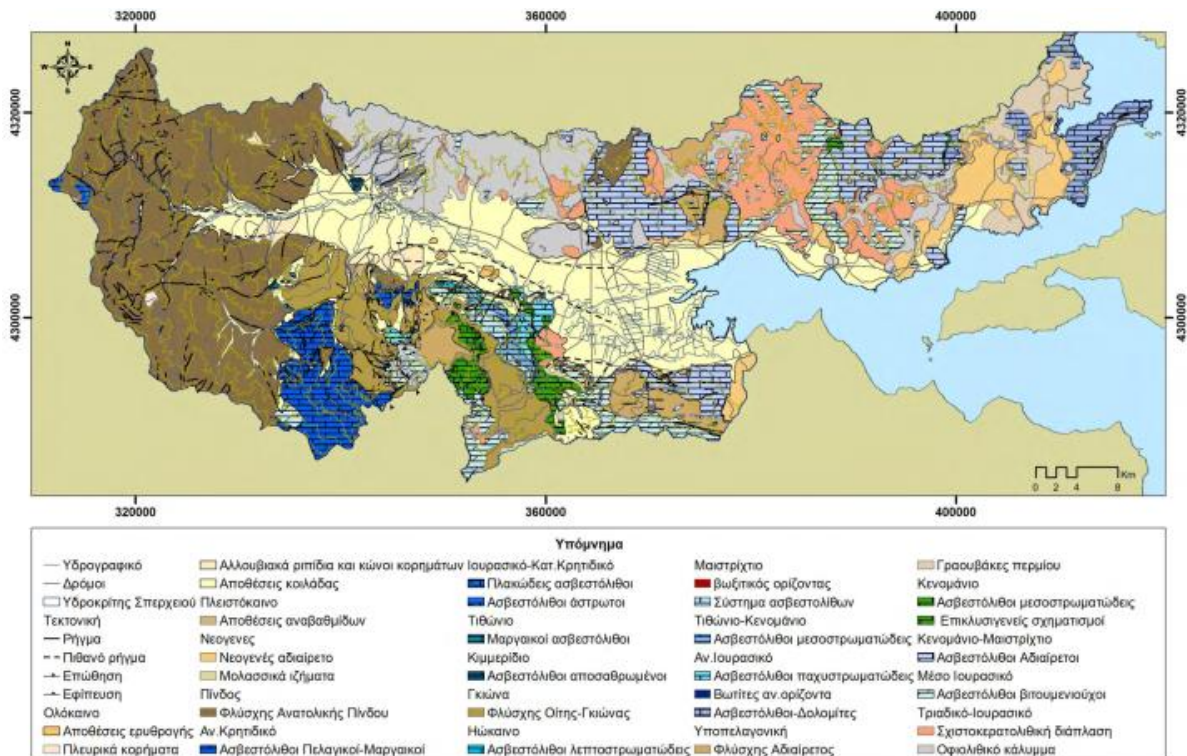
Στις περιοχές που παρατηρούνται θερμές εκδηλώσεις, παρατηρείται απόθεση ασβεστόλιθων θερμών πηγών (τραβερίνης). Επίσης, κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς, εκδηλώθηκε ηφαιστειακή δραστηριότητα στην Ανατολική περιοχή του βυθίσματος της λεκάνης, στα μικρά νησιά των Λιχάδων. Τα ηφαιστειακά πετρώματα είναι βασαλτικής έως δακιτικής σύστασης και είναι αποτέλεσμα μεγάλων και βαθιών ρηγμάτων. Εκδηλώνονται κυρίως στη διασταύρωση των δύο διευθύνσεων των ρηγμάτων ανατολικά προς δυτικά και βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά.

- Νεογενείς σχηματισμοί

Τα Νεογενή ιζήματα, ηπειρωτικά, λιμναία ή θαλάσσια, που εμφανίζονται στο βορειοανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης του Σπερχειού και κυρίως στα περιθώρια, αποτελούνται από συνεκτική μάργα, ιλυολίθους, αργίλους, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με μικρές λιγνιτικές παρεμβολές. Οι σχηματισμοί αυτοί με βάση τα απολιθώματα που βρέθηκαν, τοποθετούνται στο Ανώτερο Μειόκαινο-Πλειόκαινο.

- Σχηματισμοί υποβάθρου

Οι σχηματισμοί του υποβάθρου αποτελούνται κύρια από σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους, δολομίτες, οφιολίθους, σχιστοκερατολίθους και φλύσχη. Στο γεωλογικό χάρτη του Σχήματος 2.5 φαίνονται οι σχηματισμοί και η εξάπλωσή τους.



Σχήμα 2.5 : Γεωλογικός χάρτης λεκάνης απορροής Σπερχειού, κλίμακας 1:50000 (Πηγή: ΙΓΜΕ 2010)

Η γεωλογική δομή της λεκάνης απορροής του Σπερχειού έχει επηρεασθεί από την πτυχαιοσιχωγενή και ρηξιγενή τεκτονική. Η κύρια διεύθυνση του υδρογραφικού δικτύου ελέγχεται από την ρηξιγενή, ενώ πολλοί παραπόταμοι, ιδιαίτερα στο δυτικό ήμισυ της λεκάνης, ελέγχονται από την πτυχωσιγενή τεκτονική του φλύσχη (Ferriere, 1977).

Στην περιοχή αυτή παρατηρούνται οι γεωτεκτονικές ζώνες της Πίνδου (εξωτερική) στο δυτικό τμήμα της λεκάνης του Σπερχειού, του Παρνασσού (εσωτερική) στο νότιο - κεντρικό τμήμα της λεκάνης, της Βοιωτίας (εσωτερική) στο κεντρικό, της Ανατολικής Ελλάδος (εσωτερική) και της Υποπελαγονικής (εσωτερική) στο νότιο-ανατολικό και της Μαλιακής (εσωτερικής) στο βόρειο και βόρειο-ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Σπερχειού. Συνεπώς, εμφανίζεται ένα εκτεταμένο τεκτονικό κάλυμμα των Εσωτερικών Ελληνίδων, επωθημένο στις εξωτερικές Ανώτερου Ηώκαινικής-Ολιγοκαινικής ηλικίας (Παπανικολάου, 1986). Κατά το Νεογενές παρατηρείται έντονη διάβρωση του νεοδημιουργημένου ανάγλυφου στην περιοχή του Σπερχειού. Η περιοχή πιθανόν να αποστραγγίζονταν προς τα ανατολικά, λόγω της ύπαρξης γλωσσοειδούς θαλάσσιας διείδυσης στην περιοχή του σημερινού Μαλιακού κόλπου (Dermitzakis & Papanikolaou, 1981). Προς το τέλος του Νεογενούς ο ρηξιγενής τεκτονισμός που ακολούθησε δημιούργησε το βύθισμα που επηρέασε την εξέλιξη της κεντρικής κοίτης του Σπερχειού και του Μαλιακού κόλπου. Ο ρηγματογόνος τεκτονισμός, ο οποίος συνεχίζεται στο Τεταρτογενές έως σήμερα (Κακαβάς 1984), αποδεικνύεται από το πολύ έντονο ανάγλυφο του νότιου τμήματος της λεκάνης (περιοχή Οίτης Καλλιδρομου) και τις πολύ ανώμαλες κατά μήκος τομές των κυριότερων παραποτάμων του Σπερχειού που βρίσκονται σ' αυτήν την περιοχή (Maroukian & Zamani, 1984). Το μεγάλο πάχος (2000-2500 m) των παραποταμοχειμάρριων ιζημάτων στην προσχωσιγενή πεδιάδα του Σπερχειού και η ύπαρξη μεγάλων ρηγμάτων συνηγορούν για την έντονη νεοτεκτονική δράση στην περιοχή, που υπερβαίνει σε συνολικό κατακόρυφο άλμα τα 4000 m στην περιοχή της Οίτης (Maroukian & Lagios, 1987).

2.2.4 Υδρογεωλογικά στοιχεία

Τα πετρώματα του υποβάθρου της λεκάνης Σπερχειού συνίστανται από σχιστόλιθους, ασβεστόλιθους, δολομίτες, οφιολίθους-σχιστοκερατολίθους και από φλύσχη. Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των παραπάνω σχηματισμών είναι συνάρτηση κυρίως του βαθμού της τεκτονικής καταπόνησής τους και του πετρογραφικού χαρακτήρα των σχηματισμών.

Τα πετρώματα του υποβάθρου διαχωρίζονται υδρογεωλογικά σε περατούς σχηματισμούς (ασβεστόλιθοι-δολομίτες), σε ημιπερατούς (ιζήματα φλύσχη) και αδιαπέρατους σχηματισμούς (σχιστόλιθοι, οφιολίθοι, σχιστοκερατόλιθοι). Οι περατοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή είναι Μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες του Κρητιδικού και Ιουρασικού της Υποπελαγονικής ενότητας καθώς και της ενότητας Παρνασσού-Γκιώνας. Οι αντίστοιχοι των Δυτικών ενότητων, Πίνδου και Υπερπινδικής εκτιμάται ότι βρίσκονται σε μεγάλο βάθος κάτω από τον φλύσχη. Οι ασβεστόλιθοι του Αν. Κρητιδικού της Υποπελαγονικής και της ενότητας Παρνασσού-Γκιώνας, εξαιτίας των έντονων και μεγάλου ανοίγματος διακλάσεων και των συχνών διελεύσεων νερού, πολλές φορές διαμόρφωσαν καρστικά έγκοιλα σε διάφορες θέσεις. Στα πρηνή των ασβεστόλιθων αυτών παρατηρούνται πολλές κρύες και ζεστές πηγές με μεγάλη παροχή νερού. Οι ασβεστόλιθοι και δολομίτες του Τριαδικού-Ιουρασικού, της Υποπελαγονικής ζώνης, εμφανίζονται στα ανατολικά περιθώρια και αποτελούν το υπόβαθρο των οφιολίθων σχιστοκερατολίθων. Η καρστικοποίηση σ' αυτούς είναι τόσο έντονη ώστε η παροχή των θερμών πηγών που παρατηρούνται σ' αυτούς να είναι πολύ μεγάλη.

Οι Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι της ενότητας Παρνασσού-Γκιώνας εμφανίζονται στα ΝΔ περιθώρια της λεκάνης και εξ αιτίας της έντονης τεκτονικής καταπόνησης και των συχνών διακλάσεων, διαμορφώθηκαν σε ένα σημαντικό υδροπερατό σχηματισμό. Στα πρηνή των σχηματισμών αυτών παρατηρούνται πολλές και σημαντικές πηγές.

Οι ημιπερατοί σχηματισμοί συνίστανται από τα ιζήματα του φλύσχη και καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση νότια - νοτιοδυτικά και κυρίως δυτικά. Το πάχος των ιζημάτων του φλύσχη εμφανίζεται σχετικά μικρό. Στην Υποπελαγονική ενότητα είναι περίπου 100 m και στην ενότητα Παρνασσού-Γκιώνας 300 m. Σε αντίθεση, στις ενότητες Πίνδου και Υπερπινδική το πάχος ξεπερνά τα 4000 m. Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών είναι περιορισμένη και παρατηρείται σε εξαλωιωμένες ζώνες ή περιοχές με έντονη τεκτονική καταπόνηση. Οι πηγές που εμφανίζονται στους σχηματισμούς του φλύσχη είναι αποτέλεσμα των ρηγμάτων που παρατηρούνται. Μεγάλη έκταση καταλαμβάνουν οι οφιολίθοι-σχιστοκερατόλιθοι, στα περιθώρια και στο υπόβαθρο της λεκάνης, όπου αυτοί σχηματίζουν ένα στεγανό κάλυμμα των υποκείμενων ασβεστόλιθων-δολομιτών της Υποπελαγονικής ενότητας. Το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφανειακής απορροής στη λεκάνη, οφείλεται στην μεγάλη έκταση που καταλαμβάνουν οι ημιπερατοί (φλύσχη) και μη περατοί (οφιολίθοι-σχιστοκερατόλιθοι) σχηματισμοί. Τα ιζήματα που πλήρωσαν τη λεκάνη συνίστανται κυρίως από άμμους, αργίλους, ιλύες, κροκαλοπαγή, κώνους κορημάτων κ.ά. Η σύστασή τους είναι συνάρτηση των σχηματισμών του υποβάθρου που υπόκειται ή βρίσκεται παραπλεύρως, ενώ το μέγεθος των κόκκων είναι συνάρτηση της απόστασης μεταφοράς. Ο Σπερχειός ποταμός που πηγάζει από τις Δυτικές ζώνες, διατρέχει όλη τη λεκάνη και εκβάλλει στο Μαλιακό κόλπο. Αποτέλεσε ένα σημαντικό παράγοντα στη μεταφορά και απόθεση κλαστικών υλικών. Οι εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν άμεσα την απόθεση των κλαστικών ιζημάτων. Παρατηρείται ότι τα πλέον αδρομερή υλικά αποτίθενται στο δυτικό τμήμα της λεκάνης και τα λεπτομερέστερα στο ανατολικό. Το πάχος των ιζημάτων είναι μικρότερο στο Δυτικό τμήμα,

στις παρυφές των βουνών και στις περιοχές που παρατηρούνται υβώματα ή εξάρματα και μεγαλύτερο στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης. Επομένως, οι σχηματισμοί χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες που είναι: αδιαπέρατοι, ημιπερατοί, προσχωματικοί και καρστικοί (Σωτηροπούλου, 2012).

2.2.5 Κλιματικά στοιχεία

Το κλίμα στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ανήκει στην υποτροπική μεσογειακή ζώνη με τις θερμές και ξηρές (άνομβρες) περιόδους να αρχίζουν στα τέλη της Άνοιξης και να διαρκούν το καλοκαίρι μέχρι και τις αρχές του φθινοπώρου και τις βροχερές περιόδους να συμβαίνουν από τα μέσα του φθινοπώρου, το χειμώνα και τις αρχές της άνοιξης (Ζαμπάκας, 1981, Poulos et al., 1997, Ευθυμίου κ.ά., 2005). Ειδικότερα στον Μαλιακό κόλπο το κλίμα χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό, ενώ στο εσωτερικό είναι πεδινό ηπειρωτικό στην κοιλάδα του Σπερχειού και ορεινό ηπειρωτικό με ψυχρό και δριμύ χειμώνα σε περιοχές με υψόμετρο πάνω από 500 m.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με τα δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Λαμίας (ύψος σταθμού 166.8 m, μήκος/πλάτος: 23°01/36°08), που λόγω της θέσης του επηρεάζει περισσότερο την περιοχή μελέτης.

Συγκεκριμένα, οι συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και ολικού ύψους βροχής δίνονται στον Πίνακα 2.5 όπου παρατηρείται η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την διάρκεια του χρόνου (Ξηρού, 2014).

Πίνακας 2.5: Μετεωρολογικά στοιχεία σταθμού Λαμίας για το χρονικό διάστημα 1970-1997 (Πηγή: EMY)

Μήνας	Μέση Θερμοκρασία (°C)	Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)	Ολικό Ύψος Υετού (mm)
Ιανουάριος	7.1	11.6	3.5	76.5	64.4
Φεβρουάριος	8.0	12.6	3.9	74.5	65.2
Μάρτιος	10.5	15.3	5.9	71.5	60.9
Απρίλιος	14.8	20.0	9.3	65.0	46.0
Μάιος	20.1	25.4	13.8	59.1	34.1
Ιούνιος	25.3	30.8	18.0	49.9	22.4
Ιούλιος	26.9	32.3	19.7	50.0	18.8
Αύγουστος	25.9	31.6	19.1	54.2	27.0
Σεπτέμβριος	22.4	28.5	16.2	59.7	17.4
Οκτώβριος	16.9	22.4	12.0	70.4	71.4
Νοέμβριος	11.8	16.7	7.9	75.5	72.9
Δεκέμβριος	8.3	12.9	4.7	76.8	73.3

2.2.6 Αντιπλημμυρικά έργα

Κάποια από τα εκτελεσθέντα μέχρι σήμερα αντιπλημμυρικά έργα στην ευρύτερη λεκάνη, είναι τα εξής:

- Το 1957-58 πραγματοποιήθηκε η διάνοιξη της νέας τεχνητής κοίτης του Σπερχειού, με παροχή 300 m³/s και ολικό πλάτος κοίτης πλημμυρών περίπου 60 m. Η νέα τεχνητή κοίτη, λεγόμενη και Εκτροπή Σπερχειού, έχει μήκος 9 km, αρχίζει στο ύψος της γέφυρας της παλαιάς Εθνικής οδού κοντά στο χωριό Κόμμα, και καταλήγει ευθύγραμμα στη θάλασσα, χωρίς να ακολουθεί το μεγάλο τόξο που διαγράφει ο Σπερχειός μετά τη στροφή του προς την παλαιά του φυσική κοίτη, της Αλαμάνας, αμέσως ανάντη της νέας Εθνικής Οδού. Η εκτροπή Σπερχειού είχε σαν σκοπό να απαλλάσσει την κοίτη της Αλαμάνας από το μεγαλύτερο μέρος των πλημμυρικών υδάτων που φθάνουν στο χωριό Κόμμα, και να το οδηγεί μέσω της συντομότερης οδού στη θάλασσα. Επί της νέας αυτής κοίτης έχουν κατασκευασθεί δύο καταβαθμοί και δύο γέφυρες, η πρώτη επί της Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας και η δεύτερη σε αγροτικό δρόμο κοντά στο χωριό Ροδίτσα.
- Η διάνοιξη της Τάφρου Λαμίας, γνωστής και ως Γερμανικής τάφρου, που είχε αρχίσει να διανοίγεται πριν από το τέλος του τελευταίου Πολέμου (1944). Η Τάφρος αυτή ακολουθεί τη γραμμή των χαμηλών υψομέτρων εδάφους ανάμεσα στο Λειανοκλάδι και στη νέα Εθνική οδό, διασχίζει την περιοχή του δικτύου Ανθήλης-Μεγάλης Βρύσης, ακολουθεί πορεία παράλληλη με την Νέα Εκτροπή του Σπερχειού, και εκβάλλει στο Μαλιακό κόλπο κοντά στο σημείο εκβολής της Νέας Εκτροπής Σπερχειού. Η τάφρος Λαμίας δεν αποχετεύει μόνο τα νερά που προκαλούν οι κατακλύσεις στη χαμηλή περιοχή της κοιλάδας του Σπερχειού από το χωριό Κομποτάδες έως τη θάλασσα, αλλά δέχεται και τη συμβολή των πλημμυρικών υδάτων απ' τους Βορεινούς λόφους και κυρίως από τη λεκάνη του χειμάρρου Ξηριά Λαμίας.
- Ο εγκιβωτισμός του Σπερχειού ποταμού μεταξύ της Σιδηροδρομικής Γεφύρας και της γέφυρας κοντά στο χωριό Κόμμα, που πραγματοποιήθηκε την 10ετία του 1950. Αποτελείται από ένα συνεχές αριστερό ανάχωμα σε μήκος 5 km περίπου, καθώς και από ένα δεξιό ανάχωμα, το οποίο όμως διακόπτεται στη συμβολή του Γοργοποτάμου. Το αριστερό ανάχωμα περιλαμβάνει ένα σημείο εσκεμμένης θραύσης, για την περίπτωση εξαιρετικά μεγάλων πλημμυρών και βρίσκεται σε απόσταση 700 m κατάντη της σιδηροδρομικής γέφυρας.
- Ορισμένα σποραδικά προστατευτικά αναχώματα στα ανάντη της σιδηροδρομικής γέφυρας και στην κοίτη της Αλαμάνας, τα οποία έχουν σκοπό να εξασφαλίζουν τοπική προστασία των πεδινών εκτάσεων της λεκάνης.
- Ο εγκιβωτισμός της κοίτης του ποταμού Ίναχου (Βίστριτσα), σε όλο το μήκος απ' τον Άγιο Σώστη μέχρι το Καστρί, μέσα σε ισχυρά υψηλά αναχώματα. Ο εγκιβωτισμός αυτός πραγματοποιήθηκε κατά τη δεκαετία του 1970 και έχει σαν σκοπό να μεταφέρει όλη την παροχή του Ίναχου, έτσι ώστε να απαλλάξει τον υπόλοιπο κώνο από τις πλημμύρες και τις αποθέσεις φερτών υλών.
- Τα έτη 1980-1981 έγιναν έργα συντηρήσεως, δηλαδή καθαρισμού, εκβαθύνσεως και διαπλατύνσεως της παλαιάς και της νέας κοίτης του Σπερχειού, καθώς και καθαρισμού των μπαγκινών από την υδροχαρή βλάστηση. Παρόμοια έργα εκτελέστηκαν στο τμήμα του Σπερχειού από τη σιδηροδρομική γραμμή μέχρι το ύψος του χωριού Αμούρι, και ανάντη αυτού μέχρι τη γέφυρα Λουτρών Υπάτης.
- Την περίοδο 2000-2001 πραγματοποιήθηκε νέα διαπλάτυνση της νέας τεχνητής κοίτης του Σπερχειού και πλέον το πλάτος της φτάνει τα 90 m.

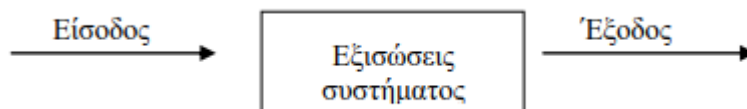
- Το 2007 ξεκίνησε η κατασκευή νέου μεριστή στο σημείο αφετηρίας του υπερχειλιστή του Σπερχειού (νέα κοίτη) και κατασκευή πολλαπλών οχετών κάτω από το έργο της νέας σιδηροδρομικής γραμμής, με σκοπό να διασφαλιστούν η νέα διπλή σιδηροδρομική γραμμή, η νέα ΠΑΘΕ, καθώς και οι οικισμοί της Ανθήλης, Μοσχοχωρίου και Κόμματος από κατάκλιση σε περιόδους υψηλής παροχής του Σπερχειού ποταμού (Ξηρού, 2014).

3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΗΣ GR2M

3.1 Ορισμός μοντέλου Βροχόπτωσης-Απορροής

Ως μοντέλο βροχόπτωσης-απορροής ορίζεται ένα σύνολο μαθηματικών σχέσεων, είτε λογικών σχέσεων είτε, διαφορικών είτε αλγεβρικών εξισώσεων, που συσχετίζουν τη βροχόπτωση με την απορροή (Ναλμπάντης, 2007). Η αναπαράσταση των υδρολογικών διεργασιών μιας λεκάνης απορροής για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο ονομάζεται υδρολογική προσομοίωση. Η προσομοίωση ορίζεται ως η τεχνική μίμησης της συμπεριφοράς ενός πραγματικού συστήματος σε ό,τι αφορά στη χρονική του εξέλιξη.

Σχηματικά ένα υδρολογικό μοντέλο αναπαρίσταται όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1:



Σχήμα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση υδρολογικού μοντέλου.

Ως δεδομένα εισόδου συνήθως εμφανίζονται διάφορες μετεωρολογικές μεταβλητές όπως, τα κατακρημνίσματα, η ταχύτητα ανέμου, η θερμοκρασία αέρα κλπ. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων που απεικονίζουν τις φυσικές διαδικασίες μετατροπής της βροχόπτωσης σε απορροή (κατακράτηση, εξατμισοδιαπνοή διήθηση κλπ.). Τα τελευταία χρόνια, το αυξημένο ενδιαφέρον για τη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, οδήγησε στην εισαγωγή στα υδρολογικά μοντέλα, αλγορίθμων προσομοίωσης χημικών διεργασιών. Τέλος αυτό που προκύπτει από τη συνδυασμένη χρήση όλων αυτών των εξισώσεων είναι η απορροή που αποτελεί και το ζητούμενο στοιχείο εξόδου (Τσακίρης, 1995).

3.2 Γενική ταξινόμηση μοντέλων

Τα μοντέλα βροχόπτωσης-απορροής ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες. Η ταξινόμηση αυτή γίνεται βάσει κάποιων κριτηρίων. Τέτοια κριτήρια είναι το είδος των εξισώσεων που περιλαμβάνουν, το χρονικό τους βήμα, η λειτουργία τους σε πραγματικό χρόνο, η χωρική μεταβλητότητα διεργασιών, ο χειρισμός της αβεβαιότητας, κλπ.

Τα μοντέλα ανάλογα με τη λειτουργία τους σε σχέση με το χρόνο διαχωρίζονται σε μοντέλα συνεχούς χρόνου (continuous time) και μοντέλα υδρολογικού γεγονότος (event-based). Το πρώτο είδος μοντέλου αναπαριστά την πλήρη χρονική εξέλιξη των υδρολογικών διεργασιών (σε υγρές και ξηρές περιόδους), ενώ στη δεύτερη περίπτωση το μοντέλο λειτουργεί ανά πλημμυρικό γεγονός όπου αναπαράγει μόνο τις κύριες φυσικές διεργασίες των πλημμυρών. Ο δεύτερος διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με τη χωρική μεταβλητότητα των διεργασιών και τα μοντέλα διαχωρίζονται σε αδιαμέριστα και κατανεμημένα. Στα μεν πρώτα η λεκάνη ορίζεται ως χωρική ενότητα με ενιαία υδρολογικά μεγέθη και άλλα χαρακτηριστικά, ενώ στα δευτέρα

η λεκάνη διασπάται σε τμήματα με διαφορετικά υδρολογικά μεγέθη και άλλα χαρακτηριστικά. Τα μοντέλα βροχοπτώσης-απορροής μπορούν να ταξινομηθούν με βάση ακόμη δύο κριτήρια:

- 1) Το κριτήριο του είδους των εξισώσεων.
- 2) Το κριτήριο χειρισμού αβεβαιότητας.

Σύμφωνα με το πρώτο κριτήριο, αυτά χωρίζονται σε μοντέλα «μαύρου κουτιού» (black box), εννοιολογικά μοντέλα (conceptual) και μοντέλα φυσικής βάσης (physics-based). Το πρώτο είδος μοντέλου, χρησιμοποιεί σχέσεις της θεωρίας της ανάλυσης συστημάτων χωρίς θεώρηση φυσικών νόμων ούτε και εμπειρικών σχέσεων. Το δεύτερο είδος χρησιμοποιεί μαθηματικές σχέσεις που έχουν καταρτιστεί με εμπειρικό τρόπο και το τρίτο είδος κάνει χρήση μαθηματικών σχέσεων που αναπαριστούν φυσικούς νόμους. Το κριτήριο χειρισμού αβεβαιότητας, που βασίζεται στο αν λαμβάνεται υπ' όψιν η τυχαιότητα των φαινομένων, τα μοντέλα ταξινομούνται σε αιτιοκρατικά (deterministic) και στοχαστικά (stochastic). Στα αιτιοκρατικά τα υδρολογικά μεγέθη έχουν σταθερές τιμές χωρίς αβεβαιότητα, ενώ στα στοχαστικά ορισμένα εκ των υδρολογικών μεγεθών έχουν αβεβαιότητα (Ναλμπάντης, 2007).

3.3 Το μοντέλο GR2M

3.3.1 Γενικά

Το μοντέλο μηνιαίου χρονικού βήματος GR2M αναπτύχθηκε από τους Makhlouf και Michel (Makhlouf & Michel, 1994) σε διάφορες λεκάνες απορροής ποταμού που βρίσκονται στη Γαλλία και παρουσίασαν καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με πολλά άλλα υδρολογικά μοντέλα σε αυτήν την περιοχή. Από τότε, χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό σε πολλές λεκάνες απορροής ποταμών στη νοτιοανατολική Γαλλία ακόμη και στη Δυτική Αφρική. Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιεί μια χωρική, χρονική και εννοιολογική συσσώρευση υδρομετεωρολογικών διεργασιών.

Η δομή του GR2M σε αυτήν τη μελέτη είναι αυτή της πρόσφατης έκδοσης των Mouelhi et al. (2006) που αντλήθηκε από την εμπειρία που αποκτήθηκε κατά την ανάπτυξη του ημερήσιου μοντέλου GR4J (Perrin et al., 2003). Οι Mouelhi et al., κατασκεύασαν για πρώτη φορά ένα Σχέδιο Γονικού Μοντέλου (PMS) που περιλάμβανε τα πιο αποτελεσματικά συστατικά των υπαρχόντων υδρολογικών μοντέλων. Αυτά τα τελευταία επιλέχθηκαν μετά από μια διαδικασία δοκιμής και σφάλματος που δείχνει τη συνάφεια και την αποτελεσματικότητά τους. Χρησιμοποιώντας μια σταδιακή προσέγγιση, οι συγγραφείς έκαναν συστηματικές προσπάθειες να βελτιώσουν την απόδοση του PMS μειώνοντας ταυτόχρονα την πολυπλοκότητά του (Lespinas, 2014). Αυτή η διαδικασία οδήγησε σε μια νέα δομή του μοντέλου GR2M που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα εργασία.

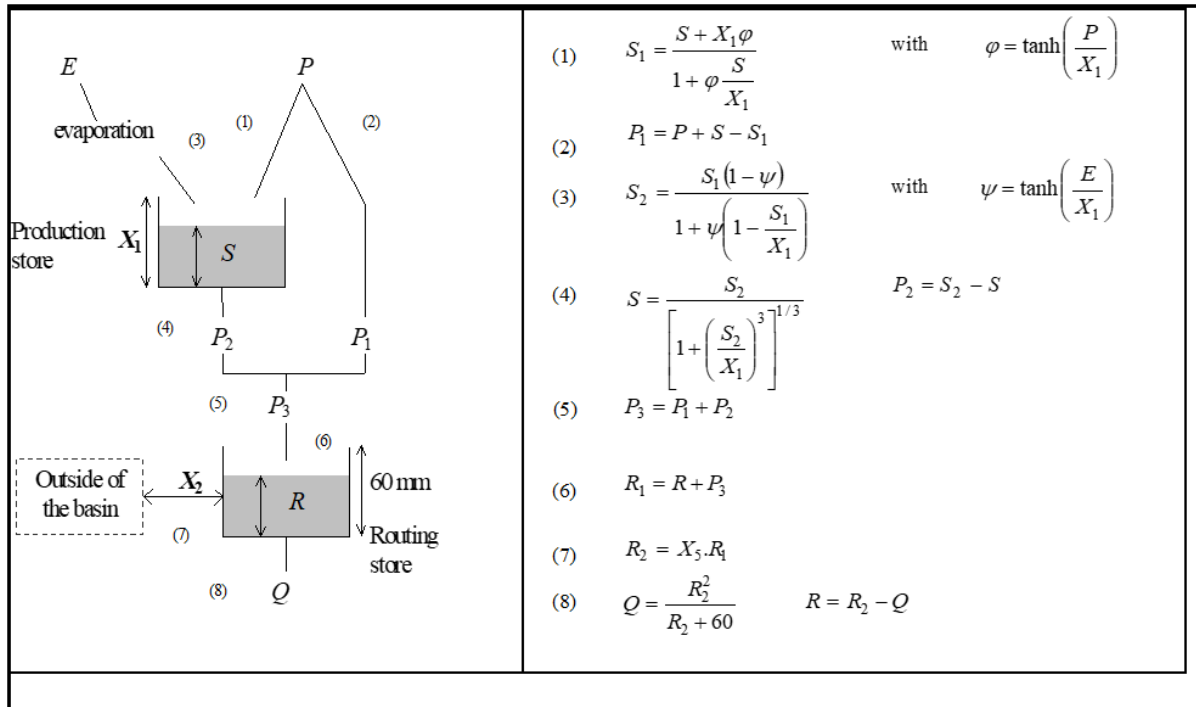
3.3.2 Περιγραφή του μοντέλου GR2M

Απαιτούνται τέσσερις τύποι δεδομένων για την εφαρμογή του μοντέλου GR2M. Αυτά είναι: οι μηνιαίες βροχοπτώσεις, η μηνιαία δυνητική εξατμοδιαπνοή, η ικανότητα συγκράτησης του εδάφους και οι μέσες μηνιαίες απορροές (Perrin et al., 2003). Για την μελέτη επιλέχθηκε το μοντέλο Αγροτικής Μηχανικής, με μηνιαίο χρονικό βήμα και δύο 2 παραμέτρους (GR2M), επειδή απαιτεί εύκολα προσβάσιμα δεδομένα, δηλαδή βροχοπτώση, την δυνητική εξατμισοδιαπνοή και την απορροή. Το μοντέλο GR2M αποτελείται από μια δεξαμενή που ελέγχει τη λειτουργία παραγωγής απορροής και χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη χωρητικότητά της και μια δεξαμενή «νερού βαρύτητας» που διέπει τη λειτουργία μεταφοράς

(Nounangnonhou et al., 2018). Το μοντέλο χρησιμοποιεί δύο 2 βελτιστοποιημένες παραμέτρους, X_1 και X_2 , όπου:

- X_1 είναι η μέγιστη χωρητικότητα της δεξαμενής παραγωγής
- X_2 είναι ο υπόγειος συντελεστής ανταλλαγών νερού

Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζονται οι βασικές εξισώσεις του μοντέλου.



Σχήμα 3.2: Διάγραμμα βασικών εξισώσεων του υδρολογικού μοντέλου GR2M (Πηγή: Mouelhi et al., 2006)

Το μοντέλο GR2M περιγράφει κάθε λεκάνη ως δύο δεξαμενές, μια δεξαμενή εδάφους που υποδηλώνεται ως S που ελέγχει τη λειτουργία παραγωγής με μέγιστη χωρητικότητα X_1 (mm, η πρώτη ελεύθερη παράμετρος του μοντέλου) και μια δεξαμενή διόδευσης που υποδηλώνεται ως R που ελέγχει τη λειτουργία μεταφοράς με χωρητικότητα 60 mm. Η πρώτη προορίζεται για την αναπαραγωγή υδρολογικών διεργασιών στα εδάφη και τις διεπαφές τους, ενώ η δεύτερη αντικατοπτρίζει τη μεταφορά νερού στον ποταμό, ιδίως τις ανταλλαγές υπόγειων υδάτων. Σε κάθε χρονικό βήμα μοντελοποίησης, η καθίζηση διοχετεύεται είτε προς τη δεξαμενή εδάφους με διήθηση (Εξίσωση 1) είτε απευθείας προς τη δεξαμενή διόδευσης ως ύψος νερού P_1 (mm) (Εξίσωση 2). Η δεξαμενή του εδάφους φτάνει στο επίπεδο S_1 (mm) και στη συνέχεια χάνει μέρος της υγρασίας του από εξατμοδιαπνοή (Εξίσωση 3). Κατά συνέπεια, φτάνει σε ένα νέο επίπεδο S_2 (mm). Στη συνέχεια, μέρος της υγρασίας του εδάφους, P_2 (mm) μεταφέρεται στη δεξαμενή διόδευσης με διήθηση (Εξίσωση 4). Η καθαρή βροχοπτώση P_3 (mm) προκύπτει από την Εξίσωση 5, ως άθροισμα P_1 και P_2 . Η P_3 εισέρχεται στη δεξαμενή διόδευσης που φτάνει στο επίπεδο R_1 (mm) με βάση την (Εξίσωση 6). Στη συνέχεια, ένα μέρος του νερού R_2 (mm) αποκτάται ή χάνεται από τη δεξαμενή δρομολόγησης ως πλευρικές ανταλλαγές νερού μεταξύ του υπόγειου τμήματος της λεκάνης απορροής του ποταμού και του εξωτερικού του περιβάλλοντος (Εξίσωση 7). Εάν το X_2 (χωρίς μονάδες, η δεύτερη ελεύθερη παράμετρος του μοντέλου) είναι μεγαλύτερη από 1, υπάρχει παροχή νερού από το εξωτερικό της λεκάνης.

αλλιώς υπάρχει απώλεια. Τέλος, η δεξαμενή δρομολόγησης παρέχει την απόρριψη νερού του ποταμού Q (Εξίσωση 8), που είναι και η προσομοιωμένη τιμή της απορροής.

Μια σημαντική ιδιαιτερότητα αυτής της νέας έκδοσης του μοντέλου GR2M είναι η εισαγωγή της παραμέτρου X_2 . Από την άποψη της μοντελοποίησης, αυτή η παράμετρος διορθώνει πιθανές προκαταλήψεις σε κλιματολογικές και χρονικές σειρές εκκένωσης, προκειμένου να διορθωθούν τα σφάλματα στην ισορροπία νερού (Εξίσωση 7). Οι Mouelhi et al., ανέφεραν επίσης ότι αυτή η παράμετρος επιτρέπει καλύτερη αναπαράσταση των πλευρικών ανταλλαγών νερού μεταξύ του υπόγειου τμήματος οποιασδήποτε τοπογραφικής λεκάνης και του εξωτερικού του περιβάλλοντος (μέσω διαπερατών γεωλογικών στρωμάτων). Διαπίστωσαν επίσης ότι οι καλύτερες επιδόσεις του μοντέλου επιτυγχάνονται όταν το X_2 ενεργεί στο επίπεδο του δρομολογητή (Lespinas, 2014).

3.4 Άλλα μοντέλα Βροχόπτωσης-Απορροής

3.4.1 Μοντέλο Απλού Υδατικού Ισοζυγίου

Το μοντέλο Απλού Υδατικού Ισοζυγίου (Thorntwaite, 1948, Thorntwaite & Mather, 1955) αποτέλεσε τη βάση για πολλά μοντέλα που αναπτύχθηκαν στη συνέχεια (Τσακίρης, 2006). Η μοναδική παράμετρος αυτού του μοντέλου είναι η μέγιστη αποθηκευτικότητα του εδάφους (S_{max}). Ωστόσο το μοντέλο Απλού Υδατικού Ισοζυγίου τροποποιήθηκε και εμπλουτίστηκε στη συνέχεια από πολλούς ερευνητές. Στην Ελλάδα ο Γιακουμάκης και άλλοι συνεργάτες (Giakoumakis et al., 1991) συνέβαλλαν στην προσθήκη μιας επιπρόσθετης παραμέτρου που αφορά τη διήθηση σε βαθείς υδροφορείς (βαθιά διήθηση).

Στο μοντέλο αυτό θεωρούμε μια απλή υδρολογική λεκάνη στην οποία δεν υφίσταται ανθρωπογενείς επεμβάσεις ούτε και σημαντική υπόγεια υδροφορία (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999). Το μέγιστο απόθεμα νερού στη λεκάνη σε κάθε χρονική στιγμή t θεωρείται το απόθεμα εδαφικής υγρασίας S_t . Στην Εξίσωση 3.1 περιγράφεται η σχέση που εκφράζει το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης για το χρονικό διάστημα Δt μεταξύ των χρονικών στιγμών t και $t + \Delta t$, θεωρώντας όγκο αναφοράς που περιλαμβάνει όλον τον όγκο του εδάφους της λεκάνης.

$$S_{t+\Delta t} - S_t = P_t - E_t - Q_t \quad (3.1)$$

Όπου:

S_t και $S_{t+\Delta t}$: Το απόθεμα εδαφικής υγρασίας στους χρόνους t και $t + \Delta t$

P_t : Η χωρικά μέση βροχόπτωση σε όγκους νερού στο χρονικό διάστημα $[t, t + \Delta t]$

E_t : Η χωρικά μέση πραγματική εξατμισοδιαπνοή

Q_t : Η απορροή στην έξοδο της λεκάνης

3.4.2 Μοντέλο SHE

Το υπολογιστικό πακέτο SHE προσομοιώνει όλες τις διεργασίες του υδρολογικού κύκλου χρησιμοποιώντας ένα κατανεμημένο μοντέλο φυσικής βάσης. Συγκεκριμένα, αυτές οι διεργασίες προσομοιώνονται ως εξής:

- 1) Κατακράτηση στη φυτοκάλυψη. Αυτό το στοιχείο υπολογίζει την ποσότητα νερού που περιέχεται στο κάλυμμα της βλάστησης, την εξάτμισή του και τις καθαρές βροχοπτώσεις που φτάνουν στο έδαφος μέσω του καλύμματος της βλάστησης.
- 2) Εξάτμιση. Χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικές μέθοδοι για την προσομοίωση της πιθανής και της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, δίνοντας στο μοντέλο την ευελιξία να προσαρμόζεται στις τοπικές συνθήκες (π.χ. Penman - Monteith).
- 3) Επιφανειακή απορροή. Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις Saint Venant, οι οποίες επιλύονται με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών.
- 4) Ποτάμια ροή. Ο υπολογισμός της απορροής του υδατορεύματος βασίζεται στις εξισώσεις Saint Venant, οι οποίες επιλύονται σε μονοδιάστατη μορφή (Μάρης κ.ά., 2005).

3.4.3 Μοντέλο MORIN

Το μοντέλο αυτό είναι αντιπροσωπευτικό παράδειγμα απλού αιτιοκρατικού μοντέλου. Τα στάδια των υπολογισμών που εκτελούνται στο μοντέλο αυτό είναι κατά σειρά τα εξής:

- 1) Ποσότητα νερού από την τήξη χιονιού
- 2) Εξατμισοδιαπνοή
- 3) Διήθηση
- 4) Ενδιάμεση απορροή
- 5) Υπόγεια απορροή
- 6) Επιφανειακή απορροή
- 7) Αποθήκευση στο άνω στρώμα
- 8) Αποθήκευση στο κάτω στρώμα
- 9) Ολική ποσότητα διαθέσιμου νερού για την απορροή
- 10) Απορροή

Οι παραπάνω διεργασίες είναι ταυτόχρονες και συνεχείς. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει 17 παραμέτρους και η ρύθμιση του μπορεί να γίνει αυτόματα με πρόγραμμα βελτιστοποίησης μιας συνάρτησης στόχου ή με δοκιμές (Μάρης κ.ά., 2005).

3.4.4 Μοντέλο STANFORD

Το μοντέλο STANFORD Watershed IV είναι ένα αδρομερές αιτιοκρατικό, παραμετρικό μοντέλο. Για την προσομοίωση της σχέσης Βροχόπτωσης-Απορροής, οι ωριαίες βροχοπτώσεις, η ωριαία θερμοκρασία, η ημερήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή και η ακτινοβολία, καθώς και η συνολική απορροή από τη διεργασία της τήξης χιονιού, είναι τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου.

Για σκοπούς μοντελοποίησης, η λεκάνη απορροής χωρίζεται σε υποζώνες που είναι ομοιογενείς από άποψη τοπογραφίας, βλάστησης, εδάφους κ.λπ. Διαφορετικές υποπεριοχές απεικονίζονται χρησιμοποιώντας καθορισμένες παραμέτρους που ορίζουν τα χαρακτηριστικά τους. Ο αριθμός αυτών των υποπεριοχών τείνει να είναι μικρός και ίσος με τον αριθμό των

βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση. Οι διεργασίες του υδρολογικού κύκλου προσομοιώνονται ως εξής:

- 1) Κατακράτηση στη φυτοκάλυψη. Η αποθηκευτική ικανότητα θεωρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 0 και 5 mm. Κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος εξάτμισης, η βροχόπτωση διατηρείται στη βλάστηση για αποθήκευση, η οποία στη συνέχεια απελευθερώνεται μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Η αυξημένη εξάτμιση κατά τη διάρκεια ενός βροχερού γεγονότος αυξάνει τις απώλειες κατακράτησης των φυτών.
- 2) Αδιαπέρατη περιοχή λεκάνης. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκτροπή ενός σταθερού ποσοστού βροχοπτώσεων στην κοίτη. Αυτό το ποσοστό ισούται με το ποσοστό της αδιαπέρατης περιοχής της λεκάνης.
- 3) Διήθηση. Μεταβάλλεται με μια γραμμική συνάρτηση του λόγου της υγρασίας της κατώτερης εδαφικής ζώνης προς την ονομαστική αποθήκευση της ζώνης αυτής.
- 4) Υπεδάφια ροή. Αυξάνεται καθώς αυξάνεται η υγρασία του εδάφους. Η υπεδάφια ροή αποθηκεύεται και σε κάθε χρονικό βήμα, ένα τμήμα της απελευθερώνεται στο υδατόρευμα.
- 5) Επιφανειακή απορροή. Η απορροή αυτή συνδέεται με δύο ενέργειες. Είτε αποθηκεύεται στην άνω ζώνη του εδάφους, είτε, μέσω μιας απλής εξίσωσης συνέχειας, μετατρέπεται σε ροή στην επιφάνεια του εδάφους.
- 6) Απορροή υπόγειων υδάτων. Ένα τμήμα του νερού του υπεδάφους που δημιουργείται από το σύστημα αποχέτευσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους εισέρχεται είτε σε αδρανή είτε σε βαθιά υπόγεια αποθήκευση που δεν συμβάλλει στην απορροή, ενώ ένα άλλο τμήμα του προωθείται προς της υπόγεια αποθήκευση από την οποία στη συνέχεια εισέρχεται στο υδατόρευμα.
- 7) Διόδευση της απορροής. Η διόδευση πραγματοποιείται αφενός μέσω του υπολογισμού του υδρογραφήματος εξόδου χρησιμοποιώντας είτε τη μέθοδο Muskingum είτε την μέθοδο του κινηματικού κύματος και αφετέρου μέσω του υδατορεύματος (Μάρης κ.ά., 2005).

3.4.5 Μοντέλο MERO

Το μοντέλο MERO είναι ένα αιτιοκρατικό παραμετρικό μοντέλο που δέχεται ως δεδομένα εισόδου ημερήσιες τιμές ύψους βροχόπτωσης P (mm) και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής E_p (mm), ενώ παράγει συνθετικές χρονοσειρές ημερήσιας απορροής και πραγματικών τιμών εξατμισοδιαπνοής (Giakoumakis et al., 1991).

Οι πρότυπες εξισώσεις που περιγράφουν τις διάφορες συνιστώσες της απορροής και της εξάτμισης που προέρχονται από μακροχρόνιες παρατηρήσεις σε λεκάνες απορροής στην Κύπρο δημιουργήθηκαν και προέκυψαν εμπειρικά από τον Fanartzis το 1972 (Τσακίρης, 1995). Υπάρχουν επτά άγνωστες παράμετροι στο μοντέλο, οι οποίες καθορίζονται μετά από βαθμονόμηση, με χρήση των παρατηρούμενων-μετρημένων τιμών του ύψους απορροής (Μάρης κ.ά., 2005).

3.4.6 Μοντέλο ILWAS

Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση τόσο των ποσοτικών χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένων των παροχών στο υδατόρρευμα και των απορροών από κάθε εδαφικό στρώμα, όσο και των ποιοτικών χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένων των συγκεντρώσεων των ιόντων, της αλκαλικότητας και του pH της απορροής. Έτσι, τόσο η

ποσότητα όσο και η ποιότητα της απορροής μπορούν να εκτιμηθούν από την σκοπιά των ανθρωπογενών αλλαγών-επιδράσεων (π.χ. ατμοσφαιρική ρύπανση) και των αποφάσεων διαχείρισης (π.χ. αλλαγές στους ρυθμούς βλάστησης, τις καλλιέργειες κ.λπ.). Αυτό το μοντέλο περιλαμβάνει δύο ξεχωριστά υπο-μοντέλα: ένα υδρολογικό και ένα χημικό.

Οι υδρολογικές διεργασίες που προσομοιώνονται στο υδρολογικό μοντέλο περιλαμβάνουν την κατακράτηση στη φυτοκάλυψη, την ενδορροή, την εξατμισοδιαπνοή, τη συσσώρευση και τήξη χιονιού και την επιφανειακή και την υπόγεια υδραυλική. Το χημικό μοντέλο καθορίζει τις συγκεντρώσεις 16 ανιόντων και κατιόντων, το pH και την αλκαλικότητα για καθένα από τα επιμέρους φυσικά μέρη μιας λεκάνης απορροής. Οι λεκάνες απορροής ποταμών μπορούν να χωριστούν σε τμήματα τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα προκειμένου να ληφθεί υπόψη η χωρική και χρονική ετερογένεια (Μάρης κ.ά., 2005). Ακολουθούν οι λεπτομερείς περιγραφές των βασικών διαδικασιών του μοντέλου, χωρισμένες στα υπο-μοντέλα:

1) Υδρολογικό υπομοντέλο.

- Διαχωρισμός βροχής και χιονιού
- Δυναμική κατακράτηση στη φυτοκάλυψη
- Δυνητική εξατμισοδιαπνοή
- Πραγματική κατακράτηση στη φυτοκάλυψη και πραγματική εξάτμιση
- Υπεδάφια και υπόγεια ροή
- Επιφανειακή ροή
- Διόδευση κατά μήκος του υδατορεύματος

2) Χημικό υπομοντέλο.

- Χημικές συγκεντρώσεις ιόντων ενδορροής
- Ξηρή εναπόθεση στη φυτοκάλυψη
- Φυλλική έκχυση
- Οξείδωση
- Χημικές διαδικασίες οργανικού στρώματος: φυλλόπτωση, απορρόφηση τροφικών συστατικών, ριζική αναπνοή
- Χημικές διαδικασίες εδαφικού στρώματος: νιτροποίηση, απορρόφηση ιόντων, ανταλλαγή κατιόντων, αποσύνθεση πετρωμάτων

3.5 Βαθμονόμηση Μοντέλων

Η βαθμονόμηση (calibration) αναφέρεται στη διαδικασία εκτίμησης των παραμέτρων ενός μοντέλου βροχόπτωσης-απορροής που βασίζεται σε δεδομένα υδρολογικής εισόδου και εξόδου. Ουσιαστικά, είναι η συστηματική προσαρμογή των παραμέτρων για να διασφαλιστεί ότι οι προσομοιωμένες αποκρίσεις ενός υδρολογικού μοντέλου πλησιάζουν όσο το δυνατόν πιο κοντά στις παρατηρούμενες τιμές (Ναλμπάντης 2007, Μαμάσης, 2009). Για τη βαθμονόμηση ενός μοντέλου, πρέπει να είναι διαθέσιμες σημαντικές μετρήσεις της απόκρισης (χρονοσειρές) του φυσικού συστήματος για μια επαρκή χρονική περίοδο ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των προσομοιωμένων δεδομένων με τα ιστορικά δεδομένα.

Ωστόσο, το πρόβλημα της βαθμονόμησης των υδρολογικών μοντέλων παραμένει σχετικό δεδομένου ότι τα υδρολογικά μοντέλα τείνουν να γίνονται όλο και πιο σύνθετα εξαιτίας του μεγάλου αριθμού παραμέτρων που εμπεριέχουν και πιο απαιτητικά όσον αφορά τα δεδομένα και το φόρτο υπολογισμών.

3.5.1 Είδη Βαθμονόμησης

Τα είδη βαθμονόμησης είναι τα εξής:

1) Εμπειρική βαθμονόμηση

Πρόκειται για μια καθόλου αυστηρή μεθοδολογική διαδικασία, η οποία βασίζεται στην εξέταση των επιπτώσεων των διαφορετικών συνδυασμών παραμέτρων που επιλέγονται, με βάση τις εμπειρίες του μελετητή (Μαμάσης, 2009). Η τελική επιλογή παραμέτρων πραγματοποιείται προσαρμόζοντας το μοντέλο στα ιστορικά δεδομένα χρησιμοποιώντας οπτικό έλεγχο. Παρά το γεγονός ότι είναι μια μη αντικειμενική μέθοδος και είναι πολύ χρονοβόρα, όταν πρόκειται για μεγάλο αριθμό παραμέτρων, χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα, επειδή ενσωματώνει την υδρολογική εμπειρία.

2) Αυτόματη βαθμονόμηση

Βασίζεται σε μια συνάρτηση αντικειμενικού σκοπού για την αξιολόγηση του βαθμού καλής προσαρμογής των προσομοιωμένων προς τις παρατηρημένες αποκρίσεις της λεκάνης απορροής. Με την συνάρτηση αυτή καταστρώνεται πρόβλημα μη γραμμικής βελτιστοποίησης με μεταβλητές ελέγχου τις παραμέτρους του μοντέλου. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου περιλαμβάνουν την απλότητα και την αντικειμενικότητά της. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημά της είναι η πλήρης εξάρτηση των αποτελεσμάτων από το μέτρο προσαρμογής που χρησιμοποιήθηκε, τη μεταφορά σφαλμάτων από τα δεδομένα και τις τυπικές υπολογιστικές ελλείψεις και άλλες αβεβαιότητες.

3) Ημιαυτόματη βαθμονόμηση

Σε αυτήν την προσέγγιση ο μελετητής παρακολουθεί τη διαδικασία βελτιστοποίησης αλλά ταυτόχρονα μπορεί παρεμβαίνει σε αυτήν προκειμένου να καθοδηγήσει την αναζήτηση στην επιθυμητή κατεύθυνση. Αυτή η μέθοδος στοχεύει στο συνδυασμό των πλεονεκτημάτων της εμπειρικής και αυτόματης βαθμονόμησης και γι' αυτό θεωρείται η καλύτερη, ιδιαίτερα στην περίπτωση σύνθετων μοντέλων στα οποία η αβεβαιότητα στην εκτίμηση των παραμέτρων είναι μεγαλύτερη.

Η βαθμονόμηση θεωρείται αξιόπιστη εάν:

- Το μοντέλο έχει αρκετά καλή προγνωστική ικανότητα, δηλαδή αναπαράγει ολόκληρο το φάσμα των αποκρίσεων εντός της λεκάνης για ικανοποιητική ακρίβεια.
- Οι βελτιστοποιημένες παράμετροι ενός μοντέλου μπορούν να έχουν κάποια φυσική σημασία δηλαδή να είναι συμβατές με τα χαρακτηριστικά του φυσικού συστήματος.

Το μοντέλο πρέπει να συμμορφώνεται με αυτές τις δύο θεμελιώδεις απαιτήσεις. Επομένως, είναι προφανές ότι οι παράμετροι του μοντέλου πρέπει να εκτιμώνται από ιστορικές αποκρίσεις και δείγματα ώστε να είναι αντιπροσωπευτικές της λεκάνης.

3.5.2 Δείκτες Καταλληλότητας

Η βαθμονόμηση ενός μοντέλου γίνεται με σύγκριση των προσομοιωμένων αποκρίσεων της λεκάνης με τις παρατηρημένες και την επιλογή του συνδυασμού τιμών που επιτυγχάνει την καλύτερη προσαρμογή. Ως μέτρο καλής προσαρμογής αυτής χρησιμοποιείται ένας δείκτης καταλληλότητας (Nash and Sutcliffe, 1970) που συχνά καλείται και συντελεστής Nash(Q) (Nash coefficient). Ο συντελεστής αυτός Nash(Q) ορίζεται σύμφωνα με την Εξίσωση 3.2.

$$\text{Nash}(Q) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{\text{sim},i} - Q_{\text{obs},i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{\text{obs},i} - Q_{\text{obs,MEAN}})^2} \quad (3.2)$$

Όπου:

$Q_{\text{obs},i}$: Η παρατηρημένη απορροή

$Q_{\text{obs,MEAN}}$: Η μέση τιμή των παρατηρημένων απορροών

$Q_{\text{sim},i}$: Η προσομοιωμένη απορροή

N : Ο συνολικός αριθμός χρονικών βημάτων στην περίοδο προσομοίωσης

i : Τάξη χρονικού βήματος

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

- Αν $\text{Nash}(Q) = 1$ υπάρχει απόλυτη ταύτιση της παρατηρημένης με της προσομοιωμένης χρονοσειράς.
- Αν $\text{Nash}(Q) < 0$ η προσαρμογή του μοντέλου θεωρείται πολύ κακή καθώς, η προσομοιωμένη χρονοσειρά είναι πολύ χειρότερη εκτιμήτρια σε σχέση με την μέση τιμή.
- Αν $\text{Nash}(Q) > 0.7$ και 0.8 , η προσαρμογή του μοντέλου θεωρείται πολύ καλή.

Άλλοι δείκτες καταλληλότητα είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα MSA (Mean Square Error), η μέση τιμή των απόλυτων τιμών του σφάλματος MAE (Mean Absolute Error) και το μέγιστο σφάλμα MAXE (Maximum Error).

3.5.3 Επαλήθευση

Η επαλήθευση είναι η διαδικασία εξέτασης του τρόπου με τον οποίο τα μαθηματικά υδρολογικά μοντέλα προσομοιώνουν το φυσικό σύστημα, ώστε να προσδιοριστεί εάν αποτελούν αντιπροσωπευτικές αναπαραστάσεις του. Συνήθως, τα υδρολογικά μοντέλα επαληθεύονται για το βέλτιστο σύνολο παραμέτρων μετά τη βαθμονόμηση ελέγχοντας ξανά το ίδιο κριτήριο προσαρμογής για δεύτερη χρονική περίοδο, (συνήθως η περίοδος αυτή ακολουθεί αμέσως μετά την περίοδο που επιλέχθηκε στη βαθμονόμηση), για την οποία διατίθενται επίσης μετρημένα δείγματα εισόδου και αποκρίσεις της λεκάνης απορροής. Είναι σημαντικό τα χαρακτηριστικά του συστήματος να παραμένουν αμετάβλητα για τη διάρκεια της περιόδου δοκιμής, η οποία περιλαμβάνει την περίοδο βαθμονόμησης καθώς και την περίοδο επαλήθευσης. Είναι προφανές ότι, εάν το σύνολο των παραμέτρων δεν διατηρηθούν σταθερά, το υδρολογικό μοντέλο θα χάσει μεγάλο μέρος της λειτουργικής του χρησιμότητας (Μαμάσης, 2012). Η διαδικασία επαλήθευσης πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τα ίδια κριτήρια

ελέγχου απόδοσης, δηλαδή, τους ίδιους δείκτες καταλληλότητας που χρησιμοποιήθηκαν και κατά τη βαθμονόμηση.

3.6 Αριθμητικά Κριτήρια

Στο κεφάλαιο αυτό μελετώνται οι ιδιότητες της συνάρτησης κατανομής των απορροών. Οι ιδιότητες της συνάρτησης αυτής «συμπυκνώνονται» σε διάφορα μεγέθη που ονομάζονται παράμετροι (Ναλμπάντης, 2007). Οι παράμετροι με τη σειρά τους χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- 1) Παράμετροι κεντρικής θέσης (μέση τιμή).
- 2) Παράμετροι διασποράς γύρω από την κεντρική θέση (τυπική απόκλιση).
- 3) Παράμετροι ασυμμετρίας γύρω από την κεντρική θέση (συντελεστής ασυμμετρίας).

Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους και λαμβάνοντας υπ' όψιν τις προσομοιωμένες απορροές που θα προκύψουν για τις ιστορικές παρατηρήσεις αλλά και για τον μελλοντικό χρονικό ορίζοντα υπό την επίδραση της κλιματικής αλλαγής, διαμορφώνονται τα ακόλουθα αριθμητικά κριτήρια:

- Σχετική απόκλιση (ενός στατιστικού χαρακτηριστικού όπως η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση) της απορροής με θεώρηση Κλιματικής Αλλαγής με βάση το σενάριο V (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5), σε σχέση με την περίπτωση χωρίς θεώρηση Κλιματικής Αλλαγής (ποσοστό %).
- Απόλυτη απόκλιση (ενός στατιστικού χαρακτηριστικού όπως η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση) της απορροής με θεώρηση Κλιματικής Αλλαγής με βάση το σενάριο V (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5), σε σχέση με την περίπτωση χωρίς θεώρηση Κλιματικής Αλλαγής (mm).
- Συντελεστής ασυμμετρίας των αποκλίσεων προσομοιωμένων απορροών υπό το σενάριο Κλιματικής Αλλαγής V (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) και χωρίς Κλιματική Αλλαγή.

Τα παραπάνω αριθμητικά κριτήρια είναι 13, εκ των οποίων 12 αφορούν τις μηνιαίες τιμές και 1 την ετήσια τιμή.

Κριτήριο A:

Για την προσομοιωμένη απορροή που προκύπτει από το μοντέλο GR2M της κάθε λεκάνης υπολογίζεται η μηνιαία και ετήσια, μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε ένα από τα 4 σενάρια RCP και για τους 3 χρονικούς ορίζοντες (2030, 2050, 2100). Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόλυτη τιμή της διαφοράς της μέσης τιμής της προσομοιωμένης απορροής με τη μέση τιμή του εκάστοτε σεναρίου RCP και για τους 3 χρονικούς ορίζοντες. Τέλος η διαφορά αυτή ανάγεται σε ποσοστό μεταβολής της απορροής % σύμφωνα με την Εξίσωση 3.3.

$$\text{Ποσοστό (\%)} = \left| \frac{Q_{\text{mean}} - Q_{\text{RCP}}}{Q_{\text{mean}}} \right| * 100 \quad (3.3)$$

Όπου:

Q_{mean} : Μέσος όρος προσομοιωμένης απορροής

Q_{RCP} : Μέσος όρος απορροής υπό το εκάστοτε σενάριο RCP

Η ποσοστιαία αυτή μεταβολή (%) ονομάζεται σχετική απόκλιση.

Κριτήριο Β:

Όμοια με παραπάνω, για την προσομοιωμένη απορροή που προκύπτει από το μοντέλο GR2M της κάθε λεκάνης υπολογίζεται η μηνιαία και ετήσια, μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε ένα από τα 4 σενάρια RCP και για τους 3 χρονικούς ορίζοντες (2030, 2050, 2100). Στη συνέχεια υπολογίζεται η απόλυτη τιμή της διαφοράς της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης της προσομοιωμένης απορροής με την μέση τιμή και τυπική απόκλιση του εκάστοτε σεναρίου RCP και για τους 3 χρονικούς ορίζοντες. Η διαφορά αυτή ονομάζεται απόλυτη απόκλιση των απορροών και μετριέται σε mm.

Κριτήριο Γ:

Τέλος, υπολογίζεται και η τρίτη δειγματική κεντρική ροπή, δηλαδή ο συντελεστής ασυμμετρίας. Στο βήμα αυτό υπολογίζεται μια νέα χρονοσειρά που προκύπτει από τη διαφορά της προσομοιωμένης απορροής με τα 4 σενάρια RCP για κάθε λεκάνη και κάθε χρονικό ορίζοντα σε σχέση με την αντίστοιχη προσομοιωμένη απορροής χωρίς Κλιματική Αλλαγή. Για τις χρονοσειρές αυτές των αποκλίσεων, υπολογίζεται εκ νέου η μηνιαία και ετήσια μέση τιμή και τυπική απόκλιση.

Η Εξίσωση 3.4 υπολογίζει τον συντελεστή της ασυμμετρίας και ορίζεται ως εξής:

$$Skew = \frac{n}{(n-2)(n-2)} * \sum \left(\frac{\Phi_i - \Phi_\mu}{\sigma} \right)^3 \quad (3.4)$$

Όπου:

$Skew$: Συντελεστής ασυμμετρίας

Φ_i : Απόκλιση απορροών

Φ_μ : Μέση τιμή απόκλισης απορροών

σ : Τυπική απόκλιση χρονοσειράς αποκλίσεων των απορροών

n : Χρονικός ορίζοντας ελέγχου

Επισημαίνεται ότι η ασυμμετρία χαρακτηρίζει το βαθμό ασυμμετρίας μιας κατανομής γύρω από τη μέση τιμή της. Θετική ασυμμετρία υποδηλώνει κατανομή με ασύμμετρη ουρά που εκτείνεται προς τα δεξιά, προς περισσότερο θετικές τιμές. Αρνητική ασυμμετρία υποδηλώνει κατανομή με ασύμμετρη ουρά που εκτείνεται προς τα αριστερά, προς περισσότερο μικρές τιμές.

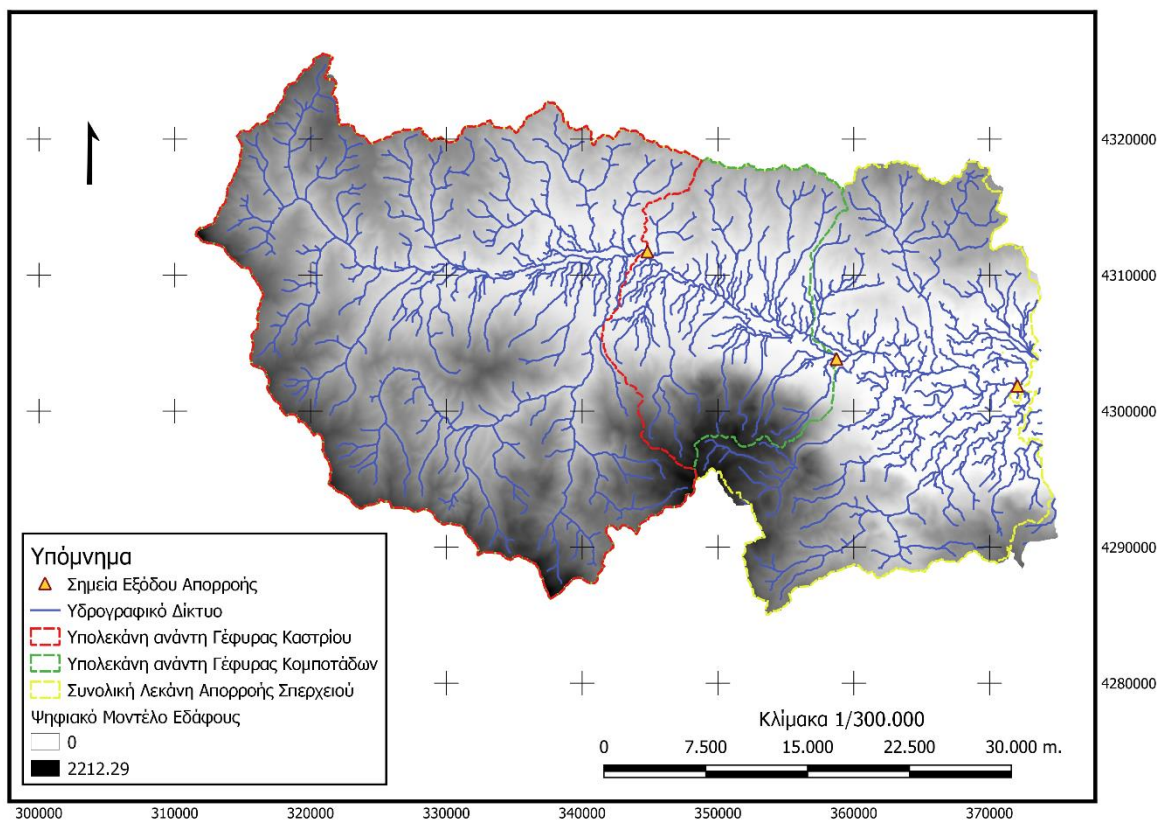
4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GR2M

4.1 Γενικά

Στη παρούσα διπλωματική εργασία η περιοχή μελέτης χωρίστηκε σε 3 λεκάνες απορροής.

- Στη συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού με έκταση 1641.01 km².
- Στην υπολεκάνη που βρίσκεται ανάντη του υδρομετρικού σταθμού Γέφυρα Καστριού με έκταση 856.67 km².
- Στην υπολεκάνη που βρίσκεται ανάντη του υδρομετρικού σταθμού Γέφυρα Κομποτάδων με έκταση 1138.76 km².

Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζονται οι 3 λεκάνες απορροής όπως αυτές προέκυψαν ύστερα από χρήση του λογισμικού Qgis, μια διαδικασία που περιγράφεται στο επόμενο εδάφιο.



Σχήμα 4.1: Χάρτης συνολικής λεκάνης και υπολεκανών Σπερχειού ποταμού

4.2 Προετοιμασία Δεδομένων

4.2.1 Γεωγραφικά δεδομένα

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας απαιτείται η χάραξη της λεκάνης απορροής του Σπερχειού και των υπολεκανών αυτής στις θέσεις γέφυρα Καστριού και Κομποτάδων. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκε λοιπόν το λογισμικό Qgis για γίνει η χάραξη. Το λογισμικό αυτό είναι κατάλληλο για τη διεξαγωγή υδρολογικών μελετών, καθώς διαθέτει πληθώρα εργαλείων που εκτελούν υδρολογικές διεργασίες. Πιο συγκεκριμένα, για τον σχεδιασμό των λεκανών δόθηκε ένα ψηφιακό αρχείο με το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) ή DEM (από το Digital Elevation Model) της περιοχής μελέτης. Η διαδικασία χάραξης των λεκανών σε περιβάλλον Qgis έχει ως εξής:

Στην «εργαλειοθήκη» του Qgis, υπάρχει στην επιλογή SAGA → Terrain Analysis - Hydrology , το εργαλείο Fill Sinks (Wang & Liu). Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο που προτείνουν οι Wang & Liu για τον εντοπισμό και την πλήρωση των επιφανειακών βυθισμάτων των ΨΜΕ. Η μέθοδος βελτιώθηκε για να επιτρέψει τη δημιουργία ΨΜΕ με διατήρηση της πτωτικής κλίσης κατά μήκος μιας διαδρομής ροής. Έτσι, δημιουργείται το «διορθωμένο» ΨΜΕ που θα χρησιμοποιηθεί στην πορεία.

Στην συνέχεια, επιλέγεται από την «εργαλειοθήκη» Terrain Analysis - Hydrology το εργαλείο Strahler Order, το οποίο επιτρέπει τον υπολογισμό της τάξης των ρεμάτων κατά Strahler με βάση έναν αλγόριθμο, χρησιμοποιώντας το «διορθωμένο» ΨΜΕ.

Έπειτα, από την αρχική γραμμή εντολών γίνεται η επιλογή Raster → Raster Calculator ,όπου επιλέγεται Strahler Order 5 (Ο αριθμός 5 είναι ένα «κατώφλι» που επιλέγεται αυθαίρετα)..

Στη συνέχεια, θα δημιουργηθεί το υδρογραφικό δίκτυο και η κατεύθυνση της ροής χρησιμοποιώντας το εργαλείο SAGA → Terrain Analysis - Channels → Channel network and drainage basins.

Επόμενο βήμα αποτελεί η εισαγωγή των συντεταγμένων των σημείων εξόδου της κάθε λεκάνης. Για τις 2 υπολεκάνες, οι συντεταγμένες αυτές, είναι οι συντεταγμένες των Υδρομετρικών σταθμών Γέφυρα Καστριού και Γέφυρα Κομποτάδων αντίστοιχα. Για την συνολική λεκάνη απορροής οι συντεταγμένες αυτές υπολογίζονται ως εξής: Επιλέγεται ως σημείο εξόδου χειροκίνητα το σημείο όπου καταλήγει το κύριο ρέμα και εκβάλλει στον Μαλιακό κόλπο. Χρησιμοποιώντας το plugin Coordinate capture υπολογίζονται οι συντεταγμένες του παραπάνω σημείου.

Για να επιτευχθεί η ακριβέστερη θέση των σημείων εξόδου των λεκανών, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Processing Toolbox → Vector Geometry → Snap geometries to layer. Το εργαλείο αυτό συντονίζει τα σημεία που έχουν ψηφιοποιηθεί χειροκίνητα με το υδρογραφικό δίκτυο, ώστε «να πέφτουν ακριβώς πάνω» και να ταυτίζονται με τα πραγματικά σημεία εξόδου των λεκανών.

Τέλος, για να ολοκληρωθεί η διαδικασία χάραξης των λεκανών απορροής εγκαθίσταται από το διαδίκτυο ένα επιπλέον plugin με όνομα Points to Catchments. Επιλέγεται το εν λόγω εργαλείο Processing Toolbox → IHE Delft → Hydrology → Calculate catchments from points , το οποίο χρησιμοποιώντας τα σημεία εξόδου και το «διορθωμένο» ΨΜΕ, δημιουργεί τις 3 λεκάνες απορροής που ζητούνται.

Ύστερα, θα υπολογιστούν το εμβαδό και το μέσο υψόμετρο της κάθε λεκάνης και να εμφανιστούν στον πίνακα χαρακτηριστικών τους (ο πίνακας χαρακτηριστικών εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες ενός επιλεγμένου επιπέδου). Κάθε σειρά στον πίνακα αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό (με ή χωρίς γεωμετρία) και κάθε στήλη περιέχει ένα συγκεκριμένο κομμάτι πληροφοριών σχετικά με το χαρακτηριστικό). Πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω ενέργειες:

- Για τον υπολογισμό του Εμβαδού

Γίνεται δεξί κλικ στο Layer της λεκάνης → Open Attribute Table → Field Calculator → Geometry → `area($geometry)`. Πλέον θα εμφανίζεται το εμβαδόν στον πίνακα χαρακτηριστικών.

- Για τον υπολογισμό του Μέσου Υψομέτρου λεκάνης απορροής

Επιλέγεται από την «εργαλειοθήκη» SAGA, το εργαλείο SAGA → Add raster values to features. Προκύπτει ένα νέο επίπεδο όπου πλέον θα εμφανίζεται το Μέσο Υψόμετρο λεκάνης απορροής στον πίνακα χαρακτηριστικών.

4.2.2 Βροχομετρικά δεδομένα και Ιστορικές παροχές

Τα βροχομετρικά δεδομένα αποτελούν το πιο σημαντικό «πακέτο» δεδομένων καθώς εκφράζουν το ύψος των κατακρημνισμάτων της περιοχής μελέτης και από αυτά εξαρτώνται οι τελικές απορροές. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητος ο έλεγχος ορθότητας των βροχομετρικών δεδομένων (σφάλμα παρατηρητή ή οργάνου), πληρότητας (συμπλήρωση κενών), καθώς και ομογένειας σε σχέση με γειτονικούς σταθμούς. Οι μετρήσεις των βροχοπτώσεων των σταθμών ενδιαφέροντος, οι οποίες συλλεχθήκαν για τη χρονική περίοδο που εξετάζει η συγκεκριμένη διπλωματική, προέρχονται από παλαιότερη μελέτη (Κουτσογιάννης κ.α., 2003) και βρίσκονται στο Παράρτημα Α (Α.1, Α.2, Α.3, Α.4, Α.5, Α.6, Α.7, Α.8, Α.9, Α.10, Α.11, Α.12, Α.13, Α.14). Αντίστοιχα, οι ιστορικές απορροές προέρχονται από παλαιότερη μελέτη (Mamassis & Nalbantis, 1995) που έχει διεξαχθεί και παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (πίνακες Α.19, Α.20, Α.21).

Βροχομετρικοί Σταθμοί:

Οι βροχομετρικοί σταθμοί της ευρύτερης περιοχής μελέτης είναι 14 συνολικά, αλλά μόνο οι μισοί εξ αυτών βρίσκονται μέσα στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού (Πιτσιωτά, Λαμία, Τρίλοφο, Νεοχώρι, Ζηλευτό, Υπάτη), ενώ ο σταθμός Καρπενήσι δεν συμμετέχει στους υπολογισμούς. Πιο συγκεκριμένα:

- Στην υπολεκάνη που βρίσκεται ανάντη του υδρομετρικού σταθμού Γέφυρα Καστριού ανήκουν οι σταθμοί: Πιτσιωτά, Τρίλοφο, Νεοχώρι, Ζηλευτό, Υπάτη, Τυμφορηστός, Γραμμένη Οξιά, Κρίκελλο, Πυρά, Αθανάσιος Διάκος
- Στην υπολεκάνη που βρίσκεται ανάντη του υδρομετρικού σταθμού Γέφυρα Κομποτάδων ανήκουν οι σταθμοί: Πιτσιωτά, Λαμία, Τρίλοφο, Νεοχώρι, Ζηλευτό, Υπάτη, Τυμφορηστός, Γραμμένη Οξιά, Κρίκελλο, Πυρά, Αθανάσιος Διάκος
- Στη συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού ανήκουν οι σταθμοί: Πιτσιωτά, Λαμία, Τρίλοφο, Νεοχώρι, Ζηλευτό, Υπάτη, Τυμφορηστός, Γραμμένη Οξιά, Κρίκελλο, Δρυμαία, Άνω Μπράλος, Πυρά, Αθανάσιος Διάκος.

4.2.3 Έλεγχος ομογένειας σταθμών

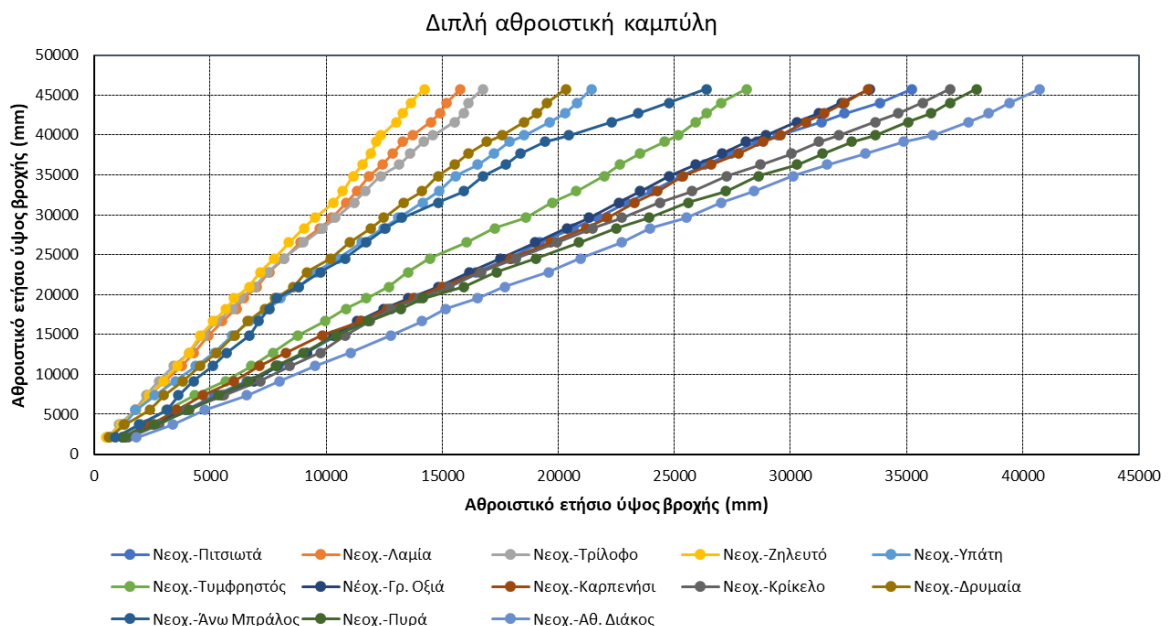
Για τον έλεγχο της ποιότητας των βροχομετρικών δεδομένων ενός σταθμού είναι απαραίτητος ο έλεγχος ομογένειας των παρατηρήσεων. Ελέγχεται, δηλαδή, κατά πόσο το σύνολο των παρατηρήσεων προέκυψε με τις ίδιες συνθήκες μετρήσεως (Τσακίρης, 1995). Ο έλεγχος της ομογένειας των δεδομένων ενός σταθμού γίνεται με τη σύγκριση του με ομάδα γειτονικών σταθμών, οι οποίοι αποτελούν τους σταθμούς βάσης. Ο υπολογισμός του συντελεστή της γραμμικής συσχέτισης στα ετήσια ύψη βροχής ανά ζεύγη σταθμών, είναι απαραίτητος για τον καθορισμό του σταθμού βάσης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης (πιο υψηλός), τόσο πιο ομογενή είναι τα δεδομένα μεταξύ δύο σταθμών. Ο υπολογισμός του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης γίνεται με την Εξίσωση 4.1 και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α της εργασίας, στον Πίνακα Α.15.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} * \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}} \quad (4.1)$$

Όπου:

x_i, y_i : οι παρατηρήσεις (ύψη βροχής) των 2 εκάστοτε σταθμών

Για να υπάρχει γραμμική συσχέτιση πρέπει να ισχύει $r > 0.7$. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που φαίνονται στο Παράρτημα Α, στον Πίνακα Α.15 προέκυψε τελικά ως σταθμός βάσης, ο σταθμός Νεοχώρι Τυμφρηστού. Εφόσον επιλέχθηκε σταθμός βάσης στη συνέχεια εφαρμόζεται η μέθοδος της διπλής αθροιστικής καμπύλης στα αθροιστικά ετήσια ύψη βροχής κάθε σταθμού (υπολογίζονται τα αθροιστικά ετήσια ύψη βροχής). Στο Σχήμα 4.2 αναπαρίσταται γραφικά η μέθοδος της διπλής αθροιστικής καμπύλης των βροχομετρικών σταθμών της λεκάνης απορροής του Σπερχειού.



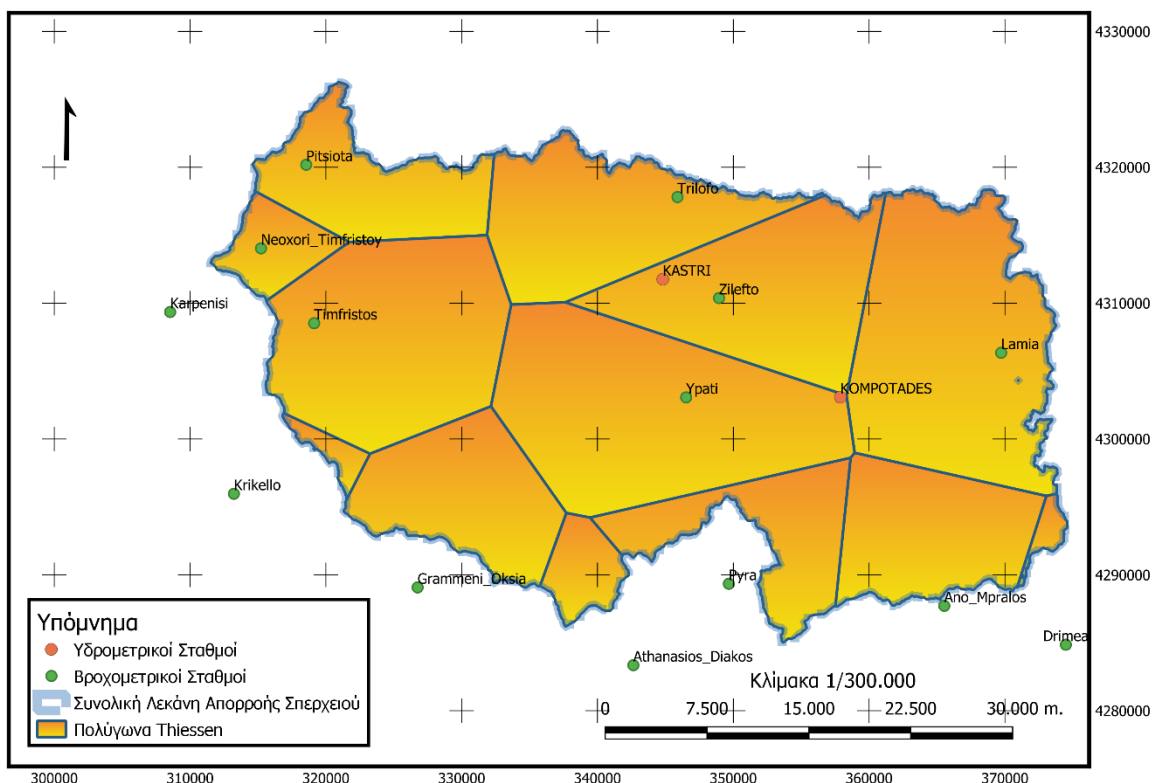
Σχήμα 4.2: Διπλή αθροιστική καμπύλη

Όπως φαίνεται σε πολλές περιπτώσεις στο διάγραμμα, παρατηρούνται θλάσεις στις καμπύλες οι οποίες σηματοδοτούν την έναρξη της αλλαγής συνθηκών μέτρησης. Σε αυτή τη περίπτωση, πρέπει να διορθωθούν τα δεδομένα, πολλαπλασιάζοντας το δείγμα με ένα συντελεστή αναγωγής λ_i και να επαναληφθεί η διαδικασία με τις διορθωμένες πλέον τιμές. Όμως, για λόγους απλοποίησης, στην εν λόγω εργασία θεωρούμε ότι αυτές οι ευθείες προσαρμόζονται ικανοποιητικά και επομένως και τα δεδομένα είναι ομογενή.

4.2.4 Επιφανειακή αναγωγή με πολύγωνα Thiessen

Οι μετρήσεις βροχόπτωσης που λαμβάνονται από τα βροχόμετρα και τους βροχογράφους είναι σημειακές και, ως εκ τούτου, αντιπροσωπεύουν το σημείο στο οποίο μετρήθηκε η βροχόπτωση. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως, όπως για παράδειγμα στην εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου, ιδιαίτερη σημασία έχει η επιφανειακή βροχόπτωση, η βροχόπτωση δηλαδή που πέφτει σε ολόκληρη τη λεκάνη απορροής. Για το λόγο αυτό, σε μια λεκάνη απορροής εγκαθίσταται δίκτυο βροχογράφων, οι θέσεις των οποίων θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να περιγράφουν όσο το δυνατόν καλύτερα τη χωρική διαφοροποίηση της βροχής. Κατόπιν, οι σημειακές μετρήσεις των βροχογράφων ανάγονται σε επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης απορροής χρησιμοποιώντας μεθόδους επιφανειακής ολοκλήρωσης (Μιμίκου, 2007). Μια τέτοια μέθοδος ολοκλήρωσης είναι και η μέθοδος Thiessen. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τον παράγοντα βάρους (συντελεστής Thiessen) που αντιστοιχεί στα εμβαδά των πολυγώνων (περιοχών) επηρεασμού κάθε σταθμού όπως αυτά προκύπτουν με τη χάραξη των μεσοκαθέτων επί των αποστάσεων των σταθμών μεταξύ τους. Οι ζώνες επιρροής προσδιορίζονται έτσι ώστε κάθε σημείο της ζώνης του σταθμού i να απέχει από τη θέση του σταθμού i λιγότερο απ' όσο απέχει από οποιονδήποτε άλλο σταθμό της περιοχής. Η αρχή αυτή οδηγεί άμεσα σε μια απλή γεωμετρική κατασκευή των ζωνών επιρροής βασισμένη στις μεσοκαθέτους των ευθυγράμμων τμημάτων που συνδέουν τους σταθμούς ανά ζεύγη (Μιμίκου & Μπαλλάς, 2012). Προκύπτουν έτσι τα γνωστά πολύγωνα Thiessen. Στη προκειμένη περίπτωση, για να δημιουργηθούν τα πολύγωνα αυτά έγινε χρήση του λογισμικού Qgis. Η διαδικασία (εντολές) που ακολουθήθηκαν από το πρόγραμμα για την εξαγωγή του αποτελέσματος ήταν η εξής:

Στην «εργαλειοθήκη» του Qgis, υπάρχει στην επιλογή SAGA → Vector geometry, το εργαλείο Voronoi polygons. Το εργαλείο αυτό σχηματίζει τα πολύγωνα Voronoi χρησιμοποιώντας ως δεδομένα εισόδου-input, το shp.file τριών τουλάχιστον βροχομετρικών σταθμών. Επιπλέον μέσω της προαιρετικής επιλογής buffer region (%), δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να προσαρμόσει τα εξαγόμενα πολύγωνα καλύτερα ώστε να περιλαμβάνουν ολόκληρη την λεκάνη απορροής. Το εξαγόμενο αυτό προϊόν για να πάρει την τελική του μορφή, δηλαδή τα ζητούμενα πολύγωνα Thiessen, πρέπει να «τμηθεί», δηλαδή τα όρια των πολυγώνων και η επιφάνειά τους να μην εκτείνονται πέρα από αυτά της λεκάνης απορροής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εντολής SAGA → Vector polygon tools → intersect. Τέλος επειδή κάποια διαφορετικά πολύγωνα μπορεί να ανήκουν στον ίδιο σταθμό, γίνεται συγχώνευση πολυγώνων με κριτήριο το όνομα των βροχομετρικών σταθμών. Πρακτικά, αυτό γίνεται με την εντολή SAGA → Vector polygon tools → Polygon dissolve (by attribute) χρησιμοποιώντας ως input data, τα παραπάνω πολύγωνα και ως απαιτούμενο attribute, το NAME των βροχομετρικών σταθμών. Στο Σχήμα 4.3 αναπαρίστανται γραφικά τα ζητούμενα πολύγωνα Thiessen.



Σχήμα 4.3: Πολύγωνα Thiessen λεκάνης απορροής του Σπερχειού

Η μέθοδος αυτή, αν και θεμελιώθηκε αρκετά παλιά, παραμένει και σήμερα ευρέως διαδεδομένη, λόγω της απλότητας στην εφαρμογή της και των αξιόπιστων εκτιμήσεών της. Οι εκτιμήσεις της μεθόδου είναι τόσο καλύτερες όσο πυκνότερο είναι το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών και όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική κλίμακα μελέτης (π.χ. οι εκτιμήσεις σε υπερετήσια κλίμακα είναι πιο ακριβείς από τις εκτιμήσεις στην κλίμακα ενός επεισοδίου βροχής). Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η κοινή περίοδος μέτρησης βροχοπτώσεων 1966-1994. Ο παράγοντας βάρους (συντελεστής Thiessen) J υπολογίζεται με χρήση της Εξίσωσης 4.2.

$$J = \frac{A_i}{A} \quad (4.2)$$

Όπου :

A_i : η συνολική επιφάνεια του εκάστοτε πολυγώνου Thiessen

A : το εμβαδόν επηρεασμού του κάθε σταθμού i

Για να υπολογιστεί αυτόματα αυτός ο συντελεστής για την λεκάνη απορροής που μελετάται, έγιναν τα εξής. Αρχικά επιλέγεται το shp file των πολυγώνων. Στη συνέχεια ακολουθούνται οι παρακάτω εντολές, Open attribute table → Open field calculator → Create a new field. Το νέο πεδίο θα έχει όνομα AREA και θα υπολογίζει το εμβαδόν του κάθε πολυγώνου με την εντολή area (\$geometry). Τελικά, για να υπολογιστεί ο συντελεστής, η διαδικασία επαναλαμβάνεται για την παραγωγή ενός νέου πεδίου με το όνομα Weight. Με την εντολή “AREA”/sum(“AREA”) υπολογίζεται για κάθε ένα από τα πολύγωνα ο συντελεστής βάρους.

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι συντελεστές Thiessen, που θα χρησιμοποιηθούν στη διπλωματική εργασία, όπως αυτοί υπολογίστηκαν.

Πίνακας 4.1: Συντελεστές Πολυγώνων Thiessen

Ονομασία Σταθμού	Υπολεκάνη Γέφυρας Καστρίου	Υπολεκάνη Γέφυρας Κομποτάδων	Συνολική Λεκάνη Απορροής
Πιτσιωτά	0.116	0.089	0.055
Λαμία	0	0.002	0.236
Τρίλοφο	0.172	0.15	0.092
Νεοχώρι Τυμφρηστού	0.044	0.033	0.02
Ζηλευτό	0.01	0.124	0.078
Υπάτη	0.152	0.212	0.141
Τυμφρηστός	0.27	0.207	0.126
Γραμμένη Οξιά	0.131	0.101	0.061
Καρπενήσι	0	0	0
Κρίκελλο	0.019	0.014	0.009
Δρυμαία	0	0	0.035
Άνω Μπράλος	0	0	0.066
Πυρά	0.031	0.024	0.056
Αθανάσιος Διάκος	0.055	0.043	0.025

Για την εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης της κάθε λεκάνης για την κοινή περίοδο μέτρησης βροχοπτώσεων 1966-1994 χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί που επηρεάζουν την κάθε λεκάνη με τα πρωτογενή σημειακά δεδομένα βροχόπτωσής τους καθώς και οι εκτάσεις επηρεασμού. Στη συνέχεια, για τον υπολογισμό της μέσης επιφανειακής μηνιαίας βροχόπτωσης έγινε εφαρμογή της Εξίσωσης 4.3.

$$P_o = \frac{\sum A_i P_i}{A} = \sum (A_i * \frac{P_i}{A}) \quad (4.3)$$

Όπου:

P_o : η μέση επιφανειακή μηνιαία βροχόπτωση της λεκάνης απορροής

P_i : η σημειακή μηνιαία βροχόπτωση του κάθε σταθμού που επηρεάζει την υπό μελέτη λεκάνη απορροής

A_i : το εμβαδόν επηρεασμού του κάθε σταθμού

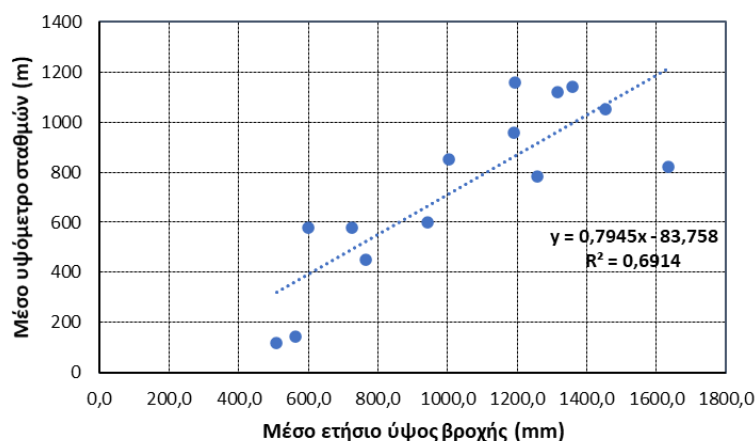
4.2.5 Αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής

Τέλος θα πρέπει να γίνει η αναγωγή των παραπάνω επιφανειακών βροχοπτώσεων, στο μέσο υψόμετρο κάθε λεκάνης. Η υψομετρική μέθοδος ή μέθοδος της βροχοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι το ύψος βροχής αυξάνει με την αύξηση του υψομέτρου. Η βροχοβαθμίδα εκφράζει τη σχέση υψομέτρου και βροχόπτωσης και πιο συγκεκριμένα εκφράζει τη μέση αύξηση ετήσιου σημειακού βροχομετρικού ύψους ανά 100 m αύξησης υψομέτρου (Τσακίρης, 2013). Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα μέσα υψόμετρα των 14 βροχομετρικών σταθμών και τα αντίστοιχα μέσα ετήσια σημειακά ύψη βροχής τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας.

Πίνακας 4.2: Υψόμετρα σταθμών και μέσες ετήσιες σημειακές βροχοπτώσεις

Σταθμοί	Υψόμετρα Σταθμών (m)	Μέσες Ετήσιες Σημειακές Βροχοπτώσεις (mm)
Πιτσιωτά	784	1258.5
Λαμία	144	563.8
Τρίλοφο	580	597.9
Νεοχώρι Τυμφρηστού	821	1634.5
Ζηλευτό	120	508.3
Υπάτη	450	765.4
Τυμφρηστός	850	1004
Γραμμένη Οξιά	1160	1194.0
Καρπενήσι	960	1191.2
Κρίκελλο	1120	1317.0
Δρυμαία	580	725.8
Άνω Μπράλος	600	941.8
Πυρά	1140	1357.7
Αθανάσιος Διάκος	1050	1454.8

Στο Σχήμα 4.4 παρουσιάζεται διάγραμμα με τετμημένη το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης του κάθε σταθμού και τεταγμένη το αντίστοιχο υψόμετρο του σταθμού. Στο διάγραμμα φαίνεται και η ευθεία της απλής γραμμικής παλινδρόμησης του πρώτου μεγέθους πάνω στο δεύτερο. Η βροχοβαθμίδα προκύπτει ως η κλίση της ευθείας αυτής, ενώ ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 είναι ένα μέτρο καλής προσαρμογής της ευθείας στα δεδομένα.



Σχήμα 4.4: Σχεδιάγραμμα υπογραφικής σχέσης λεκάνης απορροής Σπερχειού

Στον Πίνακα 4.3 περιλαμβάνονται τα απαραίτητα στοιχεία για την εκτέλεση της υψομετρικής αναγωγής των βροχοπτώσεων.

Πίνακας 4.3: Στοιχεία υψομετρικής αναγωγής

Υψομετρική Αναγωγή	Λεκάνη - Υπολεκάνες Απορροής		
	Γέφυρα Καστρίου	Γέφυρα Κομποτάδων	Συνολική Λεκάνη Απορροής Σπερχειού
Μέσο υψόμετρο λεκάνης (m)	780.0	707.3	625.7
Μέσο υψόμετρο σταθμών (m)	792.3	675.7	557.6
Επιφανειακό ετήσιο ύψος βροχής (mm)	1016.8	924.1	848.7
Βροχοβαθμίδα (mm/m)	0.794	0.794	0.794
Συντελεστής προσδιορισμού	0.691	0.691	0.691
Συντελεστής υψομετρικής αναγωγής	0.990	1.027	1.064

Στην περίπτωση και των τριών λεκανών απορροής που μελετώνται η βροχοβαθμίδα βρέθηκε 0.794 mm/m και ο συντελεστής προσδιορισμού 0.691.

Για την αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της κάθε λεκάνης υπολογίζεται ο συντελεστής υψομετρικής αναγωγής κάθε λεκάνης μ , με την Εξίσωση 4.4.

$$\mu = 1 + \beta * \frac{(Z_m - Z_{\text{μέσο}})}{P_0 * 100} \quad (4.4)$$

β : Βροχοβαθμίδα mm/m

Z_m : Μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής

$Z_{\text{μέσο}}$: Μέσο σταθμισμένο υψόμετρο σταθμών

Z_i : Υψόμετρο σταθμού i

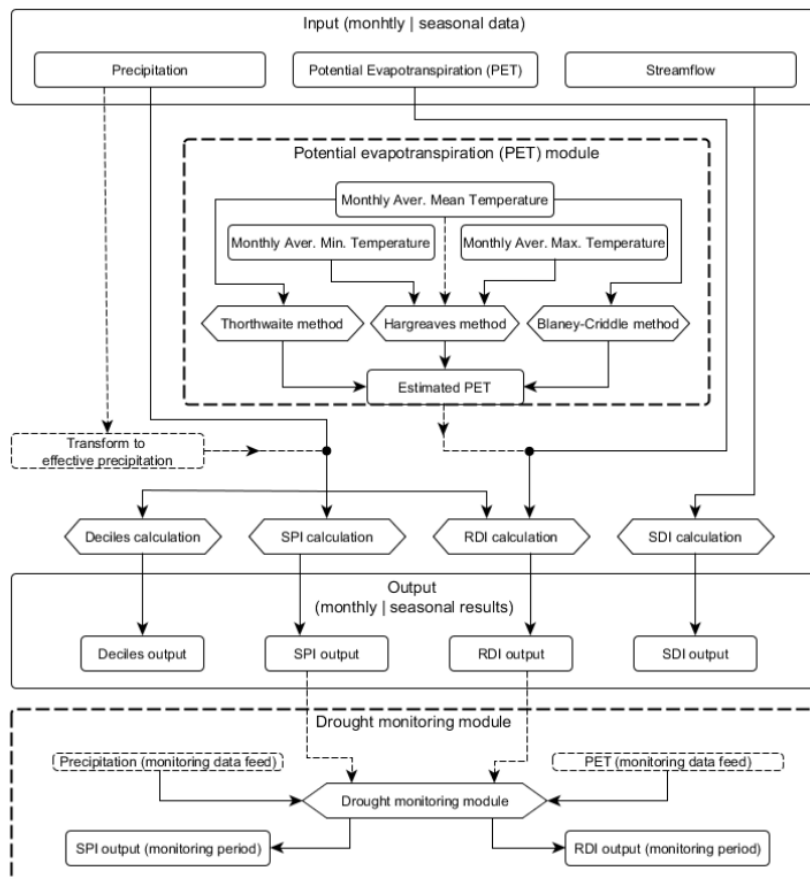
Για να προκύψουν λοιπόν οι τελικές βροχοπτώσεις (υψομετρικά ανηγμένες επιφανειακές μηνιαίες βροχοπτώσεις) για τις 3 λεκάνες, πολλαπλασιάζονται οι επιφανειακές βροχοπτώσεις που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο βήμα με τον συντελεστή αναγωγής κάθε λεκάνης. Τα αποτελέσματα αυτής της αναγωγής βρίσκονται υπό μορφή πινάκων στο Παράρτημα Α στους πίνακες Α.16, Α.17, Α.18.

4.2.6 Εξατμισοδιαπνοή

Τελευταίο από τα δεδομένα εισόδου του μοντέλου GR2M, είναι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Προτού υπολογιστεί η τιμή της εξατμισοδιαπνοής πρέπει να κατανοηθούν οι βασικές της έννοιες. Πιο συγκεκριμένα:

- **Εξάτμιση:** Είναι το φαινόμενο μέσω του οποίου τα μόρια ενός σώματος μεταπίπτουν από την υγρή ή τη στερεή κατάσταση, στην αέρια. Η εξάτμιση του νερού στην ατμόσφαιρα γίνεται από τις υδάτινες μάζες, όπως είναι οι ωκεανοί, οι λίμνες και τα ποτάμια και επίσης από τα έλη, το έδαφος και τις υγρές καλλιέργειες.
- **Διαπνοή:** Είναι η διεργασία με την οποία τα φυτά χρησιμοποιούν το νερό για το μεταβολισμό και την ανάπτυξη τους. Τα φυτά απορροφούν το εδαφικό νερό με το ριζικό τους σύστημα και το μεταβιβάζουν στην ατμόσφαιρα υπό μορφή υδρατμών, δια των πόρων που υπάρχουν στο φύλλωμα τους, που είναι γνωστοί ως στόματα. Η διαπνοή μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη διαδικασία με την εξάτμιση, με τη διαφορά ότι τα φυτά ελέγχουν την ποσότητα νερού που διαπνέεται ανοίγοντας και κλείνοντας τα στόματα του φυλλώματος.
- **Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή:** Η απευθείας εξάτμιση από το έδαφος και η διαπνοή γίνονται ταυτόχρονα στη φύση και είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι υδρατμοί που παράγονται με τις δυο διεργασίες. Ως εκ τούτου, ο όρος εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration - ET) χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη συνολική διεργασία μεταφοράς νερού στην ατμόσφαιρα από φυτοκαλυμμένες επιφάνειες.
- **Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή:** Η έννοια της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (potential evapotranspiration-EPT ή PET) χρησιμοποιείται ευρύτατα στη μελέτη της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής. Με τον όρο αυτό περιγράφεται η ποσότητα εξατμισοδιαπνοής που πραγματοποιείται σε πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες με χλωρίδα επιφάνειες, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι πάντα μικρότερη (συνήθως πολύ μικρότερη τους θερινούς μήνες) ή το πολύ ίση με την δυνητική εξατμισοδιαπνοή.

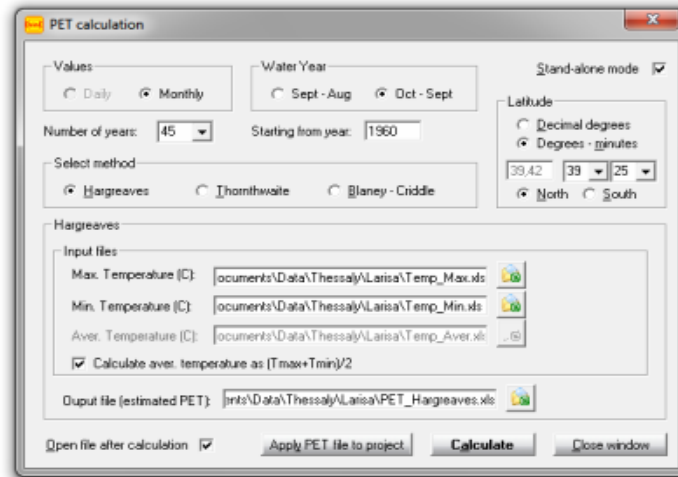
Η μεταβλητή που ενδιαφέρει το μοντέλο GR2M είναι η Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή (EPT ή PET). Ο όρος εισήχθη για πρώτη φορά από τον Thornthwaite (1948) για να εκφράσει τις απώλειες νερού από έδαφος με βλάστηση, όταν υπάρχει επάρκεια νερού. Την ίδια εποχή ο Penman (Penman, 1948) ανέπτυξε την πρώτη εξίσωση που βασίζεται σε κλιματικά δεδομένα και περιέγραψε τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Στην πραγματικότητα, η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από το έδαφος, την καλλιέργεια και τους κλιματικούς παράγοντες, χωρίς να είναι εύκολο να προσδιοριστούν επακριβώς αυτές οι επιδράσεις. Υπάρχει πληθώρα μεθόδων για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής όπως, η μέθοδος Penman και αργότερα Penman-Monteith, η μέθοδος Doorenbos-Pruitt, η μέθοδος Blaney-Criddle, η μέθοδος του απλού μοντέλου υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite, η μέθοδος Hargreaves-Samani κλπ. Στην διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Thornthwaite για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, μέσω του ελεύθερου λογισμικού DrinC. Το πακέτο λογισμικού με το όνομα DrinC αναπτύχθηκε στο Κέντρο Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων και Προληπτικού Σχεδιασμού και στο Εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των δεικτών ξηρασίας (SDI, RDI, κλπ.) κατάλληλα για χαρακτηρισμό ξηρασίας, παρακολούθηση ξηρασίας, χωρική ανάλυση ξηρασίας και διερεύνηση κλιματολογικών σεναρίων. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει, μέσω μιας διεπαφής που βασίζεται σε παράθυρα, μεταξύ πολλών επιλογών που μπορεί να ταιριάζουν καλύτερα στις συγκεκριμένες απαιτήσεις κάθε εργασίας ή μελέτης περίπτωσης. Επιπλέον, το DrinC περιλαμβάνει δύο ενότητες για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής μέσω μεθόδων με βάση τη θερμοκρασία και για την παρακολούθηση της ξηρασίας, αντίστοιχα (Tigkas et al., 2017). Η δομή του λογισμικού φαίνεται στο Σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5: Το διάγραμμα ροής του λογισμικού DrinC

Τα δεδομένα μπορεί να είναι μηνιαία, ετήσια ή εποχιακά και υπάρχει η επιλογή χρήσης πραγματικών (έως 150 ετών) ή συνθετικών (έως 1500 ετών) σειρών δεδομένων. Τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν απευθείας από αρχεία MS Excel (.xls). Για μηνιαία δεδομένα, το λογισμικό επιθεωρεί αυτόματα τη δομή του αρχείου και προσδιορίζει τη θέση των δεδομένων στο υπολογιστικό φύλλο, ενώ για ετήσια ή εποχικά δεδομένα ο χρήστης καθορίζει τα κελιά από τα οποία πρέπει να ξεκινήσει η φόρτωση. Το DrinC παρέχει μια ενότητα (Σχήμα 4.6) για τον υπολογισμό του μεγέθους PET με τρεις μεθόδους βασισμένες στη θερμοκρασία: Hargreaves (Hargreaves and Samani 1985), Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) και Blaney-Criddle (Doorenbos & Pruitt 1977).

Από αυτές τις μεθόδους, η πρώτη απαιτεί δεδομένα ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας (η μέση θερμοκρασία είναι προαιρετική), ενώ οι άλλες δύο απαιτούν μόνο δεδομένα μέσης θερμοκρασίας. Οι βασικές παράμετροι εισόδου που πρέπει να καθοριστούν είναι ο αριθμός των ετών, το έτος έναρξης και το γεωγραφικό πλάτος. Στο Σχήμα 4.6 απεικονίζεται η ενότητα υπολογισμού PET του λογισμικού DrinC.



Σχήμα 4.6: Η ενότητα υπολογισμού PET του λογισμικού DrinC

Για τον υπολογισμό του μεγέθους PET στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η μέθοδος Thornthwaite. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, για τη μέθοδο αυτή απαιτούνται δεδομένα μέσης θερμοκρασίας αέρα για τις 3 λεκάνες. Επειδή στα πλαίσια της εργασίας η εύρεση τέτοιων δεδομένων κρίθηκε αρκετά δύσκολη, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας μιας γειτονικής λεκάνης και, συγκεκριμένα, του Φράγματος του ταμιευτήρα Μόρνου (Κωσταντινίδης κ.α., 1991). Χρησιμοποιήθηκαν δηλαδή, οι μέσες μηνιαίες τιμές στη θέση του φράγματος του ταμιευτήρα Μόρνου για τη χρονική περίοδο 1970-71 έως 1986-87 που φαίνονται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες φράγματος Μόρνου (°C)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιουλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1970-71	15.1	12	7.7	8.2	6.1	8.7	11	20.4	24.5	24.8	26.8	20.4	15.5
1971-72	13.9	10	7.4	6.7	6	13.3	15.7	18.8	25.2	24.8	23.6	21	15.5
1972-73	13.4	10.3	6.4	5.3	7.1	8	13.4	21.6	24.2	26.5	25.3	21.6	15.3
1973-74	15.8	9.7	9	5	7	10.5	11.8	18.9	24.7	27.9	26.8	21.5	15.7
1974-75	16.5	9.7	5.7	4.7	4.4	11.4	15.2	19.2	22.2	25.4	24	23.8	15.2
1975-76	15	10.1	5.8	4.6	5.6	9.5	14.4	18.9	22	24.7	23.4	20.8	14.6
1976-77	16.1	10.6	7.5	5.5	9.8	12.1	13.9	20.9	24.7	28.8	27.1	20.1	16.4
1977-78	14.4	13	6	5.1	8.9	11.2	13.4	19.4	24.6	27.4	25.2	19.2	15.7
1978-79	14.8	8.3	9.3	5.9	8.4	11.8	12.6	17.9	23.8	25.6	24.7	21.8	15.4
1979-80	15.5	10.6	8.4	4.5	5.4	9.4	12	16.6	22.8	26.5	25.8	22.4	15.0
1980-81	18.1	12.5	7.2	2.9	6.2	12.3	14.3	17.2	24.9	25.5	24.8	21.3	15.6
1981-82	17.8	9	8.7	7.2	4.9	8.4	13.1	18.1	24.3	25.5	25.7	23.1	15.5
1982-83	16.7	10.1	7.7	5.5	4.3	9.5	16.1	19.9	21.7	25.4	23.8	20	15.1
1983-84	14.7	10.3	8.1	7.1	6.8	8.8	12	19.6	23.4	26.4	24.3	21.9	15.3
1984-85	18.5	11.2	6.9	6.7	6	9.2	15.5	21.1	24.6	27	26.5	22.1	16.3
1985-86	14.4	12.3	8.2	7	7.7	10.5	15.7	18.9	22.6	25.5	26	22	15.9
1986-87	15.6	9.4	5.5	7.1	7.2	5	12.8	17.6	24.2	28.5	27	24.4	15.4
Μέση τιμή	15.7	10.5	7.4	5.8	6.6	10.0	13.7	19.1	23.8	26.2	25.3	21.6	15.5
Τυπ. απόκ.	1.5	1.3	1.2	1.3	1.5	2.0	1.6	1.4	1.1	1.3	1.3	1.4	0.5

Πέρα από τον αριθμό ετών και το έτος έναρξης, απαιτείται και το γεωγραφικό πλάτος. Το γεωγραφικό πλάτος επιλέχθηκε από δεδομένα που παρέχει το πρώην Υπουργείο Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας (Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων).

Αναλυτικότερα επιλέχθηκε το πλάτος του Σταθμού Λαμία (ο σταθμός αυτός επηρεάζει και τις 3 λεκάνες απορροής) το οποίο ισούται με 38°54'. «Τρέχοντας» το λογισμικό DrinC για τα προαναφερθέντα δεδομένα εισόδου, προκύπτουν οι μηνιαίες τιμές δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για τις 3 λεκάνες απορροής, για τη χρονική περίοδο 1970-71 έως 1986-87, που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή Σπερχειού μέσω του λογισμικού DrinC (mm/μήνα)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1970-71	50.5	30.2	14.3	16.4	10.0	22.1	34.8	106.9	144.9	150.0	159.0	89.3	828.4
1971-72	44.1	22.5	13.5	11.8	9.8	44.2	62.3	93.6	151.8	150.0	129.2	93.7	826.6
1972-73	41.7	23.7	10.7	8.1	13.0	19.4	48.3	117.6	142.2	167.2	144.8	98.2	835.0
1973-74	53.2	20.5	17.7	6.8	11.9	28.9	37.8	93.1	146.4	182.2	159.0	96.5	853.9
1974-75	58.8	21.7	9.0	6.8	6.1	34.9	59.6	97.4	123.8	156.1	133.0	115.2	822.5
1975-76	52.8	25.1	10.5	7.6	10.1	28.2	57.4	97.6	123.9	150.2	129.1	94.5	786.9
1976-77	52.9	22.2	11.8	7.1	19.3	34.5	47.3	108.1	145.6	193.3	162.3	84.4	888.7
1977-78	46.1	34.0	9.3	7.3	18.2	32.8	47.4	97.9	145.7	176.6	143.6	80.4	839.2
1978-79	49.3	16.9	19.9	9.8	17.2	36.8	44.0	86.9	138.5	158.1	139.4	99.9	816.9
1979-80	53.9	25.7	17.4	6.6	8.8	26.2	41.5	77.9	129.8	167.2	149.7	104.9	809.6
1980-81	67.3	31.8	12.5	2.8	9.9	38.2	52.7	80.1	148.6	156.8	139.8	95.4	835.8
1981-82	65.8	18.7	17.3	13.1	6.9	20.6	45.9	87.6	142.9	156.9	148.4	109.3	833.2
1982-83	60.8	23.8	15.2	9.2	6.1	26.7	66.4	104.1	120.0	156.4	131.7	87.6	808.0
1983-84	49.0	24.1	16.0	13.4	12.3	23.1	40.9	100.9	134.9	166.2	135.8	100.8	817.4
1984-85	67.6	24.6	10.4	10.2	8.3	21.6	57.5	110.2	144.7	172.6	156.0	99.8	883.4
1985-86	45.7	30.7	15.3	12.1	14.0	29.1	61.1	93.3	126.3	156.7	151.2	100.4	835.8
1986-87	52.5	19.8	8.0	12.6	12.7	8.6	43.8	83.1	141.7	188.6	161.0	119.4	851.8
Μέση τιμή	53.7	24.5	13.4	9.5	11.4	28.0	49.9	96.2	138.3	165.0	145.5	98.2	833.7
Τυπ. απόκ.	7.9	4.8	3.5	3.4	4.0	8.6	9.3	11.0	9.9	13.5	11.5	10.2	25.6

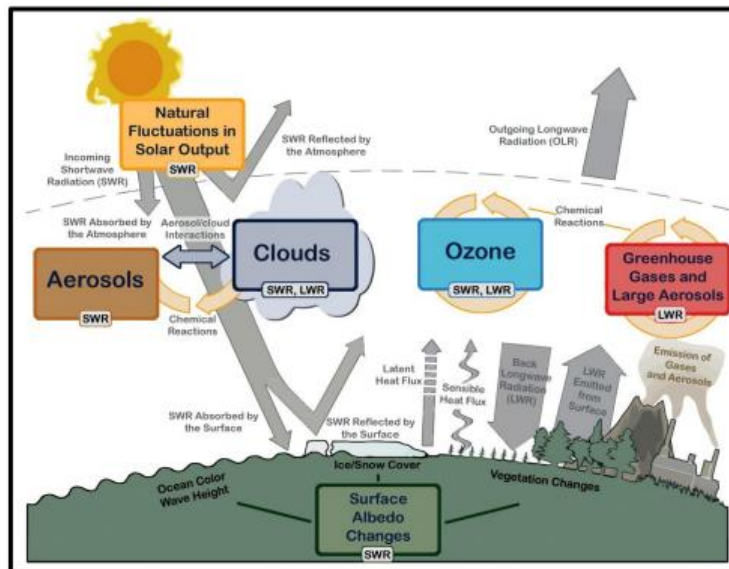
5 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

5.1 Εισαγωγή

Ο όρος κλιματική αλλαγή αναφέρεται στην αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος και ειδικότερα σε αλλαγές στις μετεωρολογικές συνθήκες που εκτείνονται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μια αλλαγή όπως αυτή μπορεί να επεκταθεί για αρκετές δεκαετίες ή ακόμα περισσότερα χρόνια, και περιλαμβάνει στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις είτε στη μέση κατάσταση του κλίματος είτε στη μεταβλητότητά του. Υπάρχει μια άμεση και έμμεση επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας στην κλιματική αλλαγή, για παράδειγμα, η μεταβολή των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (IPCC, 2007). Στη Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ως αλλαγή (άμεση ή έμμεση) λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική αλλαγή που έχει φυσικές αιτίες (United Nations, 1992).

5.2 Κύρια Αίτια Φαινομένου

Οι εσωτερικές και φυσικές κλιματολογικές διεργασίες, καθώς και μια σειρά εξωτερικών παραγόντων, επηρεάζουν το κλιματικό σύστημα. Υπάρχουν ποικίλοι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα (διακυμάνσεις πυκνότητας ηλιακού φωτός, ηφαιστειακή δραστηριότητα, κλπ.) και μπορεί να προκληθούν είτε από φυσικά γεγονότα (εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, παραγωγή σωματιδίων) είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες (αλλαγές στη χρήση γης, εφαρμογή ενώσεων που καταστρέφουν το όζον, (IPCC, 2007). Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1: Σχηματική παράσταση του ενεργειακού ισοζυγίου και των παραγόντων που επηρεάζουν το κλιματικό σύστημα (IPCC, 2013).

5.3 Επιπτώσεις Κλιματικής Αλλαγής

5.3.1 Κλίμα-Άνοδος Θερμοκρασίας

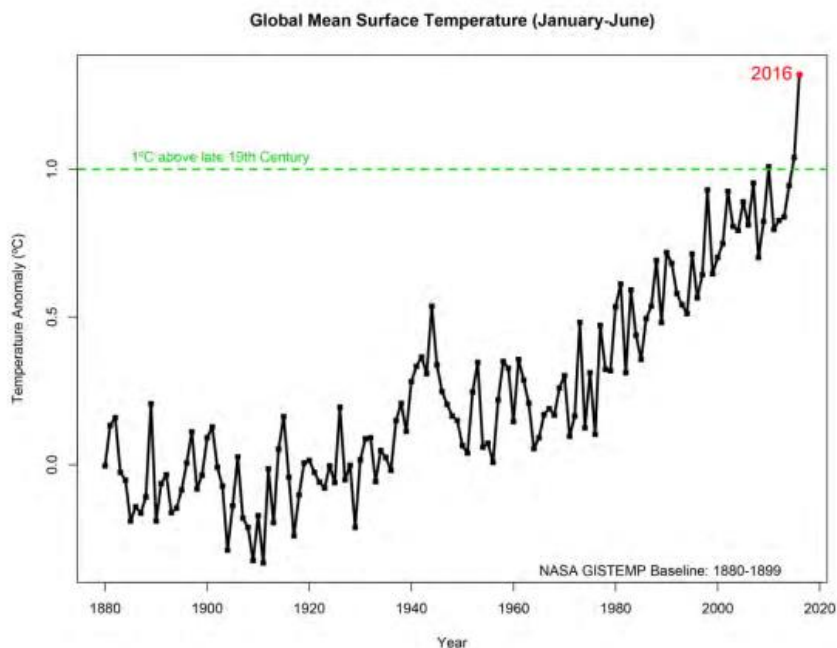
Η θερμοκρασία θεωρείται ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα και η αύξησή της μπορεί να αποδοθεί σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση των αερίων θερμοκηπίου. Οι αυξημένες θερμοκρασίες θα οδηγήσουν με τη σειρά τους σε αυξημένα επίπεδα βροχοπτώσεων παγκοσμίως, καθώς και σε αυξημένο αριθμό ετήσιων ημερών βροχόπτωσης και εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών (Σταυροπούλου, 2017). Όσον αφορά τις αλλαγές θερμοκρασίας, τα φαινόμενα που θα παρατηρηθούν είναι:

- Οι θερμοκρασίες του χειμώνα θα αλλάξουν περισσότερο από το καλοκαίρι.
- Οι ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες θα αυξηθούν περισσότερο από τις μέγιστες.
- Η γη θα θερμανθεί περισσότερο από τους ωκεανούς, δημιουργώντας περισσότερη δραστηριότητα των μουσώνων.
- Τα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη και υψόμετρα θα βιώσουν μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας.
- Ο αριθμός των ημερών παγετού θα μειωθεί και πιθανότατα θα υπάρξει κατακρήμιση με βροχή αντί για χιόνι.

Η αύξηση της θερμοκρασίας δημιουργεί αλυσιδωτές αντιδράσεις σε άλλα πεδία, που επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από αυτό. Σχετικά με τις επιπτώσεις της αύξησής της θερμοκρασίας περιλαμβάνονται τα εξής:

- Πλημμύρες παράκτιων περιοχών λόγω της αύξησης της στάθμης της θάλασσας
- Αλλαγή στη συχνότητα και την εποχικότητα των βροχοπτώσεων
- Πιθανή εξάπλωση υποτροπικών ερήμων
- Αλλαγές στη συχνότητα και την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων
- Ελλείψεις διαφόρων ειδών φυτών και ζώων
- Αλλαγές στην απόδοση των καλλιεργειών κλπ.

Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται γραφικά η εξέλιξη της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά την περίοδο 1880-2016.



Σχήμα 5.2: Εξέλιξη μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας στο διάστημα 1880-2016. (Πηγή: NASA 2016)

5.3.2 Υδατικά Συστήματα

Ο κύκλος του νερού και της ενέργειας ξεκινά όταν το νερό εξατμίζεται και όταν η υγρασία πέφτει στο έδαφος υπό τη μορφή κατακρημνίσματος (βροχή, χιόνι, χαλάζι κ.λπ.). Φτάνοντας στην επιφάνεια της γης, τα νερά χωρίζονται κυρίως σε εξάτμιση και διαπνοή (χρησιμοποιώντας φυτά), απορροή (χρησιμοποιώντας υδρογραφικά δίκτυα) και κατεισδύση. Δευτερογενώς, αυτό το σχήμα γίνεται πιο περίπλοκο, καθώς νερό που απορρέει είτε εξατμίζεται στη διαδρομή του είτε κατεισδύει μερικώς και, αντίθετα, νερό που έχει κατεισδύσει εξέρχεται στην επιφάνεια μέσω των πηγαίων εκφορτίσεων και συνεχίζει τη διαδρομή του με επιφανειακή απορροή και μερική εξάτμιση. Αλλαγές όπως αυτές μπορεί να συμβούν πολλές φορές. Επιπλέον, το νερό που εισέρχεται, πριν εμπλουτίσει τον υπόγειο υδροφόρο, καλύπτει κατά προτεραιότητα τις ανάγκες σε νερό του εδάφους και του υπεδάφους και του ριζικού συστήματος (κατακράτηση νερού, προσρόφηση, τριχοειδές), στο οποίο λαμβάνει χώρα η ανάπτυξη φυτικών και ζωικών οργανισμών. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό, γίνεται προφανές ότι οποιαδήποτε διαταραχή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων πιθανότατα θα αλλάξει τα υδρολογικά ισοζύγια (επιφανειακά ύδατα) και τα υδρογεωλογικά ισοζύγια (υπόγεια ύδατα) (Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, 2011).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα ύδατα, και πιο συγκεκριμένα στα υπόγεια ύδατα, μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- 1) Η αυξημένη εξάτμιση και η μείωση των βροχοπτώσεων είχαν ως αποτέλεσμα τη γενική μείωση της παροχής νερού και της ανανέωσης των υδροφορέων.
- 2) Αύξηση της αλάτωσης των παράκτιων υδροφορέων, ιδίως των καρστικών, με προέλαση της αλάτωσης της ενδοχώρας λόγω της μειωμένης παροχής νερού και της υπεράντλησης.
- 3) Η χαμηλότερη αραιώση οδηγεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ρύπων στα παράκτια σώματα νερού και στη θάλασσα.

- 4) Εντατικοποίηση της απόδοσης των περιοχών δέλτα, η οποία έχει ήδη ξεκινήσει λόγω της κατασκευής εγκάρσιων φραγμάτων στην ανάντη ζώνη (μείωση απορροής και στερεοπαροχής) και παράλληλες υποχωρήσεις στη ζώνη του δέλτα (άφιξη μεταφερόμενου υλικού σε ένα και μοναδικό στόμιο).
- 5) Οι υγρότοποι στις παράκτιες περιοχές υπόκεινται σε ρύπανση ή αποστράγγιση.
- 6) Επιδείνωση της ερημοποίησης που προκαλείται από έλλειψη νερού και αλλαγές εδάφους (συμπύκνωση, στεγανοποίηση, κ.λπ.).

5.3.3 Άνοδος Στάθμης της Θάλασσας

Από τα τέλη του 19^{ου} έως τις αρχές του 20^{ου} αιώνα μέχρι και σήμερα, οι ενόργανες μετρήσεις (παλίρροια και υψόμετρο δορυφόρου) δείχνουν αύξηση στο επίπεδο στάθμης με ρυθμό 1.8 mm/έτος. Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, οι δορυφορικές μετρήσεις δείχνουν ρυθμό αύξησης περίπου 3 mm/έτος (Bindoff et al., 2007).

Η θερμική επέκταση και ο παγετώνας ευθύνονται κυρίως για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας τα τελευταία 5000 χρόνια. Επί του παρόντος, η μέση υπερθέρμανση του πλανήτη εκτιμάται στα 1-2 mm/έτος, ωστόσο αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον καθώς οι μάζες των ωκεανών αυξάνονται λόγω της τήξης των παγετώνων (Church et al., 2001). Η ένταση της αύξησης της στάθμης της θάλασσας εξαρτάται από τα αέρια του θερμοκηπίου. Ως εκ τούτου, η αύξηση της θερμοκρασίας θα συσχετιστεί με την αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Έτσι, σύμφωνα με την ημι-εμπειρική σχέση μεταξύ της αύξησης της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και της αύξησης της στάθμης της θάλασσας του Rahmstorf (2007), τα επίπεδα της θάλασσας αυξάνονται 10 έως 30 cm για κάθε αύξηση 1°C. Στην πιο ακραία περίπτωση, η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί περίπου 48 cm έως το 2100, σύμφωνα με την IPCC (Prasad et al., 2009). Τα αυξημένα επίπεδα πλημμυρών επηρεάζουν τους υγροτόπους και τις υψομετρικά χαμηλές περιοχές, προκαλώντας διάβρωση των παραλιών, εντείνοντας τις πλημμύρες και αυξάνοντας την αλατότητα του νερού σε ποτάμια, όρμους και υπόγεια ύδατα. Η διάβρωση είναι η φυσική μετακίνηση ιζημάτων μακριά από την ακτή από κύματα και ρεύματα, αποτέλεσμα που επιδεινώνεται από τη συνολική άνοδο της στάθμης της θάλασσας με το τελικό αποτέλεσμα τη μετακίνηση των ζωνών Αιγιαλού και Παραλίας. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας αυξάνει επίσης την πιθανότητα παράκτιων πλημμυρών. Επιπρόσθετα, ο αυξημένος κίνδυνος πλημμύρας μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο για τον άνθρωπο, συμπεριλαμβανομένης της απειλής πλημμύρας και μόλυνσης των υδάτων. Επιπλέον, τα παράκτια οικοσυστήματα μεταβάλλονται ως συνέπεια της αλλαγής των γεωλογικών ιδιοτήτων και της αλάτωσης των παράκτιων υδροφορέων. Σε κοινωνικούς και οικονομικούς όρους, πολλές υποδομές έχουν υποστεί ζημιά, η αξία της γης πέφτει και πολλοί παραγωγικοί τομείς επηρεάζονται, τομείς οι οποίοι εξαρτώνται πλήρως από τα χαρακτηριστικά τέτοιων περιοχών όπως ο τουρισμός και η αλιεία (Καρτάλης, κ.ά., 2017).

5.3.4 Γεωργία

Η αγροτική παραγωγή αποτελεί έναν παραγωγικό τομέα που θα επηρεαστεί αρνητικά από την κλιματική αλλαγή, λόγω του γεγονότος ότι το κλίμα είναι κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τον τύπο, την ποσότητα και την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων. Οι καλλιέργειες επηρεάζονται κυρίως από κλιματικές μεταβλητές όπως η θερμοκρασία αέρα, η βροχόπτωση, η ένταση και η διάρκεια της έκθεσης στο ηλιακό φως, η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα, καθώς και η διάρκεια και η ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων. Η γεωργική παραγωγή κινδυνεύει εξαιτίας της απώλειας καλλιεργήσιμης γης, των μικρότερων εποχών καλλιέργειας

και της αβεβαιότητας σχετικά με τις καλλιέργειες που είναι κατάλληλες για τις νέες κλιματολογικές συνθήκες. Μέσω των αλλαγών στις βροχοπτώσεις, της εκτιμώμενης αύξησης των θερμοκρασιών και των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου και των αυξανόμενων ακραίων καιρικών φαινομένων, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αλλάξει τα αποθέματα τροφίμων παγκοσμίως. Οι αναπτυσσόμενες χώρες θεωρούνται όλο και περισσότερο πιο ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή λόγω του κυρίαρχου ρόλου της γεωργίας στις οικονομίες τους (Karamanos & Voloudakis, 2011). Μια έκθεση που δημοσιεύθηκε από το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Τροφίμων (WFP) πιθανολογεί ότι οι φυσικές καταστροφές όπως η ξηρασία και οι πλημμύρες θα μειώσουν την διαθέσιμη γη για καλλιέργειες. Θα σημειωθεί αύξηση του αριθμού των υποσιτισμένων παιδιών κατά 6 εκατομμύρια στην Ασία, 10 εκατομμύρια στην Αφρική και 1 εκατομμύριο στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Λατινική Αμερική λόγω των κλιματικών επιπτώσεων στην απόδοση των καλλιεργειών.

5.3.5 Αλιεία-Υδατοκαλλιέργειες

Ένα από τα σημαντικότερα σημάδια της κλιματικής αλλαγής μπορεί να φανεί στην μετανάστευση θαλάσσιων ειδών προς τα βόρεια, καθώς απαιτούν ένα στενό εύρος θερμοκρασίας για να ευδοκιμήσουν, και επιπλέον ακολουθούν τα διάφορα είδη φυτοπλαγκτόν και άλλων θαλάσσιων οργανισμών που αποτελούν τη τροφή τους, καθώς και αυτά με τη σειρά τους μεταναστεύουν πιο βόρεια σε ψυχρότερα νερά προς επιβίωση. Αυτό συνεπάγεται μια αλυσιδωτή αντίδραση η οποία λαμβάνει χώρα όταν κάποια είδη εισάγονται σε μια περιοχή και απειλούν εκείνα τα οποία ζουν ήδη εκεί. Μια ακόμη επίπτωση της κλιματικής αλλαγής στην αλιεία είναι το φαινόμενο του ευτροφισμού. Εκτός από την κίνηση των ειδών, η κλιματική αλλαγή ασκεί πίεση στα θαλάσσια οικοσυστήματα και την αλιεία, αλλάζοντας τις δυνατότητες αλιευτικής δραστηριότητας. Επιπλέον, η λεύκανση των κοραλλιών συμβαίνει σε όλο τον κόσμο λόγω της αυξημένης οξύτητας του θαλασσινού νερού. Τέλος, καθώς αυξάνεται η συχνότητα των ακραίων καιρικών φαινομένων, οι αλιείς αναμένεται να χάσουν περισσότερο εισόδημα και να σημειωθούν απώλειες στις εγκαταστάσεις και στον εξοπλισμό τους (Remoundou & Kountouri, 2011). Τα χαρακτηριστικά της κλιματικής αλλαγής που ενδέχεται να επηρεάσουν περισσότερο την υδατοκαλλιέργεια περιλαμβάνουν την υπερθέρμανση του πλανήτη, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την έλλειψη γλυκού νερού και την αυξημένη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων. Τα ψάρια και τα θαλάσσια είδη που καλλιεργούνται σε αυτά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία, γεγονός που τα καθιστά ιδιαίτερα ευάλωτα σε μεταβολές θερμοκρασίας που επηρεάζουν το μεταβολισμό τους, τον ρυθμό πολλαπλασιασμού τους, την παραγωγικότητά τους και την ευαισθησία τους σε ασθένειες και τοξικές ουσίες.

Επιπλέον, το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας του είδους ποικίλλει, επομένως υπάρχει η προσδοκία ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα επηρεάσει το σημείο όπου εμφανίζεται η υδατοκαλλιέργεια. Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ακραίες καιρικές συνθήκες που αναμένεται να επιδεινωθούν, θα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα των εργαζομένων στη γεωργία και την ευαισθησία τους σε τοξικές ουσίες και ασθένειες. Επιπλέον, το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας ποικίλλει μεταξύ των ειδών, επομένως μια αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας αναμένεται να επηρεάσει την τοποθεσία της υδατοκαλλιέργειας.

Οι ακραίες καιρικές συνθήκες που αναμένεται να επιδεινωθούν σε συχνότητα και ένταση θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στη λειψυδρία και θα μειώσουν τον όγκο του νερού των μεγάλων ποταμών στους οποίους πραγματοποιείται η υδατοκαλλιέργεια. Ωστόσο, η ένταση των

κλιματικών επιπτώσεων στην ιχθυοκαλλιέργεια θα εξαρτηθεί από την χρησιμοποιούμενη τεχνική εκτροφής, δηλαδή εάν το ψάρι εκτρέφεται σε αλάτι, φρέσκο ή υφάλμυρο νερό.

Γενικά, οι τελικές επιπτώσεις στην υδατοκαλλιέργεια αναμένεται να είναι τόσο θετικές όσο και αρνητικές, ανάλογα με τις έμμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους φυσικούς πόρους που απαιτούνται για τις καλλιέργειες, το νερό, τα τρόφιμα, τη γη και την ενέργεια και τη δυνατότητα προσαρμογής.

5.3.6 Βιοποικιλότητα-Οικοσυστήματα

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, οι κύριες πιέσεις στη βιοποικιλότητα, σε πανευρωπαϊκή κλίμακα, είναι η αστική επέκταση, η ανάπτυξη υποδομών, η οξίνιση του νερού και του εδάφους, ο ευτροφισμός, η απερίημωση, η υπερεκμετάλλευση των πόρων, η εντατικοποίηση της γεωργίας και η εγκατάλειψη της γης. Η κλιματική αλλαγή αποτελεί σοβαρή απειλή για πολλά είδη και μορφές άγριας ζωής, ιδίως για παράκτια οικοσυστήματα και ορεινούς οικότοπους. Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα μπορεί να φανεί τόσο ως προς την ικανότητα επιβίωσης των οικοτόπων όσο και των ειδών. Είναι σαφές ότι η αυξημένη μέση θερμοκρασία και τα συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα θα έχουν σημαντική επίδραση στα οικοσυστήματα, καθώς και αλλαγές στις βροχοπτώσεις και πιθανώς μειωμένο διαθέσιμο νερό παγκοσμίως (ΥΠΕΚΑ, 2014). Οι κύριες επιπτώσεις στα οικοσυστήματα είναι:

- 1) Η τροποποίηση του φυσικού ρυθμού διαδικασιών όπως η αναπαραγωγή και η μετανάστευση ειδών
- 2) Η τροποποίηση της περιόδου βλάστησης
- 3) Οι αλλαγές στις αποδημητικές κοινότητες πτηνών
- 4) Ο κίνδυνος τα περισσότερα είδη αμφιβίων και ερπετών να μην έχουν κατάλληλους οικοτόπους έως το 2050
- 5) Το γεγονός ότι περισσότερο από το 50% των ειδών της ευρωπαϊκής χλωρίδας εκτιμάται ότι θα είναι ευάλωτα έως το 2080 (Kartalis et al., 2017)

Ένα μεγάλο απειλούμενο οικοσύστημα είναι οι κοραλλιογενείς ύφαλοι. Η κλιματική αλλαγή δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για την επιβίωση του υφάλου και, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Παγκόσμιων Πόρων, εάν συνεχιστούν οι παγκόσμιες και τοπικές απειλές υφάλων, όλοι οι ύφαλοι είναι πιθανό να εξαφανιστούν έως το 2050. Ο μεγάλος Κοραλλιογενής Ύφαλος της Αυστραλίας, ο μεγαλύτερος ύφαλος στον κόσμο, υφίσταται ισχυρό πλήγμα λόγω κλιματικής αλλαγής καθώς, σχεδόν τα δύο τρίτα της περιοχής του έχουν καταστραφεί, μια κατάσταση που δεν μπορεί να αποκατασταθεί μέσω φυσικών διαδικασιών.

5.3.7 Υγεία

Μια κύρια συνέπεια της κλιματικής αλλαγής θα είναι ένας αρκετά αρνητικός αντίκτυπος στα πιο σημαντικά στοιχεία για την καλή υγεία: καθαρός αέρας, καθαρό νερό, επαρκές φαγητό και επαρκής διαμονή και γενική υγεία. Η υπερθέρμανση του πλανήτη αλλάζει το κλίμα της γης γρηγορότερα από οποιαδήποτε στιγμή στην ιστορία, οπότε πολλές από τις επιπτώσεις αυτής της αλλαγής στην υγεία θα γίνουν αισθητές πιο έντονα. Αυτές οι αλλαγές έχουν ήδη αντίκτυπο στην υγεία:

- Ορισμένα κράτη έχουν σημειώσει αύξηση του αριθμού των θανάτων που σχετίζονται με τη θερμότητα (θερμοπληξία κλπ.), ενώ άλλες χώρες, έχουν παρατηρήσει μείωση των

θανάτων που σχετίζονται με το κρύο. Ιδιαίτερα μεταξύ των ηλικιωμένων, τα κύματα θερμότητας συμβάλλουν σημαντικά στους θανάτους από καρδιαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα. Οι αυξημένες θερμοκρασίες οδηγούν επίσης σε υψηλότερα επίπεδα όζοντος, που επιδεινώνει τις καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις.

- Υπάρχει αύξηση του κινδύνου ορισμένων μολυσματικών ασθενειών που προκαλούνται από πλημμύρες, ξηρασία και μολυσμένο νερό. Βλέπουμε ήδη μια αλλαγή στη κατανομή ορισμένων ασθενειών που μεταδίδονται στο νερό και των ασθενών που πάσχουν από αυτές τις ασθένειες.

Οι προβλέψεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας υποδηλώνουν ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή αναμένεται να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην υγεία. Αυτές οι επιπτώσεις θα προκύψουν ως αποτέλεσμα της αύξησης των βροχοπτώσεων, των πλημμυρών, της ξηρασίας και των πυρκαγιών που θα επηρεάσουν την παροχή νερού, την παραγωγή τροφίμων και τη συνολική διαχείριση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Οι αυξημένες θερμοκρασίες μπορεί να συμβάλλουν στην αύξηση της νοσηρότητας και της θνησιμότητας σε σχέση με τη διατροφή, την παροχή νερού και την ποιότητα του αέρα. Η μεγαλύτερη συχνότητα των καυσώνων αναμένεται να οδηγήσει σε αύξηση της θνησιμότητας από θερμοπληξίες και θερμικό στρες (Υφαντόπουλος κ.ά., 2011).

5.4 Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC)

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) είναι μια επιστημονική διακυβερνητική επιτροπή υπό την αιγίδα του Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών. Ιδρύθηκε το 1988 από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών. Είναι ένας διεθνής επιστημονικός φορέας που ασχολείται με τη μελέτη και την αξιολόγηση της κλιματικής αλλαγής και σκοπός της επιτροπής είναι να αξιολογήσει την επιστημονική βάση γνώσεων και την έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής. Η επιτροπή αξιολογεί επίσης τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται από τον άνθρωπο, εξετάζοντας πιθανές πολιτικές και δράσεις για την αντιμετώπιση των πιθανών κινδύνων.

Το Διοικητικό Συμβούλιο της IPCC αποτελείται από μια σειρά από διαφορετικές επιστημονικές ομάδες, καθεμία από τις οποίες έχει τη δική της ευθύνη. Αυτές οι ομάδες είναι οι εξής:

- Ομάδα εργασίας I (WGI): Αξιολογεί τις επιστημονικές πτυχές του κλιματικού συστήματος και της αλλαγής του.
- Ομάδα εργασίας II (WGII): Αξιολογεί την ευπάθεια των κοινωνικοοικονομικών και φυσικών συστημάτων στην κλιματική αλλαγή, τις συνέπειές της και την ικανότητά τους να προσαρμόζονται στα νέα δεδομένα.
- Ομάδα εργασίας III (WGIII): Εξετάζει τη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής.

Οι επιστήμονες της IPCC συνεργάζονται για να συντονίσουν ομάδες επιστημόνων από όλο τον κόσμο. Έχουν δημοσιεύσει πέντε εκθέσεις (1990, 1995, 2001, 2007 και 2014) σχετικά με την κλιματική αλλαγή στη Γη και τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις της. Οι εκθέσεις της IPCC αποτελούν σημείο αναφοράς για θέματα κλιματικής αλλαγής και βασίζονται σε επιστημονικές δημοσιεύσεις από ειδικούς ερευνητές. Είναι το όργανο του ΟΗΕ το οποίο είναι υπεύθυνο για

τη συλλογή των τελευταίων επιστημονικών ευρημάτων σχετικά με την αλλαγή του κλίματος και την έγκυρη ενημέρωση όχι μόνο για τους κινδύνους και τις επιπτώσεις της, αλλά και για τις στρατηγικές προσαρμογής και τους τρόπους μετριασμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Κάθε χρόνο, η επιτροπή δημοσιεύει μεγάλες λεπτομερείς εκθέσεις για την κλιματική αλλαγή, τα αποτελέσματα των οποίων γράφονται από χιλιάδες επιστήμονες και κρίνονται από άλλους επιστήμονες. Η τελευταία λεπτομερής έκθεση παρουσιάστηκε το 2014 και η επόμενη, για την οποία έχει ήδη ξεκινήσει η διαδικασία γραφής, έχει προγραμματιστεί να πραγματοποιηθεί το 2022 (Δημόπουλος, 2019).

Επίσης, σκοπός της επιτροπής είναι να προωθήσει τις επιστημονικές γνώσεις σε θέματα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, το περιβάλλον και το κοινωνικοοικονομικό αποτύπωμα της κλιματικής αλλαγής, την αξιολόγηση των υφιστάμενων επιστημονικών γνώσεων για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής, καθώς και την αξιολόγηση των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος που προκαλείται από τον άνθρωπο εξετάζοντας πιθανές πολιτικές και δράσεις για την αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων. Επιπλέον, η επιτροπή ερευνά την κλιματική αλλαγή που σχετίζεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα και αξιολογεί τον αντίκτυπό της στην ευημερία, προτείνοντας πολιτικές και δράσεις για την αποφυγή ή την αντιμετώπιση των κινδύνων. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) δημοσίευσε επομένως επιστημονικές εκθέσεις για την κλιματική αλλαγή που είναι έγκυρες και αξιόπιστες. Ακολουθεί μια σύνοψη των πέντε εκθέσεων αξιολόγησης της IPCC. (με έμφαση στις δύο τελευταίες αναφορές, οι οποίες είναι και οι πιο πρόσφατες).

5.4.1 Πρώτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (1990)

Η πρώτη έκθεση της IPCC δημοσιεύθηκε το 1990 και ανέφερε πως οι ανθρώπινες δραστηριότητες ευθύνονται για τις όλο και αυξανόμενες συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία οδηγούν σε αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έκθεσης αναμένεται:

- Διπλασιασμός της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα μεταξύ 2025 – 2050.
- Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας από 1.5°C έως 4.5°C.
- Αύξηση της στάθμης της θάλασσας 0.3-0.5 m μέχρι το 2050 και 1 m μέχρι το 2100.

Αυτές οι εκτιμήσεις αποτέλεσαν μια επιστημονική και τεχνολογική βάση για τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή το 1992 (IPCC, 1990).

5.4.2 Δεύτερη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (1995)

Με βάση τη δεύτερη έκθεση IPCC, που δημοσιεύθηκε το 1995, οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου είχαν αυξηθεί κατά 80% από τα προ-βιομηχανικά επίπεδα. Εξετάζεται μια σειρά προσεγγίσεων μείωσης των εκπομπών, καθώς οι εκτιμήσεις δείχνουν μια παγκόσμια αύξηση θερμοκρασίας από 1.5°C έως 4.5°C έως το 2100 και μια αύξηση της στάθμης της θάλασσας από 0.15 έως 0.95 m μέχρι το 2100 ανάλογα με τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών και το ρυθμό τήξης του πάγου. Εδώ η κλιματική αλλαγή ορίζεται ως μια χρονική περίοδος κατά την οποία το κλίμα αλλάζει, είτε λόγω φυσικών διακυμάνσεων είτε ως αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων (IPCC, 1995).

5.4.3 Τρίτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (2001)

Στην τρίτη έκθεση της IPCC, που δημοσιεύτηκε το 2001, επισημάνθηκε ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνέβαλαν στην υπερθέρμανση του πλανήτη τα τελευταία 50 χρόνια μέσω των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Αναφέρθηκε ότι τομείς της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι παγκόσμιες θερμοκρασίες θα αυξηθούν από 1.5°C στους 4.5°C μέχρι το τέλος του 2100, ενώ η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί από 0.09 m έως 0.88 m (IPCC, 2001).

5.4.4 Τέταρτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (2007)

Η τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Ομάδας για την Κλιματική Αλλαγή (Fourth Assessment Report, AR4, ή Climate Change 2007) είναι η τελική έκθεση της επιτροπής για την κλιματική αλλαγή που ολοκληρώθηκε το 2007.

Υπάρχουν τρεις τόμοι στην έκθεση, οι οποίες περιέχουν τα ευρήματα ισάριθμων ομάδων εργασίας, και μια έκθεση που συνοψίζει τα συμπεράσματά αξιολόγησής τους:

- 1^η ομάδα εργασίας (WGI): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Περιέχει τα επιστημονικά δεδομένα της κλιματικής αλλαγής και τη σύνδεσή της με ανθρώπινες δραστηριότητες.
- 2^η ομάδα εργασίας (WGII): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Περιγράφει τις αναμενόμενες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και τις ανθρώπινες κοινωνίες, αξιολογώντας επίσης το βαθμό στον οποίο τα μέτρα πρόληψης και προσαρμογής θα είναι σε θέση να τις μειώσουν.
- 3^η ομάδα εργασίας (WGIII): Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Εξετάζεται η πιθανότητα πρόληψης καταστροφών και μετριασμού του φαινομένου της υπερθέρμανσης, εκτιμώντας το σχετικό οικονομικό κόστος αυτών των ενεργειών.

Υπάρχει επίσης μια περίληψη για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής (Summary for Policymakers) για κάθε ενότητα της αναφοράς. Στην τέταρτη αξιολόγηση της IPCC, προστέθηκαν νέες πληροφορίες από νέες παρατηρήσεις και βελτιωμένα κλιματικά μοντέλα στις ήδη υπάρχουσες κύριες ιδέες της τρίτης έκθεσης αξιολόγησης (TAR) του 2001.

1^η ομάδα εργασίας (WGI):

Αυτή η ομάδα δημοσίευσε τη σύνοψη της έκθεσης αξιολόγησής της στις 2 Φεβρουαρίου 2007. Στις 5 Φεβρουαρίου του 2007, δημοσιεύθηκε μια αναθεωρημένη έκδοση της έκθεσης και η τελική έκθεση στο σύνολό της δημοσιεύθηκε τον Μάρτιο του 2007. Η έκθεση αυτή περιλαμβάνει μια λεπτομερή αξιολόγηση των επιστημονικών στοιχείων σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και η απόδοση αυτών των αλλαγών σε ανθρώπινους ή φυσικούς παράγοντες, καθώς και μια προβολή μελλοντικών αλλαγών. 600 συγγραφείς από 40 χώρες παρακολούθησαν την έκθεση, η οποία εξετάστηκε από περισσότερους από 620 εμπειρογνώμονες και κυβερνητικούς εκπροσώπους. Η συνάντηση της Πρώτης Ομάδας Εργασίας IPCC που πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι τον Ιανουάριο του 2007 ήταν η 10^η συνεδρίαση της Πρώτης Ομάδας Εργασίας της IPCC, κατά τη διάρκεια της οποίας ζητήθηκε η γνώμη εκπροσώπων από 113 χώρες σχετικά με την τελική έγκριση της έκθεσης (29 Ιανουαρίου-1 Φεβρουαρίου 2007).

➤ Αξιολογήσεις

Ατμοσφαιρική σύνθεση:

Στην τέταρτη έκθεσή της, η ομάδα ανέφερε πολλές αλλαγές στο κλίμα της Γης, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στη σύνθεση της ατμόσφαιρας, τη μέση παγκόσμια θερμοκρασία και την κατάσταση του ωκεανού. Σύμφωνα με τα κύρια ευρήματά της:

- Το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το οξείδιο του αζώτου έχουν αυξηθεί σημαντικά από το 1750 ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας.
- Το ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα το 2005 (379 ppm) υπερβαίνει κατά πολύ τα φυσικά όρια των τελευταίων 650000 ετών (180-300 ppm).
- Το ποσοστό μεθανίου στην ατμόσφαιρα το 2005 (1774 ppb) υπερβαίνει κατά πολύ το φυσικό όριο των τελευταίων 650000 ετών (320-790 ppb).
- Η κύρια πηγή αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα είναι η χρήση ορυκτών καυσίμων.
- Η κύρια πηγή ανάπτυξης μεθανίου είναι πιθανώς ο συνδυασμός ανθρώπινων γεωργικών δραστηριοτήτων με τη χρήση ορυκτών καυσίμων.
- Η συγκέντρωση οξειδίου του αζώτου αυξήθηκε από 270 ppb στην προ-βιομηχανική εποχή σε 319 ppb το 2005. Περισσότερο από το ένα τρίτο της αύξησης οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα και κυρίως στη γεωργία.

Θέρμανση:

Όπως επισημαίνει η έκθεση της ομάδας εργασίας, οι ακραίες θερμοκρασίες έχουν αλλάξει δραματικά τα τελευταία 50 χρόνια, με πιο συχνές θερμές νύχτες και ημέρες ή φαινόμενα καύσωνα και σπανιότερα κύματα ψύχους. Ειδικότερα:

- Έντεκα από τα δώδεκα θερμότερα έτη από το 1850 καταγράφηκαν μεταξύ 1995 και 2006. Μεταξύ 1906 και 2005, εκτιμάται αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 0.74°C.
- Παρατηρήσεις από το 1961 υποδεικνύουν ότι οι ωκεανοί απορροφούν περισσότερο από το 80% της θερμότητας που προστίθεται στο κλιματικό σύστημα και ότι οι θερμοκρασίες τους έχουν αυξηθεί σε βάθος τουλάχιστον 3000 m, παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας.
- Οι μέσες θερμοκρασίες της Αρκτικής έχουν αυξηθεί περίπου δύο φορές πιο γρήγορα από τον παγκόσμιο μέσο όρο των τελευταίων 100 ετών.
- Κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, οι μέσες θερμοκρασίες στο βόρειο ημισφαίριο ήταν πιθανώς υψηλότερες από οποιαδήποτε άλλα πενήντα χρόνια των τελευταίων 500 ετών και πιθανώς οι υψηλότερες σε σύγκριση με εκείνες των τελευταίων 1300 ετών.
- Κατά την περίοδο 1961-2003, η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά μέσο όρο 1.8 mm/έτος (1.3-2.3 mm). Η αντίστοιχη αύξηση για την περίοδο 1993-2003 ήταν 3.1 mm/έτος, χωρίς να είναι σαφές εάν πρόκειται για μακροπρόθεσμη ροπή ή φυσική διακύμανση.

Με βάση το ενεργειακό ισοζύγιο της Γης, εξετάζεται το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη ή της ψύξης. Σύμφωνα με την έκθεση, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες, η θετική ενεργειακή συμβολή είναι της τάξεως των +1.6 watt/m². Η αύξηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας από το 1750 είχε ως αποτέλεσμα θετική συμβολή +0.12

watt/m². Η θετική συνεισφορά από αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το μονοξείδιο του αζώτου αυξάνει πιθανότατα (>90%) με ταχύτερο ρυθμό στη νεότερη εποχή (1750-σήμερα) σε σύγκριση με οποιαδήποτε περίοδο των τελευταίων 10000 ετών (IPCC, 2007).

Προβλέψεις για το μέλλον:

Οι προβλέψεις για μελλοντικές κλιματολογικές συνθήκες βασίζονται σε υπολογιστικές προσομοιώσεις που στηρίζονται σε εκτιμήσεις εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και στην υιοθέτηση διαφορετικών προβλέψεων για το μέλλον. Αρκετά σενάρια περιγράφονται στην έκθεση που δείχνουν ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα αυξηθεί οπουδήποτε από 0.2°C ανά δεκαετία, όπου υποθέτοντας ότι οι συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου παραμένουν στα επίπεδα του 2000, αναμένεται επίσης αύξηση 0.1°C ανά δεκαετία. Το ποσό βεβαιότητας που σχετίζεται με τέτοιες προβλέψεις εξαρτάται από το πόσο καλά οι προηγούμενες προβλέψεις ταιριάζουν με τις πραγματικές συνθήκες που παρατηρήθηκαν. Όσον αφορά τις προβλέψεις για άνοδο της στάθμης της θάλασσας, η πιο συντηρητική εκτίμηση είναι 18-38 cm ή 26-59 cm σύμφωνα με το πιο απαισιόδοξο σενάριο για μελλοντικά επίπεδα εκπομπών.

2^η ομάδα εργασίας (WGII):

Η σύνοψη της έκθεσης αξιολόγησης της δεύτερης ομάδας εργασίας της IPCC δημοσιεύτηκε στις 6 Απριλίου 2007, ενώ η πλήρης έκθεση εκδόθηκε τον ίδιο χρόνο, στις 18 Σεπτεμβρίου. Περιγράφει τις επιπτώσεις που αναμένεται ότι θα σημειωθούν στο φυσικό περιβάλλον και τις ανθρώπινες κοινωνίες εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, εκτιμώντας ότι σύμφωνα με «ενδείξεις από όλες τις ηπείρους και τους περισσότερους ωκεανούς της Γης, πολλά οικοσυστήματα επηρεάζονται από τοπικές κλιματικές μεταβολές και ειδικότερα από την αύξηση της θερμοκρασίας».

Συμπεράσματα και προβλέψεις:

Σύμφωνα με τα πορίσματα της δεύτερης ομάδας εργασίας, η πρόσφατη αλλαγή του κλίματος έχει ήδη ισχυρές επιδράσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, στα οικοσυστήματα, στους υδατικούς πόρους και στις παράκτιες περιοχές. Με βάση παρατηρούμενα δεδομένα από το 1970, θεωρείται πιθανό (>66%) πως η ανθρωπογενής θέρμανση έχει μέχρι σήμερα αισθητή επίδραση σε πολλά φυσικά και βιολογικά συστήματα. Εκτιμάται με υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης (>80%) ότι μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα η μέση ετήσια απορροή των ποταμών και η διαθεσιμότητα νερού θα αυξηθεί κατά 10-40% στα υψηλότερα υψόμετρα και σε ορισμένες τροπικές περιοχές, ενώ θα μειωθεί κατά 10-30% σε ξηρές περιοχές σε μέσο υψόμετρο. Ο αριθμός των άνδρων περιοχών αναμένεται να αυξηθεί, όπως και ο κίνδυνος πλημμυρών. Η δυνατότητα προσαρμογής πολλών οικοσυστημάτων ενδέχεται να ξεπεραστεί στη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα, εξαιτίας του συνδυασμού της κλιματικής αλλαγής και άλλων σχετικών φαινομένων (πλημμύρες, ξηρασίες, κ.λπ.). Περίπου 20-30% της υπάρχουσας χλωρίδας και πανίδας είναι πιθανό να γνωρίσει αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης, εφόσον η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 1.5-2.5°C. Οι παράκτιες περιοχές αναμένεται να αντιμετωπίσουν αυξημένο κίνδυνο εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, ενώ αρκετά εκατομμύρια ανθρώπων εκτιμάται πως θα έρθουν αντιμέτωποι με πλημμύρες μέχρι το 2080.

3^η ομάδα εργασίας (WGIII):

Η έκθεση της τρίτης ομάδας εργασίας αναλύει τις δυνατότητες λήψης μέτρων περιορισμού της κλιματικής αλλαγής, προτείνοντας παράλληλα μελλοντικές βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες στρατηγικές για το μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η

σύνοψη της έκθεσης εκδόθηκε στις 4 Μαΐου 2007 κατά την 26η διάσκεψη της επιτροπής, ενώ η πλήρης έκθεση δημοσιεύτηκε το Σεπτέμβριο του 2007. Το προσχέδιό της μελετήθηκε με τη συμμετοχή περισσότερων από 400 επιστημόνων και ειδικών από περίπου 120 χώρες. Για την έγκριση της τελικής πλήρους έκθεσης συμμετείχαν περισσότεροι από 2000 εκπρόσωποι. Κεντρικό σημείο διαφωνιών υπήρξε μία πρόταση περιορισμού των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου σε 445 - 650 ppm για την αποφυγή «επικίνδυνης κλιματικής αλλαγής», ενώ αναπτυσσόμενες χώρες επιθυμούσαν την αύξηση του κατώτερου προτεινόμενου ορίου. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της ομάδας εργασίας, η σταθεροποίηση της συγκέντρωσης των αερίων θερμοκηπίου είναι δυνατή και εύλογου οικονομικού κόστους, καθώς η σταθεροποίηση τους στα επίπεδα των 445-535 ppm κοστίζει λιγότερο από το 3% του παγκόσμιου ΑΕΠ.

Δυνατότητες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής:

Σύμφωνα με τη σύνοψη της έκθεσης, υπάρχει ευρεία συμφωνία και αρκετές ενδείξεις πως υπάρχουν οικονομικές προοπτικές για το μετριασμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά τις επόμενες δεκαετίες, έτσι ώστε να μετριαστεί η αυξητική τους πορεία των εκπομπών ή ακόμα και αυτές να μειωθούν κάτω από τα επίπεδα στα οποία κυμαίνονταν το 2007, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικά και κοινωνικά πλεονεκτήματα. Στον τομέα της ενέργειας, η Διακυβερνητική Επιτροπή εκτιμά ότι οι ανανεώσιμες πηγές έχουν γενικά θετική συνεισφορά στην ενεργειακή ασφάλεια, στην απασχόληση και στην ποιότητα του αέρα. Μπορούν να παράσχουν το 30 - 35% της παραγωγής ενέργειας μέχρι το 2030 (σε σύγκριση με το ποσοστό του 18% το 2005), ενώ η πυρηνική ενέργεια μπορεί να ανέλθει από το 16% στο 18%. Ευρεία συμφωνία και ισχυρές ενδείξεις υπάρχουν ακόμα για τη δυνατότητα σταθεροποίησης της εκπομπής των αερίων θερμοκηπίου, η οποία σύμφωνα με την επιτροπή, μπορεί να επιτευχθεί μέχρι το 2050, με χρήση σύγχρονων τεχνολογιών υπό την προϋπόθεση ότι θα δοθούν αποτελεσματικά κίνητρα για τη χρήση και ανάπτυξή τους. Τονίζεται ότι η κυβερνητική χρηματοδότηση για την έρευνα στον τομέα της ενέργειας υπήρξε στάσιμη ή πτωτική από το 1987 μέχρι το 2007. Εκτιμάται ότι καθυστερήσεις στη μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου είναι ικανές να οδηγήσουν στην αύξηση του κινδύνου σοβαρών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, καθώς θα αυξάνει η χρήση των τεχνολογιών υψηλής εκπομπής των αερίων (IPCC, 2007).

5.4.5 Πέμπτη Έκθεση αξιολόγησης της IPCC (2014)

Η IPCC δημοσίευσε την πέμπτη έκθεση αξιολόγησης (AR5) το 2013 και το 2014. Παρέχοντας μια επισκόπηση της κατάστασης των γνώσεων σχετικά με την αλλαγή του κλίματος, αυτή η έκθεση περιλαμβάνει μια συζήτηση για νέα αποτελέσματα, επιστημονικά τεκμηριωμένες πληροφορίες για την κλιματική αλλαγή, επιλογές για δράση εναντίον της και προτεινόμενους τρόπους αντιμετώπισής της. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες εκθέσεις της επιτροπής, η 5^η έκθεση τονίζει την εκτίμηση των κοινωνικών και οικονομικών πτυχών της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της στην αειφόρο ανάπτυξη και βιωσιμότητα.

Τρεις ομάδες εργασίας της IPCC εξετάζουν κάθε πτυχή της επιστήμης που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή κατά την προετοιμασία των αξιολογήσεων και των ειδικών εκθέσεων IPCC. Με αυτόν τον τρόπο, η πρώτη ομάδα εργασίας ασχολήθηκε με την επιστημονική βάση της κλιματικής αλλαγής, η δεύτερη ομάδα εργασίας με τις επιπτώσεις και τις συνέπειες της επικείμενης κλιματικής αλλαγής, τόσο χωρικά όσο και χρονικά, ενώ η τρίτη ομάδα με τους τρόπους μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

Το πιο σημαντικό από τα πολλά νέα στοιχεία αυτής της έκθεσης είναι οι τέσσερις νέες υποθέσεις σχετικά με τις συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου, τη μελλοντική χρήση γης και την εξέλιξη της συγκέντρωσης των αερίων θερμοκηπίου. Νέα σενάρια, γνωστά ως

«αντιπροσωπευτικές τροχιές συγκέντρωσης», (RCP), αντικαθιστούν τα σενάρια στην προηγούμενη έκθεση της επιτροπής (AR4). Βασίζονται σε υποθέσεις σχετικά με την οικονομική, κοινωνική και πολιτική ανάπτυξη της ανθρωπότητας.

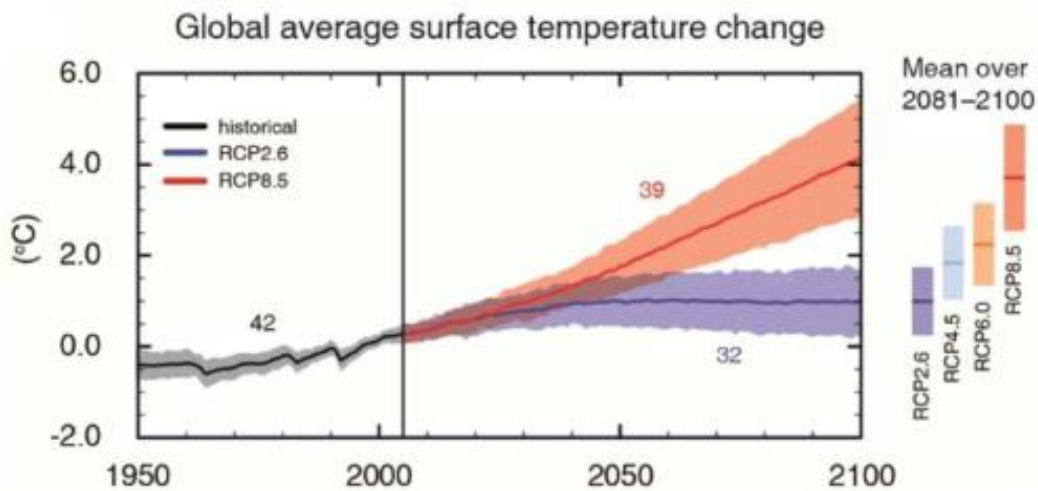
Υπάρχει μια αναφορά που υποδηλώνει ότι η μέση αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας για την περίοδο 2081-2100 (σε σύγκριση με την περίοδο 1986-2005) θα κυμαίνεται μεταξύ 0,3-4,8°C, ενώ η αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα είναι επίσης μεταξύ 0.26 και 0.82 m. Περίπου το 70% της ακτογραμμής στον κόσμο αναμένεται να αντιμετωπίσει αλλαγή της στάθμης της θάλασσας κατά 20% του παγκόσμιου μέσου όρου έως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα, αλλά η άνοδος δεν θα είναι η ίδια για όλες τις περιοχές. (IPCC, 2014).

- 5η ΕΚΘΕΣΗ IPCC – ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η πρόβλεψη της υπερθέρμανσης του πλανήτη τον 21^ο αιώνα ήταν δυνατή τόσο μέσω θεωρητικών προβλέψεων όσο και μέσω μοντελοποίησης. Και τα τέσσερα σενάρια RCP οδηγούν σε αυξήσεις στη θερμοκρασία της γης τον 21^ο αιώνα. Η υπερθέρμανση του πλανήτη αναμένεται να παραμείνει κάτω από τους 2°C σύμφωνα με το σενάριο RCP2.6. Και για τα δύο σενάρια RCP6.0 και RCP8.5, η αλλαγή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης στο τέλος του 21^{ου} αιώνα είναι πιθανό να υπερβεί τους 2°C, ενώ για το RCP4.5, η αλλαγή θερμοκρασίας είναι επίσης πιθανό να υπερβεί τους 2°C. Τρία σενάρια δείχνουν υπερθέρμανση του πλανήτη πάνω από 2°C τον 21^ο αιώνα, κάτι που συμβαδίζει με τα προηγούμενα σενάρια, τα SRES, A1B και A2 όπως δημοσιεύθηκαν σε προηγούμενες εκθέσεις IPCC. Σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5, οι παγκόσμιες θερμοκρασίες προβλέπεται να αυξηθούν πάνω από 4°C έως το 2100.

Σε σχεδόν όλα τα έτη του 21^{ου} αιώνα, το μέγεθος της αλλαγής της παγκόσμιας θερμοκρασίας αυξάνεται από RCP2.6 σε RCP8.5, με εξαίρεση τα έτη θέρμανσης 2046 - 2065 κατά τα οποία η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ελαφρώς μεγαλύτερη στο RCP4.5 σε σύγκριση με το RCP6.0. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας είναι σχεδόν η ίδια τα πρώτα είκοσι χρόνια μετά το 2005 και στα τέσσερα σενάρια. Το εύρος αύξησης της θερμοκρασίας της Γης μπορεί να είναι 1.4-5.8°C έως το 2100. Η μελλοντική αλλαγή του κλίματος και η υπερθέρμανση του πλανήτη θα εξαρτηθούν κυρίως από τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθώς ο κύριος λόγος αυτής της αύξησης είναι η εξάρτηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη από την αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Meehl et. al., 2007). Συνεπώς, οι μέσες παγκόσμιες θερμοκρασίες θα συνεχίσουν να αυξάνονται κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα εάν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) συνεχίσουν αμείωτες.

Η αλλαγή της θερμοκρασίας δεν θα είναι ομοιόμορφη σε όλον τον πλανήτη. Διαφορετικές περιοχές θα αντιμετωπίσουν διαφορετικές αλλαγές στη θερμοκρασία. Πάνω από το έδαφος, οι μέσες αλλαγές θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερες από εκείνες πάνω από τον ωκεανό. Θερμότερες θερμοκρασίες αναμένονται στις περιοχές της Αρκτικής και του Βόρειου Πόλου παρά στην Ανταρκτική και τον Νότιο Πόλο. Τα περισσότερα μέρη είναι πιθανό να έχουν περισσότερη θερμότητα και λιγότερες ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες λόγω της αύξησης των παγκόσμιων μέσων θερμοκρασιών. Αλλαγές αυτού του μεγέθους αναμένεται να πραγματοποιηθούν τόσο σε ετήσια βάση όσο και ως αποτέλεσμα εποχιακών διακυμάνσεων. Η άνοδος των παγκόσμιων θερμοκρασιών μπορεί να συμβάλει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, σε σοβαρά καιρικά φαινόμενα όπως τυφώνες και πλημμύρες και στην εξαφάνιση ειδών (IPCC, 2013). Στο Σχήμα 5.3 παρουσιάζεται το διάγραμμα αναμενόμενης αύξησης της πλανητικής θερμοκρασίας για κάθε σενάριο χωριστά



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα αναμενόμενης αύξησης της πλανητικής θερμοκρασίας για κάθε σενάριο χωριστά

- 5η ΕΚΘΕΣΗ IPCC – ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Δεν υπάρχει σχεδόν καμία αμφιβολία ότι οι παγκόσμιες βροχοπτώσεις θα αυξηθούν σε συνάρτηση με την αύξηση των παγκόσμιων μέσων θερμοκρασιών μακροπρόθεσμα. Οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις σε έναν πλανήτη που θερμαίνεται συνεχώς δεν θα είναι ομοιόμορφες. Μέχρι το τέλος του αιώνα, μπορούμε να αναμένουμε αύξηση των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, τις κοντινές περιοχές σε αυτά και στις ισημερινές περιοχές, και ιδίως υπό το ακραίο σενάριο RCP8.5. Σε πολλές περιοχές μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, όπως σε υποτροπικές άνυδρες περιοχές, η μέση βροχόπτωση αναμένεται να μειωθεί, ενώ σε πολλές μικρές, μεσαίου γεωγραφικού πλάτους περιοχές και υγροτόπους, η μέση βροχόπτωση αναμένεται να αυξηθεί, ειδικά στο RCP8.5. Τα περισσότερα σενάρια, συμπεριλαμβανομένων των RCP8.5 και RCP6.0, υποδηλώνουν ότι οι παγκόσμιες βροχοπτώσεις θα αυξηθούν από (1 σε 3%)/°C. Για το σενάριο RCP2.6, η αύξηση μπορεί να είναι μεταξύ (0.5 έως 2%)/°C στο τέλος του 21ου αιώνα. Σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5, πολλά μεσαία γεωγραφικά πλάτη και πολλές υποτροπικές άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές θα βιώσουν λιγότερες βροχερές μέρες, ενώ μερικοί υγροτοπικοί μεσαίου γεωγραφικού πλάτους ενδέχεται να βιώσουν περισσότερες μέχρι τα τέλη αυτού του αιώνα.

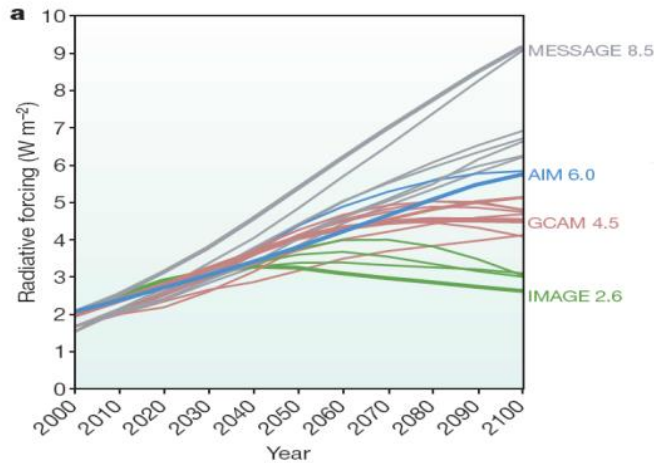
Θα υπάρξουν αυξήσεις σε ορισμένες περιοχές, ενώ άλλοι θα δουν μειώσεις και άλλοι δεν θα βλέπουν καμία σημαντική αλλαγή. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η μέση ετήσια διαφορά μεταξύ υγρών και ξηρών περιοχών είναι πιθανό να αυξηθεί. Με άλλα λόγια, πολύ ξηρές περιοχές θα γίνουν ακόμη πιο ξηρές και πολύ υγρές περιοχές ακόμη και πιο υγρές.

Με βάση τις μέσες τιμές βροχόπτωσης κατά τα τελευταία 20 χρόνια του 21^{ου} αιώνα, η αλλαγή υπερβαίνει τα 0.05 mm την ημέρα στο σενάριο RCP2.6 και 0.15 mm στο σενάριο RCP8.5 (IPCC, 2013).

5.5 Περιγραφή, Στόχος και Λειτουργία σεναρίων RCP

Η πρόβλεψη της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής απαιτεί να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες. Οι μελλοντικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, οι συγκεντρώσεις σωματιδίων, οι τεχνολογικές εξελίξεις, οι αλλαγές στην παραγωγή ενέργειας και τη χρήση γης, οι οικονομικές συνθήκες, η αύξηση του πληθυσμού και η γνώση βασικών κλιματικών μηχανισμών

συγκαταλέγονται σε αυτούς τους παράγοντες. Ως αποτέλεσμα αυτών των παραγόντων και δεδομένων, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) το 1992 δημοσίευσε το πρώτο της σενάριο για το κλίμα, που ονομάζεται IS92. Το έτος 2000 η IPCC εξέδωσε μια δεύτερη γενιά σεναρίων, που συλλογικά αναφερόταν ως ειδική έκθεση για τα σενάρια εκπομπών (SRES). Στη συνέχεια αυτά τα σενάρια χρησιμοποιήθηκαν στις επόμενες δύο εκθέσεις IPCC, στην τρίτη έκθεση αξιολόγησης (TAR) και στην τέταρτη έκθεση αξιολόγησης (AR4). Το 2014, η IPCC δημοσίευσε την 5^η Έκθεση Αξιολόγησης (AR5), η οποία περιλάμβανε ένα σύνολο σεναρίων που αποτελούσαν από τέσσερις Αντιπροσωπευτικές Διαδρομές Συγκέντρωσης (Representative Concentration Pathways - RCP), αντικαθιστώντας τα σενάρια SRES. Τα σενάρια RCP που παρουσιάζονται εδώ επικεντρώνονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όχι στους μηχανισμούς φυσικού κλίματος όπως η ηλιακή δραστηριότητα, η φαισταιακή δραστηριότητα ή και οι εκπομπές φυσικών αερίων θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τον ορισμό της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή, τα RCP είναι σενάρια που περιέχουν τροχιές συγκέντρωσης αερίων θερμοκηπίου καθώς και σωματιδιακής ύλης. Η ονομασία "αντιπροσωπευτικές τροχιές συγκέντρωσης" επιλέχθηκε για να τονιστεί η λογική πίσω από τη χρήση τους. Ο όρος «Representative» (αντιπροσωπευτικός) υποδεικνύει ότι το κάθε σενάριο RCP προωθεί μόνο ένα από τα πιθανά πολλά σενάρια που οδηγούν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Ο όρος «Pathways» (τροχιά) εστιάζει στην σημασία της πορείας των συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων για την μελέτη των συνεπειών από αυτά και για να τονιστεί ότι πρωταρχικός στόχος τους είναι να παρέχουν χρονικά εξαρτώμενες προβολές των συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών αερίων θερμοκηπίου (Wayne, G.P., 2013). Τα σενάρια RCP αναφέρονται στο μέλλον και εκτείνονται μέχρι και το 2300. Τα RCP χρησιμοποιούν αναβαθμισμένα ολοκληρωμένα μοντέλα αξιολόγησης που έχουν σχεδιαστεί για να προσφέρουν μια ευέλικτη, διαδραστική και επαναληπτική προσέγγιση σεναρίων αλλαγής του κλίματος (Moss et al., 2010). Αυτά τα σενάρια περιλαμβάνουν αρκετά αξιόπιστες προβλέψεις για μελλοντικές ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Basque, 2015) και περιλαμβάνουν πληροφορίες για διάφορους παράγοντες πέρα από τις συγκεντρώσεις και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως χρήση γης, κοινωνικές οικονομικές καταστάσεις και περιβαλλοντικές πολιτικές που ακολουθήθηκαν. Η συζήτηση για το μέλλον της έρευνας για το κλίμα ενισχύεται από τα RCP, τα οποία προσφέρουν μια πιθανή βάση για περαιτέρω έρευνα και αξιολόγηση, συμπεριλαμβανομένου του μετριάσμου των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου. Τα RCP είναι 4 σε αριθμό και είναι τα ακόλουθα, RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 και RCP8.5. Τα ονόματα των μεμονωμένων σεναρίων προέρχονται από ένα ισχυρό εύρος τιμών στη διαταραχή της ακτινοβολίας που ονομάζεται «διέγερση ακτινοβολίας» (radiative forcing), η οποία είναι η αλλαγή στην καθαρή ενέργεια που φθάνει στη Γη (διαφορά ενέργειας από ακτινοβολία που φθάνει στη Γη και ενέργειας που εκπέμπεται πίσω στο διάστημα από τη Γη με τη μορφή ακτινοβολίας). Εκφράζεται σε Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2). Οι τιμές για αυτά τα σενάρια για το 2100 είναι οι εξής: (+2.6, +4.5, +6.0 και +8.5 W/m^2). Θετικές τιμές διαφοράς στη διαταραχή της ακτινοβολίας σημαίνει περισσότερη εισερχόμενη ενέργεια από το ηλιακό φως από ό,τι ακτινοβολεί η Γη πίσω στο διάστημα. Αυτό το καθαρό ποσό ενέργειας οδηγεί σε θέρμανση του πλανήτη και αύξηση της πλανητικής θερμοκρασίας. Η τέταρτη έκθεση αξιολόγησης της IPCC (AR4) ορίζει τον όρο «radiative forcing» ως ένα παράγοντα στην μεταβολή της ισορροπίας εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας στο σύστημα της Γης - Ατμόσφαιρας.



Σχήμα 5.4: Τιμές στη διέγερση ακτινοβολίας (radiative forcing) για τα 4 σενάρια RCPs (Πηγή, Wayne G.P. 2013)

Στο παραπάνω διάγραμμα, του Σχήματος 5.4 εμφανίζονται οι τροχιές που εμπλέκονται στις διαταραχές της ακτινοβολίας για τα 4 σενάρια RCP με έντονη υπογράμμιση. Εκτός από τα τέσσερα τελικά σενάρια, οι λεπτές τροχιές χωρίς έντονη υπογράμμιση μπορούν να αποδοθούν στα άλλα υποψήφια σενάρια που βοήθησαν για την εξαγωγή των τροχιών των τελικών 4 σεναρίων. Αυτό το γράφημα δείχνει επίσης τις συνεισφορές των 4 ομάδων σε κάθε σενάριο RCP ξεχωριστά. Όπως φαίνεται για το έτος 2100, τα 4 σενάρια έχουν τιμές διαταραχής της ακτινοβολίας 2.6, 4.5, 6.0, 8.5 W/m² αντίστοιχα.

5.5.1 Το Σενάριο RCP2.6

Η ερευνητική ομάδα IMAGE και η Ολλανδική Υπηρεσία Αξιολόγησης Περιβάλλοντος και Πολιτικής ανέπτυξαν το σενάριο RCP2.6. Αυτό το σενάριο βασίζεται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου. Αναφέρεται ως σενάριο «αιχμής και μείωσης». Αρχικά, η διαταραχή της ακτινοβολίας σε αυτό το σενάριο αυξάνεται στα 3.1 W/m² στα μέσα του αιώνα και πέφτει στα 2.6 W/m² έως το 2100. Η διαταραχή της ακτινοβολίας σε αυτά τα επίπεδα απαιτεί τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (και έμμεσα τις ατμοσφαιρικές εκπομπές) να μειωθούν με την πάροδο του χρόνου (Van Vuuren et al., 2007a). Αυτό το σενάριο μπορεί να περιγράψει ως το καλύτερο σενάριο όσον αφορά τη μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂ κορυφώνονται έως το 2020 και μειώνονται σημαντικά έως το 2100. Σε λίγους μήνες, η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κορυφώνεται στα 440 ppm και αρχίζει να μειώνεται αργά. Κατά τα μέσα αυτού του αιώνα, ο παγκόσμιος πληθυσμός κορυφώνεται σε πάνω από 9 δισεκατομμύρια και η παγκόσμια οικονομία αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς. Υπάρχει μια μείωση στη χρήση λαδιού, αλλά η χρήση άλλων ορυκτών καυσίμων αυξάνεται και αντισταθμίζεται από τη δέσμευση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα. Υπάρχει μια αυξανόμενη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική, ωστόσο, η χρήση τους παραμένει χαμηλή. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι απίθανο να υπερβεί τους 2°C.

5.5.2 Το Σενάριο RCP4.5

Το Ινστιτούτο Ερευνών για την Παγκόσμια Αλλαγή (JGCR) και η ερευνητική ομάδα MiniCam στις Ηνωμένες Πολιτείες, ανέπτυξαν το σενάριο RCP4.5. Αυτό το σενάριο χαρακτηρίζεται ως

μετριοπαθές. Γύρω στα μέσα του αιώνα, οι εκπομπές ήταν περίπου κατά το ήμισυ υψηλότερες από τα αντίστοιχα επίπεδα τους το 2000 και στη συνέχεια μειώθηκαν για 30 χρόνια πριν σταθεροποιηθούν γύρω στα μισά επίπεδα του 2000. Η συγκέντρωση CO₂ συνεχίζει να αυξάνεται περίπου στα 520 ppm το 2070 και συνεχίζει να αυξάνεται αλλά πιο αργά. Σε σύγκριση με το σενάριο RCP2.6, η οικονομική ανάπτυξη είναι ελαφρώς χαμηλότερη και η αύξηση του πληθυσμού είναι μέτρια, ενώ η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι υψηλότερη. Γενικά, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η πυρηνική ενέργεια έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο.

5.5.3 Το Σενάριο RCP6.0

Το σενάριο RCP6.0 αναπτύχθηκε από το Εθνικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Μελετών (NIES) στην Ιαπωνία μαζί με την ερευνητική ομάδα του AIM (Asia-Pacific Integrated Model). Οι εκπομπές σε αυτό το σενάριο αναμένεται να διπλασιαστούν περίπου το 2080 και στη συνέχεια να μειωθούν δραματικά, αλλά παραμένοντας πολύ πάνω από τα τρέχοντα επίπεδα. Παρά τον βραδύτερο ρυθμό αύξησης καθώς προχωρά ο αιώνας, οι συγκεντρώσεις CO₂ συνέχισαν να αυξάνονται, φτάνοντας τα 620 ppm έως το 2100. Η αύξηση του πληθυσμού είναι ελαφρώς υψηλότερη, φτάνοντας τα 10 δισεκατομμύρια. Η αιχμή της κατανάλωσης ενέργειας αναμένεται να λάβει χώρα το 2060, και στη συνέχεια να μειωθεί στα τέλη του αιώνα σε επίπεδα παρόμοια με το RCP2.6. Παρά τα υψηλά επίπεδα κατανάλωσης πετρελαίου, η πυρηνική ενέργεια παίζει πολύ μικρότερο ρόλο σε αυτό το σενάριο από ό,τι στα άλλα τρία. Σε αυτό το σενάριο σταθεροποίησης, εάν χρησιμοποιηθούν στρατηγικές και τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, η διαταραχή της ακτινοβολίας θα μπορούσε να σταθεροποιηθεί έως το έτος 2100 χωρίς να προκαλέσει «φαινόμενο χιονοστιβάδας» (Hijioka et al., 2008).

5.5.4 Το Σενάριο RCP8.5

Το σενάριο RCP 8.5 αναπτύχθηκε από το Διεθνές Ινστιτούτο Ανάλυσης Εφαρμοσμένων Συστημάτων (IIASA) στην Αυστρία και την ερευνητική ομάδα MESSAGE. Σε αυτό το σενάριο οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου, οδηγώντας σε υψηλές συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου (Riahi et al., 2007). Είναι το πιο ακραίο σενάριο εκ των τεσσάρων, στο οποίο οι εκπομπές συνεχίζουν να αυξάνονται ραγδαία τα πρώτα χρόνια και μέχρι τα μέσα του αιώνα. Μέχρι το 2100, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα πρέπει να σταθεροποιηθούν σε λιγότερο από 30 gigatonnes άνθρακα σε σύγκριση με περίπου 8 gigatonnes το 2000. Τα επίπεδα CO₂ στην ατμόσφαιρα φτάνουν τα 950 ppm το 2100 και συνεχίζουν να αυξάνονται για άλλα 100 χρόνια. Η αύξηση του πληθυσμού είναι υψηλή, φτάνοντας τα 12 δισεκατομμύρια. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η οικονομική ανάπτυξη απαιτεί χαμηλότερα επίπεδα εισοδήματος και κατά κεφαλήν ανάπτυξη σε σύγκριση με το RCP6.0. Αυτό το σενάριο έχει υψηλή ζήτηση ενέργειας και, καθώς η συνολική κατανάλωση αυξάνεται καθ' όλη τη διάρκεια του αιώνα, η ποσότητα που καταναλώνεται φτάνει πάνω από τρεις φορές τα σημερινά επίπεδα. Ο ορυκτός άνθρακας παίζει τον σημαντικότερο ρόλο σε αυτό το σενάριο (Björnæs, 2015).

6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GR2M ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ

6.1 Διαθεσιμότητα δεδομένων

Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε στη περιοχή μελέτης είναι η διαθεσιμότητα των δεδομένων, που αφορούν κυρίως τις κλιματικές παραμέτρους. Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, στην περιοχή ανήκουν 14 βροχομετρικοί σταθμοί εκ των οποίων λίγοι είχαν διαθέσιμα δεδομένα από παλαιότερες μελέτες. Τα διαθέσιμα δεδομένα που απαιτούνται είναι οι μηνιαίες βροχοπτώσεις, η μηνιαία θερμοκρασία (και κατ' επέκταση, η μηνιαία δυνητική εξατμοδιαπνοή, και οι μέσες μηνιαίες απορροές. Τα δεδομένα βροχόπτωσης και απορροής αναζητήθηκαν σε παλαιότερες μελέτες, άμεσα διαθέσιμες. Σχετικά με τα δεδομένα της θερμοκρασίας, επειδή παρουσιάστηκε δυσκολία για την εύρεση δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα γειτονικής λεκάνης, αυτής του Μόρνου, δεδομένα που αντλήθηκαν από παλαιότερες μελέτες. Για τις 3 λεκάνες (μία κύρια και δύο υπολεκάνες) επιλέχθηκε κοινή χρονική περίοδος με γνώμονα τη διαθεσιμότητα των δεδομένων απορροής καθώς αυτή είναι χαμηλότερη από εκείνη της βροχόπτωσης. Όλες οι παραπάνω μετεωρολογικές μεταβλητές, έπρεπε να είναι εκφρασμένες σε μηνιαίο βήμα για τις ανάγκες του μοντέλου, ώστε να παραχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Όσον αφορά τη διαθεσιμότητα των χωρικών δεδομένων, εφόσον χρειάστηκε να σχεδιαστούν οι λεκάνες, μας δόθηκε ένα Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM), ανηγμένο στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ 87', ενώ οι συντεταγμένες των σημείων εξόδου των λεκανών αντλήθηκαν από τη βάση ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ, έναν ιστοχώρο που δίνει πρόσβαση σε υδρολογικά, μετεωρολογικά, υδρογεωλογικά και γεωγραφικά δεδομένα στην Ελλάδα, τα οποία προέρχονται από φορείς όπως το ΥΠΕΝ, η ΔΕΗ, η ΕΜΥ, το ΥΠΑΑΤ και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

6.2 Δεδομένα εισόδου και εξόδου

Στο 4^ο Κεφάλαιο περιεγράφηκαν τα δεδομένα που απαιτούνται για το «τρέξιμο» του μοντέλου βροχόπτωσης - απορροής. Τα δεδομένα εισόδου είναι οι μηνιαίες βροχοπτώσεις (mm), η μηνιαία δυνητική εξατμοδιαπνοή (mm), και οι μέσες μηνιαίες παρατηρούμενες απορροές (mm). Το μοντέλο GR2M περιγράφει την κάθε λεκάνη με δύο δεξαμενές, μια δεξαμενή εδάφους που ελέγχει τη λειτουργία παραγωγής απορροής με μέγιστη χωρητικότητα X_1 mm (η πρώτη ελεύθερη παράμετρος του μοντέλου) και μια δεξαμενή διόδευσης με χωρητικότητα 60 mm. Η πρώτη προορίζεται για την αναπαραγωγή υδρολογικών διεργασιών σε εδάφη και τις διεπαφές τους, ενώ η δεύτερη αφορά τη μεταφορά νερού στον ποταμό και ιδίως τις ανταλλαγές υπόγειων υδάτων. Επομένως, για να «τρέξει» το μοντέλο απαιτείται να εισαχθούν οι τιμές των 2 παραμέτρων του μοντέλου, της χωρητικότητας παραγωγής (X_1) και της παραμέτρου ανταλλαγής (X_2). Οι αρχικές τιμές των παραμέτρων αυτών όπως τις εμφάνισε το ίδιο το μοντέλο είναι $X_1 = 6.48$ mm, $X_2 = 0.80$ (αδιάστατη).

Σχετικά με τα δεδομένα εξόδου το μοντέλο βροχόπτωσης-απορροής GR2M παράγει τις προσομοιωμένες τιμές της απορροής για ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα.

6.3 Βαθμονόμηση και Επαλήθευση μοντέλου

6.3.1 Βαθμονόμηση

Για τη βαθμονόμηση ενός υδρολογικού μοντέλου πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των προσομοιωμένων απορροών των τριών λεκανών απορροής, με τις παρατηρούμενες απορροές, με σκοπό να επιτευχθεί επιλογή των παραμέτρων εκείνων που πετυχαίνουν την καλύτερη προσαρμογή του μοντέλου. Για να γίνει η βαθμονόμηση, απαιτείται ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα για το οποίο διατίθενται χρονοσειρές απορροής, ώστε να γίνει σύγκριση μεταξύ ιστορικών και προσομοιωμένων τιμών. Για τη βαθμονόμηση του μοντέλου GR2M χρησιμοποιήθηκε μια συνάρτηση αντικειμενικού σκοπού με βάση ένα κριτήριο για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του, τόσο στις περιόδους βαθμονόμησης όσο και στις επαληθεύσεις που θα εξεταστούν παρακάτω. Το ποσοτικό κριτήριο για τη μέτρηση της ποιότητας προσαρμογής γι' αυτόν τον τύπο μοντέλου, είναι αυτό που πρότειναν οι Nash και Sutcliffe που αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο και εκφράζεται στην Εξίσωση 3.2.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχουν πολλά είδη βαθμονόμησης (εμπειρική, αυτόματη, κλπ.). Η μέθοδος που ακολουθήθηκε εδώ, είναι κατά βάση αυτή της εμπειρικής βαθμονόμησης. Η μέθοδος αυτή δεν αποτελεί συστηματική διαδικασία και βασίζεται στην διερεύνηση εναλλακτικών συνδυασμών παραμέτρων, που επιλέγει σύμφωνα με την εμπειρία του ο χρήστης.

Η υιοθέτησή της βασίστηκε στην αξιοποίηση της συγκεντρωμένης εμπειρίας από παρελθούσες έρευνες και μελέτες που έχουν εκπονηθεί στη συγκεκριμένη περιοχή. Αρχικά υπολογίστηκε ο δείκτης Nash(Q) και για τις 3 λεκάνες απορροής με τις αρχικές τιμές των παραμέτρων $X_1 = 6.48$ και $X_2 = 0.80$ του μοντέλου GR2M και ελήφθησαν τα εξής αποτελέσματα:

- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Καστρίου, υπολογίστηκε $Nash(Q) = 0.627$
- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Κομποτάδων υπολογίστηκε $Nash(Q) = 0.6517$
- Για την Συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού υπολογίστηκε $Nash(Q) = 0.7011$

Στη συνέχεια επιλέγεται για κάθε λεκάνη απορροής μια χρονική περίοδος με συναπτά έτη από το δείγμα ώστε να εφαρμοστεί η βαθμονόμηση (περίοδος βαθμονόμησης) και έπειτα υπολογίζεται εκ νέου ο δείκτης Nash(Q) και για τις 3 λεκάνες απορροής για τη περίοδο βαθμονόμησης αλλάζοντας αυθαίρετα τις αρχικές τιμές των παραμέτρων X_1 και X_2 του μοντέλου GR2M και κάνοντας δοκιμές. Οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων προκύπτουν όταν ο συντελεστής Nash(Q) αποκτήσει τιμή μεγαλύτερη ή ίση από 0,75. Κάνοντας λοιπόν αρκετές δοκιμές στα μοντέλα των τριών λεκανών προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

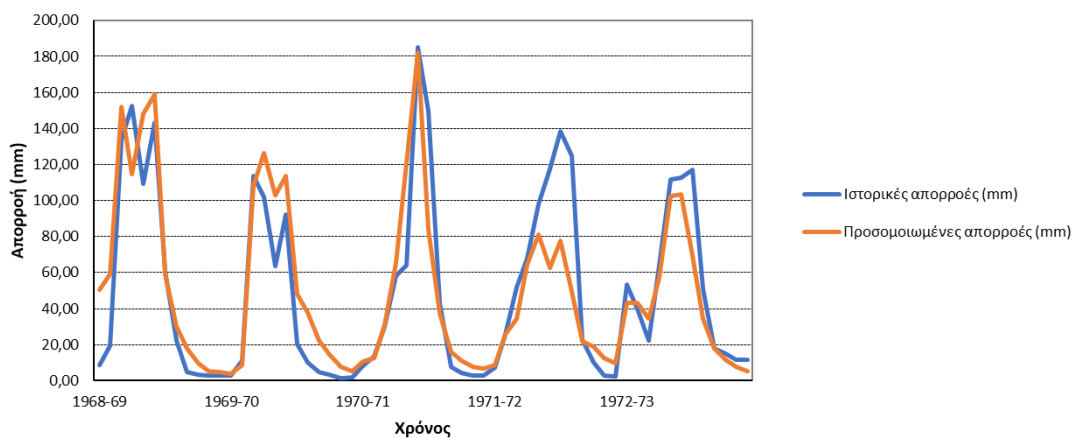
- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Καστρίου, με βελτιστοποιημένες τιμές $X_1 = 6.75$ mm και $X_2 = 1$ και για τη χρονική περίοδο 1968-69 έως 1972-73, υπολογίστηκε $Nash(Q) = 0.7858$.
- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Κομποτάδων, με βελτιστοποιημένες τιμές $X_1 = 6.70$ mm και $X_2 = 0.80$ και για τη χρονική περίοδο 1972-73 έως 1977-78, υπολογίστηκε $Nash(Q) = 0.8096$.
- Για την συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού, με βελτιστοποιημένες τιμές $X_1 = 6.98$ mm και $X_2 = 0.90$ και για τη χρονική περίοδο 1972-73 έως 1977-78, υπολογίστηκε $Nash(Q) = 0.7911$.

Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται ότι, επειδή κάποιες απορροές παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ παρατηρούμενης και προσομοιωμένης τιμής, εξαιρούνται από τη διαδικασία υπολογισμού του δείκτη Nash(Q), προκειμένου να μην επηρεαστεί η τιμή του. Πιο συγκεκριμένα, από το δείγμα της υπολεκάνης ανάντη της Γέφυρας Καστρίου, εξαιρούνται οι μήνες Οκτώβριος, Νοέμβριος του έτους 1968-69.

Όμοια, από το δείγμα της υπολεκάνης ανάντη της Γέφυρας Κομποτάδων και από το δείγμα της Συνολικής λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού, εξαιρούνται οι μήνες Οκτώβριος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος του έτους 1974-75.

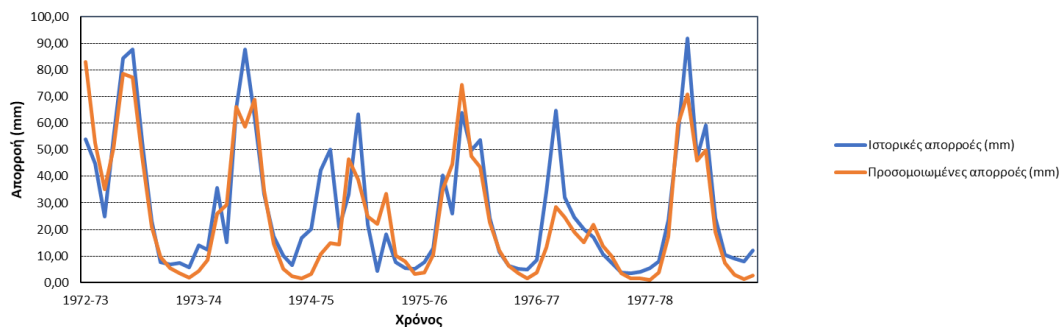
Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης παρουσιάζονται με τα αντίστοιχα υδρογραφήματα παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής, για τις 3 λεκάνες (σχήματα 6.1, 6.2 και 6.3).

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Καστρί (Βαθμονόμηση)



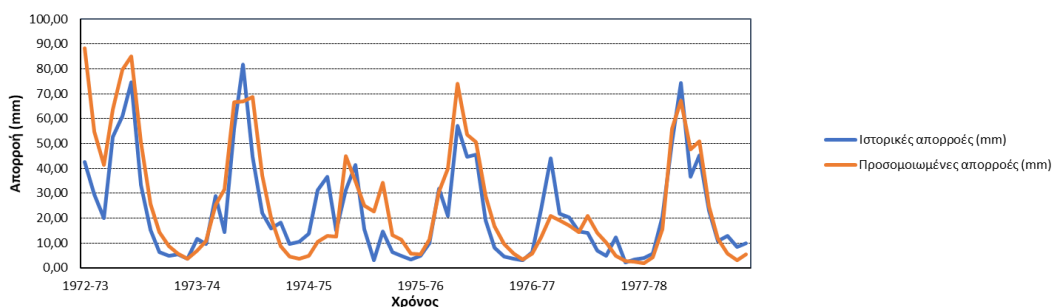
Σχήμα 6.1: Υδρογραφήματα παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής στη θέση Καστρί (Βαθμονόμηση)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Κομποτάδες (Βαθμονόμηση)



Σχήμα 6.2: Υδρογραφήματα παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής στη θέση Κομποτάδες (Βαθμονόμηση)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (Βαθμονόμηση)



Σχήμα 6.3: Υδρογραφήματα παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (Βαθμονόμηση)

Με βάση το δείκτη Nash(Q) αλλά και όπως παρατηρείται από τα υδρογραφήματα η καλύτερη προσομοίωση κατά τη περίοδο της βαθμονόμησης έγινε στη συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού.

6.3.2 Επαλήθευση

Η επαλήθευση ενός υδρολογικού μοντέλου γίνεται για το βέλτιστο σύνολο παραμέτρων που έχει προκύψει από τη βαθμονόμηση, ελέγχοντας το ίδιο κριτήριο προσαρμογής για μια άλλη χρονική περίοδο συνήθως μεταγενέστερη από αυτή της βαθμονόμησης και μικρότερης διάρκειας, για την οποία επίσης διατίθενται μετρημένες φορτίσεις και αποκρίσεις της λεκάνης.

Για να έχει νόημα μια τέτοια προσέγγιση θα πρέπει τα χαρακτηριστικά του συστήματος να έχουν διατηρηθεί αμετάβλητα για το σύνολο της περιόδου ελέγχου του μοντέλου (περίοδος βαθμονόμησης και επαλήθευσης μαζί). Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν οι ίδιες τιμές των 2 παραμέτρων X_1 και X_2 , που προέκυψαν από τη βαθμονόμηση και για τις 3 λεκάνες απορροής. Οι χρονικές περιόδους που επιλέχθηκαν για τη διαδικασία της επαλήθευσης είναι οι εξής:

- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Καστρίου, με βελτιστοποιημένες τιμές $X_1 = 6.75$ mm και $X_2 = 1$, επιλέχθηκε η χρονική περίοδος 1973-74 έως 1975-76 με εξαίρεση τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο του έτους 1974-75.
- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Κομποτάδων, με βελτιστοποιημένες τιμές $X_1 = 6.70$ mm και $X_2 = 0.80$, επιλέχθηκε η χρονική περίοδος 1979-80 έως 1981-82.
- Για την συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού, με βελτιστοποιημένες τιμές $X_1 = 6.98$ mm και $X_2 = 0.90$, επιλέχθηκε η χρονική περίοδος 1979-80 έως 1981-82.

Εφαρμόστηκε εκ νέου το Κριτήριο του Nash για τις περιόδους επαλήθευσης και υπολογίστηκε για τις 3 λεκάνες απορροής ο συντελεστής Nash(Q) με τα εξής αποτελέσματα:

Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Καστρίου υπολογίστηκε Nash(Q) = 0.7918

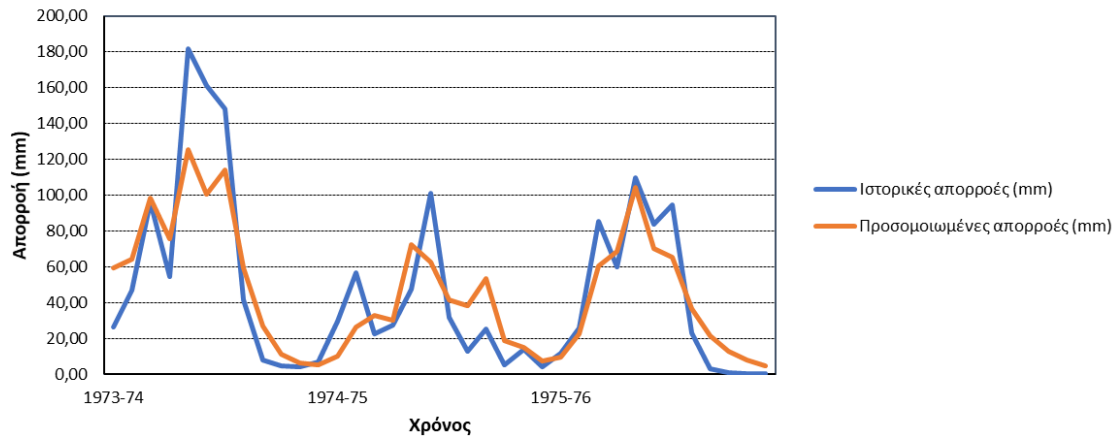
Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Κομποτάδων υπολογίστηκε Nash(Q) = 0.8809

Για την Συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού υπολογίστηκε Nash(Q) = 0.8414

Και οι 3 συντελεστές έχουν τιμή μεγαλύτερη από 0.75, οπότε σε πρώτη φάση τα αποτελέσματα θεωρούνται δεκτά.

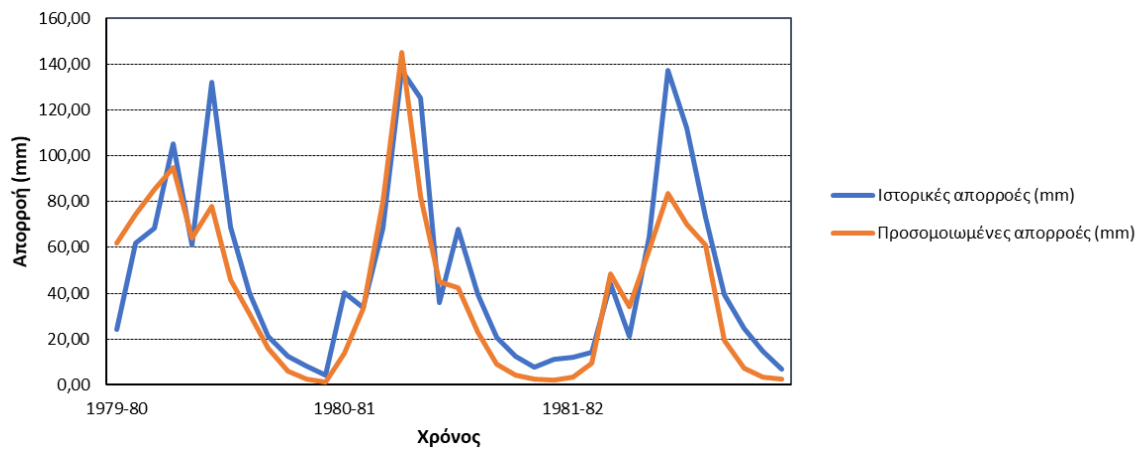
Τα αποτελέσματα της επαλήθευσης παρουσιάζονται με τα αντίστοιχα υδρογραφήματα που βρίσκονται στα σχήματα 6.4, 6.5 και 6.6.

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Καστρί (Επαλήθευση)



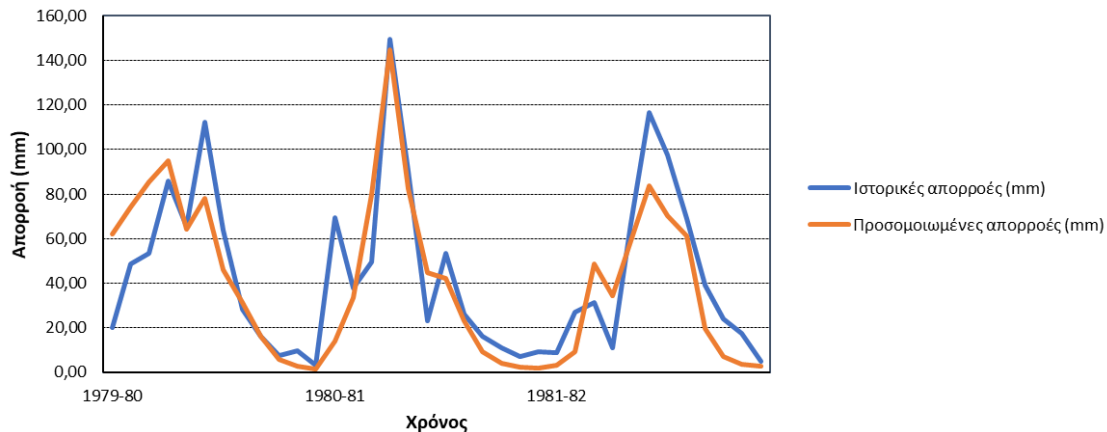
Σχήμα 6.4: Υδρογραφήματα παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής στη θέση Καστρί (Επαλήθευση)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Κομποτάδες (Επαλήθευση)



Σχήμα 6.5: Υδρογραφήματα παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής στη θέση Κομποτάδες (Επαλήθευση)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (Επαλήθευση)



Σχήμα 6.6: Υδρογραφήματα παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (Επαλήθευση)

Με βάση το δείκτη $Nash(Q)$ αλλά και όπως παρατηρείται από τα υδρογραφήματα, η καλύτερη προσομοίωση κατά τη περίοδο της Επαλήθευσης έγινε στη λεκάνη απορροής ανάντη του υδρομετρικού σταθμού Γέφυρα Κομποτάδων.

Σε δεύτερη φάση θα πρέπει να γίνει έλεγχος, ώστε να ισχύει $|Nash(Q)_{\text{Βαθμονόμησης}} - Nash(Q)_{\text{Επαλήθευσης}}| < 0,1$

- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Καστρίου ισχύει $|Nash(Q)_{\text{Βαθμονόμησης}} - Nash(Q)_{\text{Επαλήθευσης}}| = |0.7858 - 0.7918| = 0.006$
- Για την υπολεκάνη ανάντη της Γέφυρας Κομποτάδων υπολογίστηκε ισχύει $|Nash(Q)_{\text{Βαθμονόμησης}} - Nash(Q)_{\text{Επαλήθευσης}}| = |0.8096 - 0.8809| = 0.071$
- Για την Συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού υπολογίστηκε ισχύει $|Nash(Q)_{\text{Βαθμονόμησης}} - Nash(Q)_{\text{Επαλήθευσης}}| = |0.7911 - 0.8414| = 0.050$

Παρατηρείται πως ο έλεγχος επαληθεύεται και για τις 3 λεκάνες.

Εφόσον έγινε η βαθμονόμηση και η επαλήθευση του μοντέλου GR2M και προέκυψαν οι αποδεκτές τιμές των παραμέτρων X_1 και X_2 για κάθε μια από τις 3 λεκάνες που εξετάζονται, γίνεται εισαγωγή στο μοντέλο των δεδομένων εισόδου για να γίνει η προσομοίωση. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι τα δεδομένα εξόδου, δηλαδή οι προσομοιωμένες αποκρίσεις-απορροές των 3 λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης. Στον Πίνακα 6.1 παρατίθεται το αποτέλεσμα της προσομοίωσης, για την συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού αλλά και αντίστοιχα για τις δύο υπολεκάνες, στους πίνακες 6.2, 6.3.

Πίνακας 6.1: Προσομοιωμένη απορροή της συνολικής λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	32.75	108.81	100.36	88.47	59.30	50.61	43.98	34.11	13.76	10.30	5.52	4.89	552.86
1967-68	4.38	6.13	23.43	68.34	61.58	57.23	30.24	31.02	18.91	7.81	4.61	2.96	316.64
1968-69	5.55	9.62	51.88	60.31	74.29	95.51	41.18	23.03	13.49	6.87	3.68	3.30	388.71
1969-70	2.50	4.17	40.71	56.64	56.07	71.28	32.31	29.96	17.29	10.98	5.64	3.83	331.36
1970-71	7.73	7.90	15.30	28.61	62.32	108.62	60.75	29.45	13.64	11.73	7.17	6.02	359.24
1971-72	7.69	14.76	18.52	43.86	61.37	43.26	53.23	30.42	15.07	14.40	11.25	7.71	321.53
1972-73	29.53	25.50	21.97	40.63	60.53	71.94	44.75	23.38	13.13	8.11	5.51	3.49	348.45
1973-74	6.65	10.25	24.67	30.90	65.75	66.47	68.32	37.13	19.82	8.72	4.70	3.54	346.93
1974-75	4.92	10.50	12.98	12.65	44.93	34.91	25.08	22.72	34.23	13.09	11.53	5.62	233.17
1975-76	5.60	11.34	30.75	40.06	74.01	53.53	50.52	28.84	16.65	9.64	5.75	3.28	329.95
1976-77	5.82	12.29	20.89	19.02	17.01	14.43	20.89	13.95	10.35	4.83	2.72	2.55	144.76
1977-78	1.93	4.19	15.62	55.98	67.39	47.50	50.95	24.65	11.55	5.65	3.14	5.34	293.89
1978-79	8.33	13.80	28.64	45.89	57.31	38.00	44.94	42.02	19.42	14.23	6.79	4.18	323.55
1979-80	14.56	29.89	48.84	70.85	67.00	81.63	55.68	36.80	21.40	9.22	4.90	3.05	443.83
1980-81	19.64	30.40	62.30	144.13	85.51	48.84	48.41	27.75	13.21	6.98	4.41	4.10	495.69
1981-82	5.65	12.18	37.40	31.59	61.63	89.19	81.88	76.78	27.74	11.79	6.38	4.88	447.10
1982-83	5.05	14.19	19.88	16.91	29.58	46.51	29.68	18.38	25.72	18.76	10.48	6.10	241.24
1983-84	7.00	19.18	56.46	50.55	101.06	87.62	94.22	43.87	19.14	9.37	7.58	4.50	500.55
1984-85	3.27	7.73	23.29	75.56	51.26	68.77	55.46	26.31	12.25	6.36	3.30	2.06	335.61
1985-86	3.08	16.04	15.91	29.19	51.05	51.46	33.06	30.69	22.55	11.61	6.76	3.90	275.31
1986-87	10.22	9.65	17.48	35.18	36.07	89.67	67.28	34.95	20.35	9.77	5.24	2.83	338.67

Πίνακας 6.1: Προσομοιωμένη απορροή της συνολικής λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού (mm) (συνέχεια)

1987-88	5.57	13.60	19.26	30.16	45.90	49.12	35.92	21.30	10.87	5.24	2.91	1.86	241.73
1988-89	1.75	15.97	32.25	18.38	26.03	49.52	33.13	25.95	13.94	10.73	5.13	3.13	235.92
1989-90	4.73	7.56	13.88	10.03	13.85	13.97	22.65	16.41	9.14	4.72	6.08	3.93	126.95
1990-91	3.86	18.50	86.81	82.79	69.40	65.11	74.21	50.27	18.07	9.42	8.59	4.43	491.45
1991-92	4.57	10.25	11.97	10.44	14.44	18.57	27.64	31.73	19.75	9.34	4.45	2.69	165.85
1992-93	2.67	3.33	7.55	8.82	24.84	31.20	24.04	30.06	14.20	6.43	3.45	2.08	158.67
1993-94	1.41	8.29	20.46	45.02	69.32	42.87	49.85	43.67	17.88	11.23	6.33	3.42	319.75
Μέση τιμή	7.73	16.29	31.41	44.68	53.89	56.69	46.44	31.63	17.27	9.55	5.86	3.92	325.34
Τυπ. απόκ.	7.66	19.40	22.56	29.82	21.57	24.36	18.73	12.26	5.64	3.24	2.35	1.37	168.95

Πίνακας 6.2: Προσομοιωμένη απορροή της υπολεκάνης του Σπερχειού ποταμού ανάντη της γέφυρας Καστρίου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	35.81	164.39	156.38	146.75	73.29	58.69	58.96	41.76	16.30	13.42	7.43	6.16	779.35
1967-68	5.12	5.38	34.76	114.82	83.03	69.92	35.95	35.93	25.09	10.10	6.07	4.08	430.25
1968-69	6.69	13.02	74.46	80.71	124.57	146.58	56.21	29.04	17.34	9.23	5.16	4.56	567.58
1969-70	3.55	8.40	107.28	125.86	102.61	113.67	47.79	37.73	22.46	14.31	7.92	5.20	596.79
1970-71	10.51	12.77	30.87	65.58	121.10	182.13	83.82	37.38	16.05	11.27	7.53	6.64	585.65
1971-72	8.72	25.81	34.31	64.39	80.91	62.38	77.76	49.71	21.75	18.76	12.50	9.74	466.74
1972-73	43.07	43.00	34.67	57.33	102.38	103.30	69.57	34.62	18.11	11.57	7.90	5.45	530.97
1973-74	10.87	19.21	48.61	48.95	99.07	88.43	106.09	56.73	25.74	10.80	5.86	5.21	525.56
1974-75	9.82	26.13	32.62	29.82	71.90	62.57	41.19	38.29	53.20	18.63	14.88	7.59	406.66
1975-76	9.23	22.27	60.43	68.64	104.19	70.19	65.46	36.72	21.64	12.90	7.81	4.70	484.17

Πίνακας 6.2: Προσομοιωμένη απορροή της υπολεκάνης του Σπερχειού ποταμού ανάντη της γέφυρας Καστρίου (mm) (συνέχεια)

1976-77	9.63	27.24	55.04	45.99	35.82	28.87	39.45	25.69	20.01	8.50	5.00	4.61	305.83
1977-78	3.73	11.12	31.50	89.32	100.20	69.77	80.62	32.59	14.42	7.16	4.19	6.38	450.99
1978-79	8.93	16.35	43.53	90.67	105.18	62.32	77.00	58.24	25.48	15.93	8.13	5.31	517.07
1979-80	18.24	45.64	79.54	108.56	79.46	104.52	64.87	48.23	27.04	11.65	6.25	4.13	598.12
Μέση τιμή	13.14	31.48	58.86	81.24	91.69	87.38	64.63	40.19	23.19	12.44	7.62	5.70	517.55
Τυπ. απόκ.	11.80	40.06	36.03	33.40	22.93	39.95	19.78	9.72	9.53	3.50	2.90	1.54	231.14

Πίνακας 6.3: Προσομοιωμένη απορροή της υπολεκάνης του Σπερχειού ποταμού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	23.52	110.80	103.25	94.71	48.77	38.59	37.27	25.56	8.67	6.19	3.04	2.34	502.69
1967-68	1.84	2.19	20.04	72.51	56.04	46.87	22.24	22.10	13.62	4.69	2.38	1.33	265.86
1968-69	1.05	1.26	14.67	64.03	52.52	44.97	21.53	21.56	13.36	4.63	2.35	1.32	243.24
1969-70	0.91	2.24	55.80	74.15	62.76	77.22	29.69	23.60	12.75	7.56	3.47	1.96	352.11
1970-71	4.57	5.57	15.50	36.93	76.31	127.36	58.19	23.21	8.53	5.36	3.20	2.68	367.40
1971-72	3.86	13.13	18.54	45.11	54.48	39.99	51.15	29.18	12.11	9.44	6.13	4.20	287.32
1972-73	25.64	26.08	20.84	35.70	65.40	70.06	44.38	20.08	9.38	5.31	3.34	1.94	328.15
1973-74	4.36	8.53	25.82	29.26	65.87	58.56	68.79	34.54	14.65	5.17	2.31	1.72	319.57
1974-75	3.28	10.72	14.81	14.38	46.36	38.58	24.92	22.12	33.44	10.19	7.91	3.36	230.06
1975-76	3.81	10.40	35.09	44.44	74.30	47.68	43.37	22.60	12.22	6.44	3.42	1.68	305.46
1976-77	3.80	13.21	28.49	24.54	19.17	15.22	21.72	13.68	9.97	3.62	1.74	1.50	156.65
1977-78	1.06	3.95	17.47	59.49	70.96	45.78	49.76	19.06	7.32	3.03	1.45	2.68	282.00
1978-79	4.66	10.02	28.20	55.42	64.84	37.43	45.44	35.61	14.71	8.70	3.68	2.01	310.72
1979-80	9.41	27.04	51.16	73.54	55.23	71.82	43.60	29.94	15.70	5.75	2.54	1.37	387.11

Πίνακας 6.3: Προσομοιωμένη απορροή της υπολεκάνης του Σπερχειού ποταμού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων (mm) (συνέχεια)

1980-81	13.64	33.12	79.75	144.70	82.36	44.90	42.24	22.88	9.16	4.17	2.37	2.07	481.36
1981-82	3.32	9.35	48.48	34.13	58.99	83.72	70.20	61.18	19.51	7.18	3.45	2.53	402.04
1982-83	2.75	12.24	21.13	16.60	27.69	53.03	31.00	17.27	19.79	14.06	7.10	3.96	226.64
1983-84	4.61	18.03	55.55	51.79	92.34	79.59	83.70	36.68	12.57	5.39	4.23	2.32	446.80
1984-85	1.31	4.55	16.35	69.80	47.02	69.63	53.72	20.87	8.39	3.60	1.62	0.84	297.69
1985-86	1.04	13.28	14.41	35.12	66.83	57.06	35.46	30.36	18.06	8.52	3.79	1.87	285.80
1986-87	5.53	5.33	12.87	30.81	29.43	90.00	59.51	30.19	14.54	6.27	2.95	1.38	288.80
1987-88	3.04	12.58	22.24	35.00	55.31	50.98	33.87	17.60	7.40	3.01	1.46	0.83	243.31
1988-89	0.79	16.22	31.28	15.78	27.21	46.33	32.83	21.84	10.36	7.56	3.14	1.69	215.04
1989-90	3.02	5.82	12.75	8.48	13.23	10.67	18.54	12.78	5.42	2.45	2.96	1.71	97.83
Μέση τιμή	5.45	15.65	31.85	48.60	54.72	56.09	42.63	25.60	12.99	6.18	3.33	2.05	305.15
Τυπ. απόκ.	6.55	21.82	23.05	30.31	19.94	24.86	17.02	9.91	5.80	2.68	1.64	0.86	164.45

7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

7.1 Παραγωγή μελλοντικών χρονοσειρών

Για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την συμπεριφορά, σε καθεστώς κλιματικής αλλαγής, των μελετώμενων λεκανών (συνολικής λεκάνης του Σπερχειού και των δύο υπολεκάνων αυτής,) είναι αναγκαία η πρόβλεψη της εξέλιξης της απορροής στο μέλλον, με την παρουσία κλιματικής αλλαγής. Φυσικά, η πρόβλεψη δεν είναι τίποτα άλλο από μια εκτίμηση. Στην παρούσα εργασία, θα εξετάσουμε την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην απορροή, υπό τα βασικά σενάρια RCP και τρεις μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες (2030, 2050 και 2100) θεωρώντας ότι οι χρονοσειρές εισόδου (βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής) είναι οι ιστορικές στις οποίες εφαρμόζονται οι μεταβολές λόγω κλιματικής αλλαγής που ισχύουν για κάθε σενάριο RCP και κάθε χρονικό ορίζοντα χωριστά. Η επίδραση στην απορροή προκύπτει με τη βοήθεια του μοντέλου βροχόπτωσης – απορροής όπως αυτό έχει βαθμονομηθεί με βάση τα ιστορικά δεδομένα. Η εξέταση γίνεται χωριστά για κάθε μία από τις τρεις λεκάνες απορροής ενδιαφέροντος.

7.1.1 Μεταβολή των κλιματικών μεταβλητών

- Μεταβολή της βροχόπτωσης

Τα ποσοστά για τη μεταβολή της βροχόπτωσης στο μέλλον αναζητήθηκαν σε παλαιότερη μελέτη (Mentzafou et al., 2017) και αντλήθηκαν συγκεκριμένα από το KNMI Climate Explorer, ένα διαδικτυακό ερευνητικό εργαλείο το οποίο διαχειρίζεται το Royal Netherlands Meteorological Institute (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut). Τα ποσοστά παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1: Μεταβολή (%) της βροχόπτωσης λόγω κλιματικής αλλαγής

Χρονικός Ορίζοντας	2030				2050				2100			
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
Ποσοστά (%)	-6.1	-0.6	1.3	-3.5	-4.9	-3	-5.7	-8.6	-0.8	-5.8	-10.9	-24.8

Εφαρμόζοντας τα ποσοστά αυτά στις χρονοσειρές των 3 λεκανών προκύπτουν οι μελλοντικές χρονοσειρές βροχόπτωσης. Παρατηρείται πως κατά το χρονικό ορίζοντα 2030, το δυσμενέστερο σενάριο είναι το RCP2.6, ενώ, κατά τους χρονικούς ορίζοντες 2050 και 2100, το δυσμενέστερο σενάριο είναι το RCP8.5. Ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω η χρονοσειρά βροχόπτωσης του σεναρίου RCP2.6, για την κύρια λεκάνη απορροής κατά το χρονικό ορίζοντα 2030 (Πίνακας 7.2).

Πίνακας 7.2: Βροχόπτωση της συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2030 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	64.4	250.3	138.4	103.4	46.1	51.9	57.8	57.7	3.7	41.7	13.0	51.0	879.3
1967-68	42.4	68.5	162.1	200.5	91.7	79.9	15.8	67.2	39.3	0.3	15.8	15.7	851.0
1968-69	107.8	90.4	234.4	115.4	121.1	149.2	20.0	16.3	19.2	7.9	3.5	45.4	991.1
1969-70	21.7	79.0	263.0	126.8	86.4	119.2	12.3	58.1	31.5	36.0	10.8	24.9	926.1
1970-71	118.3	47.6	95.9	108.8	161.8	198.8	58.9	21.6	7.8	51.6	28.6	50.1	1011.6
1971-72	77.1	105.7	68.1	143.2	123.2	54.1	107.3	42.5	20.4	71.8	59.5	36.8	968.8
1972-73	206.2	61.8	38.1	107.3	120.7	117.4	45.9	22.0	20.8	26.3	32.1	17.8	869.4
1973-74	113.1	82.5	128.3	80.6	157.4	106.6	107.5	42.1	29.3	6.9	10.8	33.6	957.2
1974-75	82.6	110.1	58.4	31.8	165.2	53.2	35.0	56.8	130.6	13.0	66.7	5.0	861.1
1975-76	55.0	107.4	147.7	95.3	154.7	64.1	79.8	36.0	26.6	22.3	17.9	4.2	863.7
1976-77	98.7	108.7	94.5	37.8	28.0	22.3	71.6	28.8	39.8	2.0	7.9	58.4	637.5
1977-78	21.0	102.3	146.7	199.0	124.6	56.3	87.1	19.9	6.5	3.1	4.6	106.6	934.8
1978-79	90.8	90.7	121.3	119.1	108.5	40.7	85.5	85.1	24.2	51.2	8.7	16.3	896.8
1979-80	175.4	140.1	133.7	137.4	90.7	123.3	61.6	44.2	31.8	3.8	7.4	12.0	1023.9
1980-81	238.6	123.1	169.2	259.3	79.1	29.8	68.6	26.7	9.2	9.5	18.2	49.7	1151.4
1981-82	80.0	113.4	168.3	54.9	139.2	154.6	118.9	127.7	23.8	7.5	12.1	34.7	1102.3
1982-83	55.4	138.6	81.1	30.7	88.8	111.5	39.3	27.9	106.4	68.4	33.3	17.8	851.1

Πίνακας 7.2: Βροχόπτωση της συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2030 και υπό το RCP2.6 (mm) (συνέχεια)

1983-84	64.8	141.3	192.6	82.1	187.5	113.4	135.1	42.5	13.1	10.1	45.0	13.5	1108.6
1984-85	21.5	114.8	144.1	217.4	57.8	113.0	78.2	23.1	8.2	9.0	0.9	8.8	848.6
1985-86	86.9	187.5	50.3	103.0	127.8	88.6	39.3	67.7	57.6	24.3	23.6	11.0	924.1
1986-87	145.9	43.7	90.0	119.5	68.3	192.3	89.0	32.0	31.7	15.0	13.2	2.0	897.2
1987-88	120.9	127.1	80.6	93.7	107.8	87.3	48.2	25.2	10.2	0.2	2.8	9.4	759.9
1988-89	41.1	232.7	127.8	6.8	64.1	126.1	43.5	50.9	22.4	49.4	4.1	13.1	832.7
1989-90	90.4	81.3	89.9	10.8	51.2	34.7	86.3	38.8	17.0	5.5	89.0	22.2	657.2
1990-91	51.1	190.3	274.4	124.4	81.2	82.4	117.8	75.6	5.2	14.5	59.0	3.2	1149.3
1991-92	54.1	112.5	53.7	22.1	52.8	58.4	90.6	96.3	50.2	16.1	0.3	9.9	657.4
1992-93	49.7	55.6	93.9	41.9	125.2	82.5	41.1	92.5	19.7	2.3	4.2	5.3	653.7
1993-94	9.4	191.4	123.5	144.3	141.5	40.8	89.2	84.9	14.8	33.8	19.4	2.8	954.0
Μέση τιμή	85,2	117,8	127,5	104,2	105,4	91,2	69,0	50,4	29,3	21,6	21,9	24,3	900,7
Τυπ. απόκ.	55,0	52,3	60,7	63,4	41,3	46,8	32,6	28,0	28,7	21,0	22,6	23,4	141,7

- Μεταβολή της θερμοκρασίας

Όμοια με τη βροχόπτωση τα ποσοστά μεταβολής της θερμοκρασίας στο μέλλον αντλήθηκαν από το KNMI Climate Explorer. Τα ποσοστά παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.3: Μεταβολή (%) θερμοκρασίας αέρα λόγω κλιματικής αλλαγής

Χρονικός Ορίζοντας	2030				2050				2100			
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
Ποσοστά (%)	3.9	3.7	2.6	5.4	5.9	7.4	5.7	11.4	4.9	11.9	15.2	28.8

Εφαρμόζοντας τα ποσοστά αυτά στην αντίστοιχη μέση μηνιαία χρονοσειρά θερμοκρασίας του φράγματος Μόρνου προκύπτουν οι μελλοντικές μέσες μηνιαίες χρονοσειρές θερμοκρασίας για τις λεκάνες απορροής. Παρατηρείται πώς και στους 3 χρονικούς ορίζοντες 2030, 2050 και 2100, το δυσμενέστερο σενάριο είναι το RCP8.5. Ενδεικτικά παρουσιάζεται παρακάτω στον Πίνακα 7.4 η χρονοσειρά του 1^{ου} σεναρίου RCP, κατά το χρονικό ορίζοντα 2030.

Πίνακας 7.4: Επίδραση της Κλιματική Αλλαγής στη θερμοκρασία κατά το 2030 και υπό το Σενάριο RCP2.6 (°C)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1970-71	15.7	12.5	8.0	8.5	6.3	9.0	11.4	21.2	25.5	25.8	27.8	21.2	16.1
1971-72	14.4	10.4	7.7	7.0	6.2	13.8	16.3	19.5	26.2	25.8	24.5	21.8	16.1
1972-73	13.9	10.7	6.6	5.5	7.4	8.3	13.9	22.4	25.1	27.5	26.3	22.4	15.9
1973-74	16.4	10.1	9.4	5.2	7.3	10.9	12.3	19.6	25.7	29.0	27.8	22.3	16.3
1974-75	17.1	10.1	5.9	4.9	4.6	11.8	15.8	19.9	23.1	26.4	24.9	24.7	15.8
1975-76	15.6	10.5	6.0	4.8	5.8	9.9	15.0	19.6	22.9	25.7	24.3	21.6	15.1
1976-77	16.7	11.0	7.8	5.7	10.2	12.6	14.4	21.7	25.7	29.9	28.2	20.9	17.1
1977-78	15.0	13.5	6.2	5.3	9.2	11.6	13.9	20.2	25.6	28.5	26.2	19.9	16.3
1978-79	15.4	8.6	9.7	6.1	8.7	12.3	13.1	18.6	24.7	26.6	25.7	22.7	16.0
1979-80	16.1	11.0	8.7	4.7	5.6	9.8	12.5	17.2	23.7	27.5	26.8	23.3	15.6
1980-81	18.8	13.0	7.5	3.0	6.4	12.8	14.9	17.9	25.9	26.5	25.8	22.1	16.2
1981-82	18.5	9.4	9.0	7.5	5.1	8.7	13.6	18.8	25.2	26.5	26.7	24.0	16.1
1982-83	17.4	10.5	8.0	5.7	4.5	9.9	16.7	20.7	22.5	26.4	24.7	20.8	15.6
1983-84	15.3	10.7	8.4	7.4	7.1	9.1	12.5	20.4	24.3	27.4	25.2	22.8	15.9
1984-85	19.2	11.6	7.2	7.0	6.2	9.6	16.1	21.9	25.6	28.1	27.5	23.0	16.9
1985-86	15.0	12.8	8.5	7.3	8.0	10.9	16.3	19.6	23.5	26.5	27.0	22.9	16.5
1986-87	16.2	9.8	5.7	7.4	7.5	5.2	13.3	18.3	25.1	29.6	28.1	25.4	16.0

- Μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής

Για να υπολογιστεί η μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής στο μέλλον, εισάγονται στο πρόγραμμα DrinC, οι μελλοντικές θερμοκρασίες και «ξανατρέχει» εκ νέου το πρόγραμμα για την παραγωγή των μελλοντικών χρονοσειρών εξατμισοδιαπνοής. Ενδεικτικά παρουσιάζονται παρακάτω στους πίνακες 7.5, 7.6, 7.7 και 7.8 οι χρονοσειρές εξατμισοδιαπνοής των τεσσάρων σεναρίων RCP, κατά το χρονικό ορίζοντα 2030

Πίνακας 7.5: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή κατά το 2030 και υπό το σενάριο RCP2.6 (mm/month)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1970-71	51.6	30.4	13.9	16.0	9.5	21.6	34.7	111.8	153.7	159.3	169.8	93.4	866.0
1971-72	44.9	22.3	13.1	11.4	9.3	44.8	63.9	97.3	161.3	159.3	136.7	98.2	862.5
1972-73	42.3	23.6	10.3	7.7	12.5	19.0	49.0	123.5	150.6	178.3	153.9	103.2	873.9
1973-74	54.6	20.2	17.4	6.4	11.4	28.7	37.8	96.8	155.7	195.6	170.2	101.4	896.2
1974-75	60.6	21.5	8.6	6.4	5.7	34.9	61.0	101.4	130.3	165.9	140.8	121.8	858.9
1975-76	54.0	25.0	10.1	7.2	9.7	28.0	58.6	101.4	130.0	158.8	136.0	98.8	817.6
1976-77	54.3	21.9	11.4	6.6	19.0	34.6	47.9	113.6	155.2	208.9	174.4	88.4	936.3
1977-78	47.0	34.3	8.8	6.9	17.8	32.8	48.0	102.0	154.7	189.2	152.8	83.7	878.0
1978-79	50.4	16.5	19.6	9.4	16.9	37.0	44.4	90.1	146.5	168.2	147.8	105.0	851.8
1979-80	55.3	25.6	17.0	6.2	8.3	25.9	41.8	80.3	136.7	178.1	159.1	110.4	844.8
1980-81	69.7	32.0	12.0	2.6	9.5	38.4	53.6	82.7	158.0	167.0	148.6	100.1	874.3

Πίνακας 7.5: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή κατά το 2030 και υπό το σενάριο RCP2.6 (mm/month) (συνέχεια)

1981-82	68.1	18.3	16.9	12.6	6.4	20.1	46.5	90.8	151.5	167.0	158.1	115.4	871.9
1982-83	62.6	23.7	14.8	8.7	5.7	26.5	68.2	108.6	126.0	166.0	139.1	91.5	841.5
1983-84	50.0	24.0	15.7	12.9	11.9	22.7	41.1	105.2	142.5	177.1	143.8	105.9	852.9
1984-85	70.3	24.5	9.9	9.7	7.8	21.1	58.9	115.8	154.1	185.4	167.3	105.3	930.2
1985-86	46.6	30.8	14.9	11.6	13.6	28.9	62.7	97.0	133.3	167.0	161.3	105.7	873.5
1986-87	53.9	19.5	7.5	12.1	12.3	8.0	44.2	86.0	150.3	202.6	172.2	126.8	895.4

Πίνακας 7.6: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή κατά το 2030 και υπό το σενάριο RCP4.5 (mm/month)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1970-71	51.5	30.4	13.9	16.0	9.6	21.7	34.7	111.6	153.3	158.8	169.2	93.2	863.9
1971-72	44.8	22.3	13.1	11.4	9.3	44.8	63.8	97.1	160.8	158.8	136.3	98.0	860.6
1972-73	42.3	23.6	10.3	7.7	12.5	19.0	48.9	123.2	150.2	177.7	153.4	102.9	871.8
1973-74	54.5	20.2	17.4	6.4	11.4	28.7	37.8	96.6	155.2	194.8	169.6	101.2	893.9
1974-75	60.5	21.5	8.6	6.4	5.7	34.9	61.0	101.2	129.9	165.4	140.4	121.5	856.9
1975-76	54.0	25.0	10.1	7.2	9.7	28.0	58.5	101.2	129.7	158.4	135.6	98.6	815.9
1976-77	54.2	22.0	11.4	6.7	19.0	34.6	47.9	113.3	154.7	208.0	173.8	88.1	933.7
1977-78	47.0	34.3	8.8	6.9	17.8	32.8	48.0	101.8	154.2	188.5	152.3	83.5	875.9
1978-79	50.3	16.5	19.6	9.4	16.9	37.0	44.4	89.9	146.1	167.6	147.4	104.7	849.9
1979-80	55.2	25.6	17.1	6.3	8.4	25.9	41.8	80.1	136.3	177.5	158.6	110.1	842.9
1980-81	69.6	32.0	12.0	2.6	9.5	38.4	53.6	82.6	157.4	166.5	148.1	99.9	872.2
1981-82	68.0	18.4	17.0	12.7	6.5	20.1	46.4	90.6	151.0	166.5	157.6	115.1	869.8
1982-83	62.6	23.7	14.8	8.8	5.8	26.5	68.1	108.3	125.7	165.5	138.7	91.3	839.7
1983-84	50.0	24.0	15.7	13.0	11.9	22.7	41.1	105.0	142.1	176.5	143.4	105.7	851.0
1984-85	70.2	24.5	9.9	9.7	7.8	21.1	58.8	115.5	153.6	184.7	166.7	105.0	927.6
1985-86	46.5	30.8	14.9	11.7	13.6	28.9	62.6	96.8	132.9	166.5	160.8	105.4	871.4
1986-87	53.8	19.5	7.5	12.1	12.3	8.1	44.2	85.9	149.9	201.8	171.6	126.4	893.1

Πίνακας 7.7: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή κατά το 2030 και υπό το σενάριο RCP6.0 (mm/month)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1970-71	51.2	30.3	14.1	16.1	9.7	21.8	34.8	110.1	150.7	156.1	166.1	92.0	853.0
1971-72	44.6	22.4	13.2	11.5	9.5	44.6	63.4	96.1	158.0	156.1	134.1	96.7	850.1
1972-73	42.1	23.6	10.4	7.8	12.7	19.1	48.7	121.5	147.7	174.5	150.8	101.5	860.4
1973-74	54.1	20.3	17.5	6.5	11.6	28.8	37.8	95.5	152.4	190.9	166.3	99.7	881.5
1974-75	60.0	21.6	8.7	6.5	5.8	34.9	60.5	100.0	128.0	162.5	138.1	119.5	846.3
1975-76	53.6	25.0	10.2	7.3	9.8	28.0	58.2	100.1	127.9	155.9	133.6	97.3	807.0
1976-77	53.8	22.0	11.5	6.8	19.1	34.6	47.7	111.7	151.9	203.4	170.2	87.0	919.7
1977-78	46.7	34.2	9.0	7.0	17.9	32.8	47.8	100.6	151.6	184.8	149.6	82.6	864.5

Πίνακας 7.7: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή κατά το 2030 και υπό το σενάριο RCP6.0 (mm/month) (συνέχεια)

1978-79	50.0	16.6	19.7	9.5	17.0	37.0	44.3	89.0	143.7	164.7	144.9	103.2	839.7
1979-80	54.8	25.6	17.2	6.4	8.5	26.0	41.7	79.5	134.3	174.4	155.8	108.5	832.6
1980-81	68.9	31.9	12.2	2.7	9.6	38.3	53.3	81.8	154.7	163.5	145.6	98.5	861.0
1981-82	67.3	18.5	17.1	12.8	6.6	20.3	46.3	89.7	148.5	163.5	154.7	113.3	858.5
1982-83	62.0	23.8	14.9	8.9	5.9	26.5	67.6	107.0	123.9	162.7	136.6	90.2	829.9
1983-84	49.7	24.0	15.8	13.1	12.1	22.8	41.1	103.7	139.9	173.3	141.1	104.2	840.7
1984-85	69.4	24.5	10.0	9.8	8.0	21.3	58.4	113.9	150.8	180.9	163.4	103.4	913.9
1985-86	46.3	30.8	15.0	11.8	13.7	28.9	62.1	95.7	130.9	163.5	157.8	103.9	860.4
1986-87	53.4	19.6	7.7	12.3	12.4	8.2	44.1	85.0	147.3	197.7	168.3	124.2	880.3

Πίνακας 7.8: Δυνητική εξατμισοδιαπνοή κατά το 2030 και υπό το σενάριο RCP8.5 (mm/month)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1970-71	52.1	30.4	13.8	15.9	9.4	21.5	34.7	113.9	157.4	163.1	174.4	95.1	881.6
1971-72	45.2	22.2	12.9	11.2	9.1	45.0	64.6	98.9	165.3	163.1	139.8	100.1	877.5
1972-73	42.5	23.5	10.1	7.5	12.4	18.8	49.2	126.0	154.1	183.0	157.7	105.3	890.2
1973-74	55.1	20.1	17.2	6.2	11.2	28.6	37.9	98.4	159.5	201.2	174.9	103.5	913.9
1974-75	61.3	21.4	8.4	6.2	5.5	35.0	61.6	103.1	132.9	170.0	144.0	124.6	874.1
1975-76	54.5	25.0	9.9	7.0	9.5	27.9	59.0	103.0	132.5	162.4	138.9	100.6	830.2
1976-77	54.9	21.9	11.2	6.5	18.9	34.6	48.2	115.9	159.3	215.5	179.6	90.0	956.4
1977-78	47.3	34.5	8.6	6.7	17.7	32.7	48.3	103.7	158.5	194.4	156.6	85.1	894.2
1978-79	50.8	16.4	19.5	9.2	16.7	37.1	44.6	91.3	149.8	172.4	151.3	107.1	866.3
1979-80	55.8	25.6	16.9	6.1	8.2	25.8	41.9	81.2	139.6	182.7	163.0	112.6	859.4
1980-81	70.8	32.1	11.9	2.5	9.3	38.5	54.0	83.8	161.9	171.3	152.3	102.1	890.4
1981-82	69.0	18.2	16.8	12.5	6.3	19.9	46.7	92.1	155.1	171.3	162.1	118.0	888.1
1982-83	63.4	23.7	14.7	8.6	5.6	26.3	69.0	110.4	128.5	170.0	142.3	93.1	855.4
1983-84	50.4	23.9	15.5	12.8	11.7	22.6	41.2	107.0	145.6	181.7	147.2	108.1	867.7
1984-85	71.4	24.4	9.7	9.5	7.6	20.9	59.4	118.2	158.1	190.8	172.1	107.7	949.9
1985-86	46.9	30.9	14.7	11.5	13.4	28.8	63.3	98.6	136.2	171.3	165.6	107.9	889.2
1986-87	54.4	19.4	7.4	11.9	12.1	7.8	44.4	87.2	153.9	208.5	177.0	129.8	913.8

7.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων μελλοντικών χρονοσειρών απορροής

Οι παραπάνω κλιματικές μεταβολές των παραμέτρων όπως αναφέρθηκε πρωτύτερα εφαρμόστηκαν με σκοπό να προκύψουν οι τελικές μελλοντικές χρονοσειρές βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και, κατ' επέκταση, δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (μέσω του DrinC), για κάθε μια από τις 3 λεκάνες, για κάθε σενάριο RCP και για κάθε χρονικό ορίζοντα (2030, 2050, 2100).

Επομένως κατασκευάστηκαν 36 χρονοσειρές (3 χρονοσειρές * 4 σενάρια * 3 χρονικοί ορίζοντες) για κάθε λεκάνη. Οι χρονοσειρές αυτές βροχόπτωσης και δυναμικής εξατμισοδιαπνοής αποτέλεσαν τα νέα δεδομένα εισόδου του μοντέλου GR2M το οποίο «ξαναέτρεξε» κάνοντας την παραδοχή ότι θα χρησιμοποιηθούν οι ίδιες τιμές των ελεύθερων παραμέτρων του μοντέλου X_1 , X_2 που προέκυψαν από τη βαθμονόμηση και επαλήθευση του μοντέλου με βάση τα ιστορικά δεδομένα. Εφόσον ξαναέτρεξε το μοντέλο για τις νέες βροχοπτώσεις και εξατμισοδιαπνοές προέκυψαν οι μελλοντικές χρονοσειρές προσομοιωμένης απορροής για κάθε χρονικό ορίζοντα, σενάριο και λεκάνη. Στους πίνακες 7.9, 7.10, 7.11 και 7.12 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του χρονικού ορίζοντα 2030 για τη συνολική λεκάνη του Σπερχειού και για τα 4 σενάρια RCP.

Πίνακας 7.9: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	31.50	99.77	92.63	82.19	55.85	47.62	41.12	31.44	12.73	9.17	4.89	4.12	513.01
1967-68	3.56	4.75	17.89	55.47	52.75	50.21	27.21	27.38	16.59	6.94	4.04	2.56	269.34
1968-69	4.28	7.23	40.40	50.10	63.88	84.14	37.61	21.20	12.45	6.41	3.46	3.02	334.16
1969-70	2.26	3.57	33.38	48.36	49.22	63.31	29.58	26.85	15.38	9.58	4.93	3.27	289.69
1970-71	5.94	6.05	11.64	22.48	51.30	93.63	54.44	26.57	12.24	10.09	6.11	4.93	305.41
1971-72	5.96	11.19	14.41	35.22	51.63	37.65	46.32	26.82	13.26	12.11	9.25	6.27	270.11
1972-73	22.53	20.34	17.94	33.54	51.60	63.05	40.19	21.02	11.66	7.07	4.69	2.94	296.58
1973-74	5.08	7.68	18.83	24.72	54.64	57.50	60.24	33.19	17.56	7.73	4.14	2.99	294.29
1974-75	3.80	7.75	9.79	9.81	35.75	29.29	21.46	19.33	28.50	11.25	9.47	4.70	190.90
1975-76	4.43	8.46	23.46	32.27	62.13	46.81	44.53	25.66	14.72	8.44	4.99	2.85	278.73
1976-77	4.59	9.36	16.26	15.37	14.06	12.11	17.46	11.83	8.69	4.15	2.35	2.06	118.28
1977-78	1.52	2.99	11.12	43.40	56.07	41.10	44.44	21.89	10.26	5.02	2.78	4.20	244.80
1978-79	6.27	10.37	22.18	37.27	48.44	33.20	39.29	36.83	17.16	12.22	5.89	3.58	272.70
1979-80	11.04	23.08	39.47	59.77	58.55	72.54	50.49	33.45	19.28	8.32	4.40	2.69	383.07
1980-81	14.97	23.84	50.85	124.06	77.03	44.89	44.14	25.45	12.04	6.30	3.90	3.44	430.92
1981-82	4.44	9.22	29.19	26.02	51.88	77.66	72.96	68.50	24.96	10.56	5.63	4.14	385.16
1982-83	4.05	10.69	15.39	13.57	24.03	38.95	25.64	15.95	21.54	15.66	8.76	5.08	199.29
1983-84	5.50	14.50	44.82	42.45	87.18	78.17	84.96	40.00	17.39	8.42	6.51	3.85	433.76
1984-85	2.74	5.90	17.78	61.46	44.17	60.14	49.35	23.61	10.94	5.63	2.94	1.81	286.47
1985-86	2.41	11.69	12.16	22.94	41.89	43.91	28.88	26.58	19.38	9.99	5.76	3.31	228.92
1986-87	7.69	7.34	13.31	27.79	29.82	76.33	59.43	31.34	18.03	8.62	4.58	2.49	286.77
1987-88	4.26	10.01	14.65	23.81	37.71	41.80	31.30	18.71	9.55	4.63	2.57	1.63	200.64
1988-89	1.45	11.64	24.87	15.03	21.39	41.54	28.74	22.50	12.12	9.07	4.41	2.67	195.44

Πίνακας 7.9: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP2.6 (mm) (συνέχεια)

1989-90	3.65	5.60	10.33	7.78	10.81	11.17	18.31	13.59	7.67	4.02	4.78	3.11	100.81
1990-91	2.93	13.32	68.67	70.40	61.05	58.24	66.63	45.23	16.41	8.42	7.27	3.79	422.37
1991-92	3.69	7.75	9.19	8.21	11.43	15.01	22.71	26.43	16.62	7.96	3.85	2.31	135.15
1992-93	2.14	2.51	5.43	6.49	18.85	24.97	19.94	24.91	12.05	5.54	2.99	1.79	127.61
1993-94	1.20	5.92	15.08	35.37	57.71	37.29	43.50	38.21	15.84	9.72	5.43	2.95	268.23
Μέση τιμή	6.21	12.95	25.04	36.98	45.74	49.37	41.10	28.02	15.18	8.32	5.03	3.31	277.24
Τυπ. απόκ.	6.66	17.85	19.73	26.10	19.20	21.63	17.13	11.11	4.78	2.69	1.89	1.09	102.07

Πίνακας 7.10: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	32.53	107.62	99.52	87.91	59.08	50.43	43.70	33.57	13.35	9.78	5.19	4.47	547.16
1967-68	3.94	5.44	21.27	64.69	59.51	55.83	29.59	30.14	18.14	7.43	4.32	2.74	303.04
1968-69	4.90	8.52	48.10	57.64	72.12	93.62	40.52	22.46	12.96	6.52	3.47	3.01	373.83
1969-70	2.25	3.66	37.30	53.81	54.18	69.57	31.67	29.13	16.59	10.37	5.28	3.52	317.35
1970-71	6.83	7.02	13.81	26.55	59.48	105.75	59.67	28.69	13.08	11.01	6.65	5.45	344.00
1971-72	6.83	13.21	16.94	41.25	59.02	42.00	51.76	29.48	14.41	13.46	10.36	7.02	305.73
1972-73	26.71	23.61	20.59	38.66	58.54	70.36	43.95	22.72	12.57	7.64	5.10	3.20	333.66
1973-74	5.86	9.09	22.52	28.96	63.05	64.67	66.92	36.23	19.04	8.27	4.41	3.23	332.24
1974-75	4.31	9.20	11.62	11.52	42.17	33.40	24.11	21.75	32.53	12.39	10.65	5.18	218.84
1975-76	5.02	10.06	28.13	37.72	71.22	52.15	49.34	28.03	16.01	9.15	5.39	3.06	315.30
1976-77	5.23	11.08	19.26	17.86	16.14	13.78	20.04	13.34	9.78	4.56	2.55	2.29	135.92
1977-78	1.71	3.59	13.81	52.22	64.68	46.12	49.67	23.92	11.06	5.36	2.95	4.75	279.84
1978-79	7.36	12.37	26.43	43.49	55.28	36.97	43.85	40.92	18.70	13.45	6.38	3.88	309.08
1979-80	12.99	27.36	46.01	68.19	65.30	80.17	54.89	36.15	20.75	8.82	4.64	2.85	428.12
1980-81	17.61	27.97	58.98	139.98	84.05	48.17	47.68	27.21	12.75	6.64	4.13	3.74	478.92
1981-82	5.02	10.86	34.59	29.91	59.34	87.10	80.45	75.22	26.79	11.21	5.98	4.46	430.93
1982-83	4.50	12.58	18.08	15.67	27.86	44.61	28.65	17.65	24.40	17.64	9.75	5.62	227.01
1983-84	6.30	17.31	52.93	48.48	98.38	86.14	92.96	43.00	18.48	8.90	7.03	4.14	484.05
1984-85	2.97	6.82	21.12	71.59	49.55	67.12	54.30	25.53	11.70	5.99	3.10	1.91	321.69
1985-86	2.70	14.11	14.41	27.12	48.62	49.77	32.10	29.64	21.55	10.97	6.30	3.60	260.88

Πίνακας 7.10: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP4.5 (mm) (συνέχεια)

1986-87	9.02	8.61	15.85	32.84	34.35	86.96	65.87	34.12	19.57	9.26	4.90	2.64	324.01
1987-88	4.86	11.96	17.43	28.03	43.65	47.41	34.88	20.59	10.39	4.97	2.74	1.74	228.64
1988-89	1.58	14.18	29.81	17.31	24.77	47.78	32.20	25.10	13.33	10.08	4.81	2.90	223.85
1989-90	4.18	6.65	12.45	9.16	12.80	13.08	21.45	15.59	8.63	4.44	5.51	3.54	117.49
1990-91	3.41	16.43	81.71	80.02	67.82	64.00	73.06	49.19	17.44	8.94	7.93	4.08	474.04
1991-92	4.09	9.06	10.77	9.52	13.35	17.43	26.29	30.31	18.74	8.79	4.17	2.50	155.02
1992-93	2.39	2.91	6.60	7.86	22.85	29.44	22.94	28.69	13.48	6.07	3.24	1.93	148.41
1993-94	1.30	7.23	18.48	42.21	66.65	41.70	48.63	42.45	17.18	10.60	5.90	3.17	305.49
Μέση τιμή	7.01	14.95	29.23	42.51	51.92	55.20	45.40	30.74	16.55	9.02	5.46	3.59	311.59
Τυπ. απόκ.	7.29	19.25	22.01	29.16	21.25	24.00	18.61	12.09	5.40	3.04	2.16	1.23	110.11

Πίνακας 7.11: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	32.92	110.48	101.96	89.88	60.15	51.36	44.59	34.40	13.67	10.13	5.38	4.70	559.63
1967-68	4.19	5.87	23.04	68.77	62.26	58.00	30.51	31.26	18.85	7.68	4.49	2.86	317.78
1968-69	5.29	9.28	51.78	60.82	75.32	97.09	41.60	23.08	13.38	6.74	3.58	3.16	391.14
1969-70	2.38	3.96	40.39	57.03	56.72	72.39	32.61	30.18	17.21	10.81	5.50	3.70	332.88
1970-71	7.39	7.60	14.98	28.51	62.98	110.44	61.61	29.57	13.50	11.51	6.97	5.79	360.86
1971-72	7.36	14.33	18.23	43.98	62.06	43.73	53.90	30.58	14.95	14.16	10.97	7.46	321.72
1972-73	28.92	25.22	21.85	40.88	61.32	73.11	45.34	23.43	13.01	7.95	5.35	3.36	349.75
1973-74	6.35	9.89	24.38	30.90	66.54	67.45	69.42	37.43	19.73	8.56	4.57	3.39	348.60
1974-75	4.65	10.06	12.62	12.41	45.08	35.15	25.23	22.80	34.33	12.95	11.28	5.46	232.02
1975-76	5.38	10.97	30.45	40.16	74.93	54.22	51.18	29.00	16.59	9.51	5.62	3.19	331.20
1976-77	5.61	12.00	20.73	19.00	17.06	14.50	21.12	14.00	10.29	4.76	2.66	2.44	144.18
1977-78	1.83	3.97	15.26	56.22	68.21	48.09	51.67	24.76	11.44	5.54	3.06	5.10	295.16
1978-79	8.00	13.45	28.47	46.21	58.04	38.45	45.60	42.52	19.38	14.06	6.65	4.06	324.89
1979-80	14.10	29.51	48.96	71.64	67.91	82.97	56.48	37.17	21.40	9.09	4.79	2.95	446.96
1980-81	19.08	30.04	62.58	146.23	86.64	49.36	48.98	27.90	13.09	6.85	4.28	3.94	498.98
1981-82	5.39	11.79	37.20	31.66	62.39	90.69	83.21	77.78	27.62	11.58	6.20	4.68	450.17

Πίνακας 7.11: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP6.0 (mm) (συνέχεια)

1982-83	4.80	13.67	19.49	16.71	29.60	46.98	29.89	18.39	25.71	18.60	10.28	5.93	240.06
1983-84	6.76	18.80	56.62	50.99	102.69	89.05	95.81	44.17	19.00	9.19	7.35	4.33	504.75
1984-85	3.13	7.39	22.87	76.04	51.73	69.79	56.18	26.34	12.09	6.21	3.21	1.98	336.95
1985-86	2.90	15.49	15.59	29.09	51.50	52.12	33.38	30.90	22.53	11.45	6.61	3.78	275.33
1986-87	9.81	9.33	17.17	35.17	36.30	91.13	68.28	35.22	20.28	9.60	5.10	2.74	340.13
1987-88	5.26	13.09	18.88	30.04	46.21	49.69	36.30	21.38	10.78	5.15	2.83	1.81	241.41
1988-89	1.67	15.57	32.16	18.35	26.22	50.28	33.55	26.17	13.89	10.58	5.02	3.04	236.49
1989-90	4.52	7.27	13.58	9.86	13.76	13.95	22.83	16.47	9.08	4.65	5.91	3.80	125.68
1990-91	3.70	18.09	87.46	83.85	70.37	66.10	75.39	50.73	17.93	9.24	8.33	4.27	495.47
1991-92	4.36	9.84	11.64	10.22	14.29	18.56	27.84	31.97	19.70	9.21	4.35	2.61	164.60
1992-93	2.55	3.17	7.28	8.60	24.77	31.41	24.22	30.30	14.14	6.33	3.38	2.02	158.16
1993-94	1.36	7.98	20.20	45.27	70.28	43.40	50.59	44.13	17.80	11.05	6.16	3.31	321.53
Μέση τιμή	7.49	16.00	31.28	44.95	54.48	57.48	47.05	31.86	17.19	9.40	5.71	3.78	326.66
Τυπ. απόκ.	7.62	19.75	22.93	30.34	21.99	24.86	19.10	12.45	5.67	3.21	2.30	1.32	112.97

Πίνακας 7.12: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	31.94	103.30	95.83	84.92	57.43	49.00	42.34	32.31	12.88	9.27	4.91	4.13	528.25
1967-68	3.57	4.82	18.72	58.60	55.31	52.48	28.16	28.41	17.06	7.04	4.07	2.56	280.80
1968-69	4.34	7.43	42.68	52.80	67.21	88.27	38.81	21.49	12.32	6.19	3.29	2.79	347.62
1969-70	2.06	3.23	32.82	48.97	50.30	65.24	30.18	27.52	15.64	9.69	4.95	3.27	293.88
1970-71	6.02	6.17	12.11	23.64	54.20	98.55	56.65	27.33	12.44	10.26	6.18	4.97	318.53
1971-72	6.06	11.58	15.03	37.17	54.38	39.33	48.48	27.78	13.57	12.42	9.45	6.38	281.64
1972-73	23.50	21.21	18.71	35.30	54.28	66.11	41.78	21.62	11.89	7.17	4.74	2.96	309.26
1973-74	5.16	7.93	19.81	26.05	57.76	60.40	63.07	34.37	17.99	7.82	4.16	2.99	307.52
1974-75	3.83	7.97	10.16	10.21	37.83	30.73	22.39	20.16	29.84	11.55	9.71	4.78	199.16
1975-76	4.50	8.77	24.75	34.04	65.57	48.95	46.50	26.53	15.11	8.60	5.05	2.87	291.24

Πίνακας 7.12: Μελλοντικές απορροές της συνολικής λεκάνης του Σπερχειού, κατά το 2030 και υπό το RCP8.5 (mm) (συνέχεια)

1976-77	4.68	9.75	17.11	16.14	14.75	12.69	18.41	12.35	9.01	4.25	2.38	2.08	123.59
1977-78	1.54	3.07	11.77	46.30	59.31	43.08	46.58	22.63	10.46	5.07	2.80	4.25	256.85
1978-79	6.44	10.80	23.41	39.42	51.07	34.69	41.16	38.46	17.65	12.53	5.97	3.61	285.21
1979-80	11.40	24.20	41.60	62.92	61.28	75.83	52.42	34.56	19.76	8.42	4.42	2.69	399.51
1980-81	15.50	24.93	53.58	130.43	80.02	46.30	45.65	26.13	12.21	6.33	3.91	3.45	448.44
1981-82	4.49	9.52	30.75	27.28	54.70	81.60	76.20	71.30	25.50	10.65	5.65	4.14	401.76
1982-83	4.06	11.00	16.01	14.11	25.24	41.01	26.73	16.50	22.45	16.20	8.97	5.17	207.45
1983-84	5.63	15.16	47.45	44.63	91.76	81.64	88.54	41.17	17.67	8.48	6.56	3.85	452.55
1984-85	2.74	6.01	18.59	64.92	46.18	63.00	51.40	24.26	11.10	5.67	2.94	1.80	298.59
1985-86	2.41	12.15	12.68	24.19	44.28	46.17	30.11	27.69	20.07	10.23	5.86	3.34	239.18
1986-87	7.89	7.56	13.93	29.36	31.39	80.59	62.13	32.42	18.50	8.74	4.61	2.49	299.61
1987-88	4.30	10.35	15.31	25.05	39.76	43.93	32.68	19.36	9.78	4.69	2.59	1.64	209.44
1988-89	1.45	12.22	26.36	15.75	22.57	43.98	30.11	23.48	12.49	9.32	4.48	2.70	204.90
1989-90	3.71	5.78	10.83	8.11	11.38	11.76	19.39	14.27	7.95	4.12	4.92	3.18	105.40
1990-91	3.00	14.07	73.15	74.14	63.86	60.73	69.46	46.82	16.67	8.49	7.34	3.80	441.53
1991-92	3.70	7.94	9.50	8.50	11.94	15.75	23.94	27.79	17.28	8.16	3.90	2.33	140.74
1992-93	2.16	2.55	5.65	6.80	20.05	26.49	21.00	26.26	12.48	5.66	3.03	1.81	133.95
1993-94	1.21	6.17	16.00	37.67	61.13	39.05	45.61	39.87	16.24	9.91	5.50	2.97	281.32
Μέση τιμή	6.33	13.42	26.22	38.84	48.03	51.69	42.85	29.03	15.57	8.46	5.08	3.32	288.85
Τυπ. απόκ.	6.84	18.51	20.65	27.37	20.11	22.68	17.85	11.55	4.99	2.79	1.95	1.11	105.73

Στο Παράρτημα Β, στους πίνακες Β.1 έως Β.32 παρατίθενται οι υπόλοιπες μελλοντικές χρονοσειρές που προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία.

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

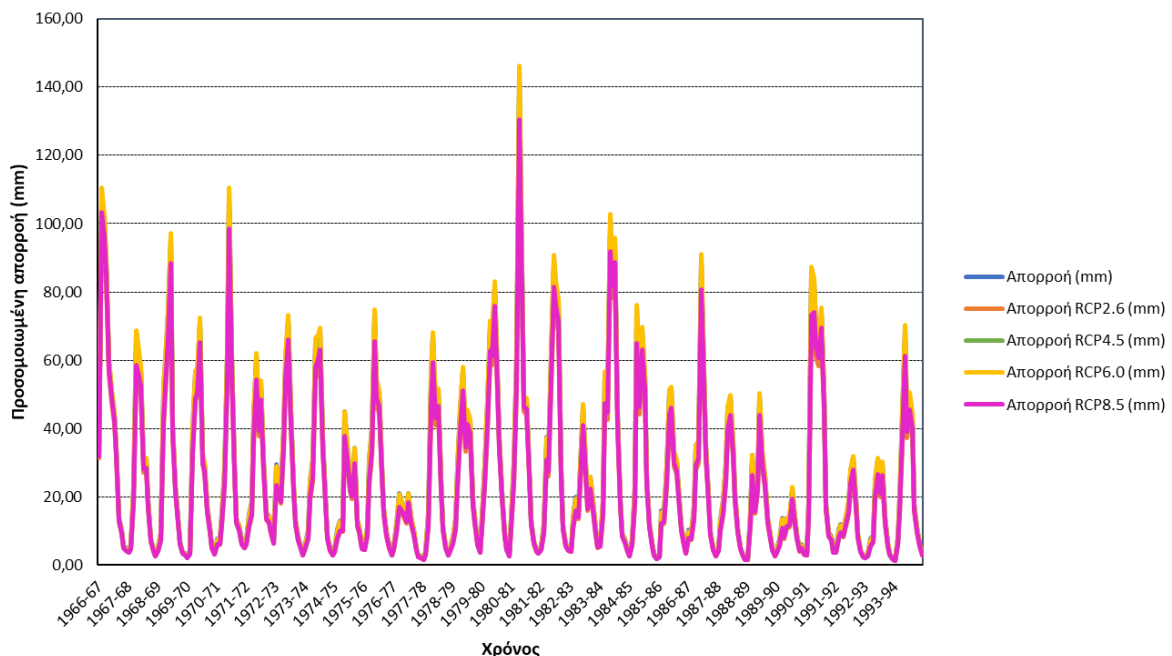
8.1 Γενικά

Στα προηγούμενα κεφάλαια αυτής της διπλωματικής εργασίας, εξετάστηκαν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού αλλά και στις 2 υπολεκάνες αυτής, που βρίσκονται ανάντη των γεφυρών Καστρίου και Κομποτάδων. Οι επιπτώσεις αυτές μελετήθηκαν υπό τα 4 σενάρια RCP που υποδεικνύει η IPCC για 3 μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες: 2030, 2050 και 2100. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των χρονοσειρών απορροών των 4 σεναρίων RCP, με τις μελλοντικές απορροές χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής, με σκοπό να εκτιμηθεί ποιοτικά, μέσω υδρογραφημάτων, η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις λεκάνες. Επιπλέον, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των αριθμητικών κριτηρίων για τη σύγκριση των χρονοσειρών απορροής με και χωρίς την επίδραση κλιματικής αλλαγής στο μέλλον. Τέλος, παρατίθενται ορισμένες γενικευμένες προτάσεις μετριασμού και προσαρμογής της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής.

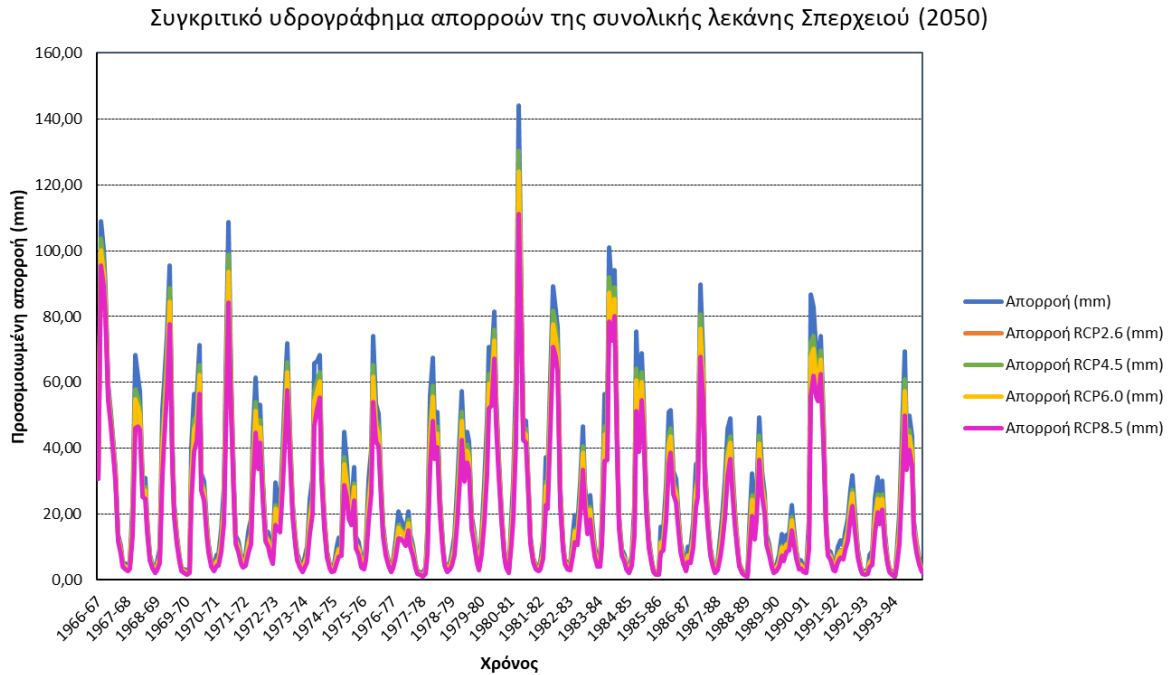
8.2 Υδρογραφήματα

Στα σχήματα 8.1, 8.2 και 8.3, παρουσιάζονται τα υδρογραφήματα των χρονοσειρών απορροής των 4 σεναρίων RCP και χρονοσειρών απορροής χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής, για τη συνολική λεκάνη απορροής Σπερχειού και για τους 3 χρονικούς ορίζοντες.

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (2030)



Σχήμα 8.1: Υδρογραφήματα με και χωρίς κλιματική αλλαγή της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (2030)



Σχήμα 8.2: Υδρογραφήματα με και χωρίς κλιματική αλλαγή της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (2050)



Σχήμα 8.3: Υδρογραφήματα με και χωρίς κλιματική αλλαγή της συνολικής λεκάνης Σπερχειού (2100)

Για τις υπόλοιπες λεκάνες απορροής τα αντίστοιχα υδρογραφήματα φαίνονται στο Παράρτημα Γ στα σχήματα Γ.1, Γ.2, Γ.3, Γ.4, Γ.5 και Γ.6.

- Στο πρώτο υδρογράφημα για το 2030, φαίνεται πως η επίδραση της κλιματικής αλλαγής ήταν θετική για τα περισσότερα σενάρια καθώς η τιμή της απορροής είναι αυξημένη σε σχέση με τη περίπτωση μη θεώρησης της κλιματικής αλλαγής. Το ευνοϊκότερο σενάριο, δηλαδή αυτό στο οποίο οι απορροές έχουν μεγαλύτερη τιμή είναι το τρίτο RCP6.0. Το δυσμενέστερο σενάριο σε αυτή την περίπτωση θα είναι το RCP8.5.
- Στο δεύτερο υδρογράφημα για το 2050, η περίπτωση χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής, παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα 4 σενάρια. Αμέσως μετά οι μεγαλύτερες απορροές παρουσιάζονται στο σενάριο RCP4.5, ενώ οι χαμηλότερες στο σενάριο RCP8.5.
- Τέλος, στο τρίτο υδρογράφημα, για το 2100, ισχύουν τα εξής: η περίπτωση χωρίς θεώρηση κλιματικής αλλαγής εμφανίζει τις μεγαλύτερες αποκρίσεις. Παρόλα αυτά, από τα 4 σενάρια το ευνοϊκότερο είναι το RCP2.6 και το δυσμενέστερο είναι το RCP8.5.

8.3 Αποτελέσματα Αριθμητικών Κριτηρίων

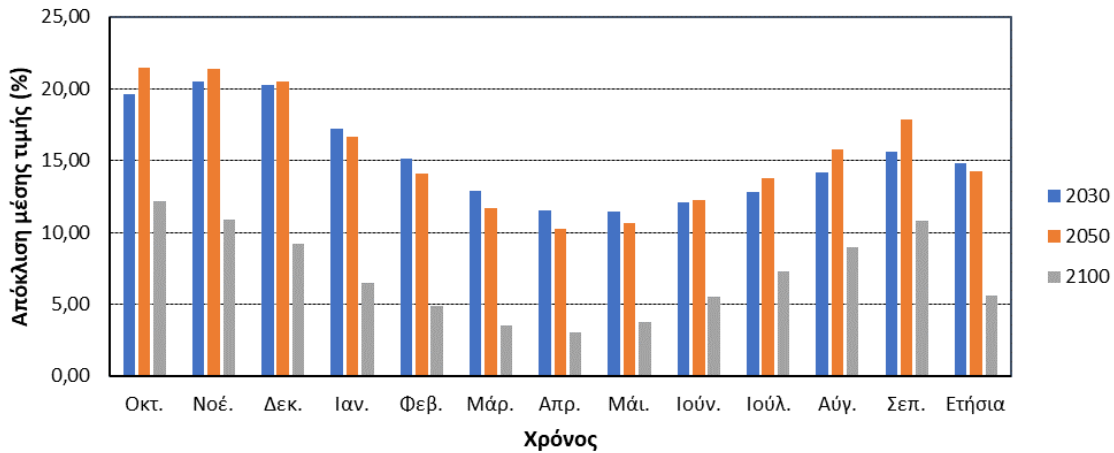
Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3, τα αριθμητικά κριτήρια για την αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην απορροή, είναι τρία και αφορούν τις 3 κεντρικές ροπές: τη μέση τιμή (παράμετρος κεντρικής θέσης), την τυπική απόκλιση (παράμετρος διασποράς γύρω από την κεντρική θέση) και το συντελεστή ασυμμετρίας (παράμετρος ασυμμετρίας γύρω από την κεντρική θέση), των χρονοσειρών απορροής. Τα δύο πρώτα αριθμητικά αφορούν τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των απορροών και είναι τα εξής: η σχετική απόκλιση, που εκφράζεται με ποσοστό % (μεταξύ των τιμών του με και χωρίς κλιματική αλλαγή) και η απόλυτη απόκλιση σε mm (μεταξύ των τιμών του με και χωρίς κλιματική αλλαγή).

Ενδεικτικά, στον Πίνακα 8.1 παρατίθενται για τη συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού, για το 1^ο σενάριο (RCP2.6) και για τον χρονικό ορίζοντα 2030, τα αποτελέσματα των υπολογισμών των 2 πρώτων κριτηρίων, ενώ στα σχήματα 8.4, 8.5, 8.6, και 8.7 γίνεται σχηματική-ποιοτική αναπαράσταση του 1^{ου} σεναρίου RCP2.6 της συνολικής λεκάνης Σπερχειού υπό τη μορφή σχεδιαγράμματος για το 2030, 2050 και 2100.

Πίνακας 8.1: Σχετική(%) και Απόλυτη (mm) απόκλιση μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης της συνολικής λεκάνης Σπερχειού μεταξύ προσομοιωμένης απορροής και απορροής υπό το RCP2.6 (2030)

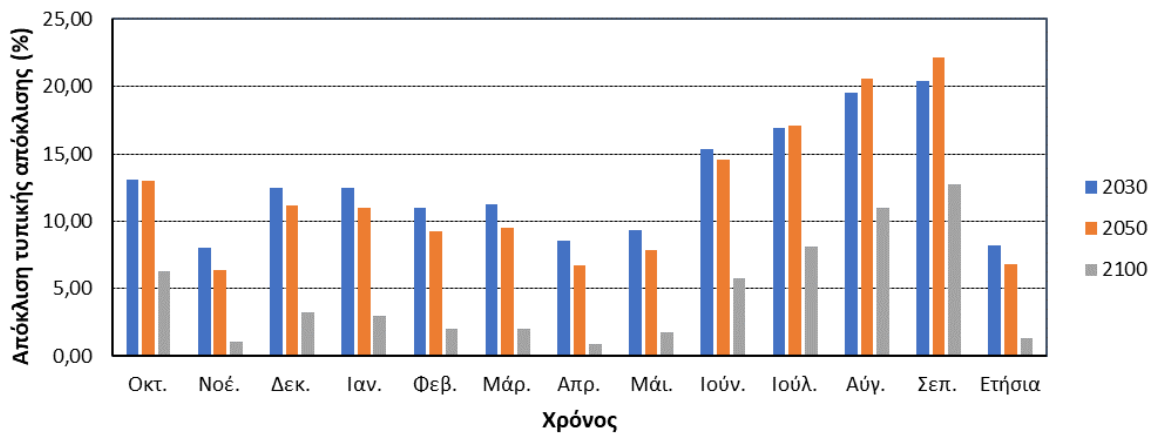
Μέση τιμή	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Ετήσια μέση τιμή
Ποσοστό %	19.65	20.51	20.28	17.23	15.11	12.92	11.49	11.42	12.10	12.83	14.17	15.59	14.78
Απόκλιση (mm)	1.52	3.34	6.37	7.70	8.14	7.33	5.34	3.61	2.09	1.23	0.83	0.61	48.10
Τυπική απόκ.	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Ετήσια τυπική απόκλιση
Ποσοστό %	13.11	8.01	12.51	12.47	10.98	11.22	8.55	9.35	15.33	16.96	19.54	20.40	8.20
Απόκλιση (mm)	1.00	1.55	2.82	3.72	2.37	2.73	1.60	1.15	0.86	0.55	0.46	0.28	9.12

Σχετική απόκλιση (%) της μέσης τιμής της προσομοιωμένης απορροής (RCP2.6)



Σχήμα 8.4: Σχετική απόκλιση (%) μέσης τιμής απορροής, συνολικής λεκάνης Σπερχειού χωρίς θεώρηση κλιματικής αλλαγής, με απορροή υπό το RCP2.6

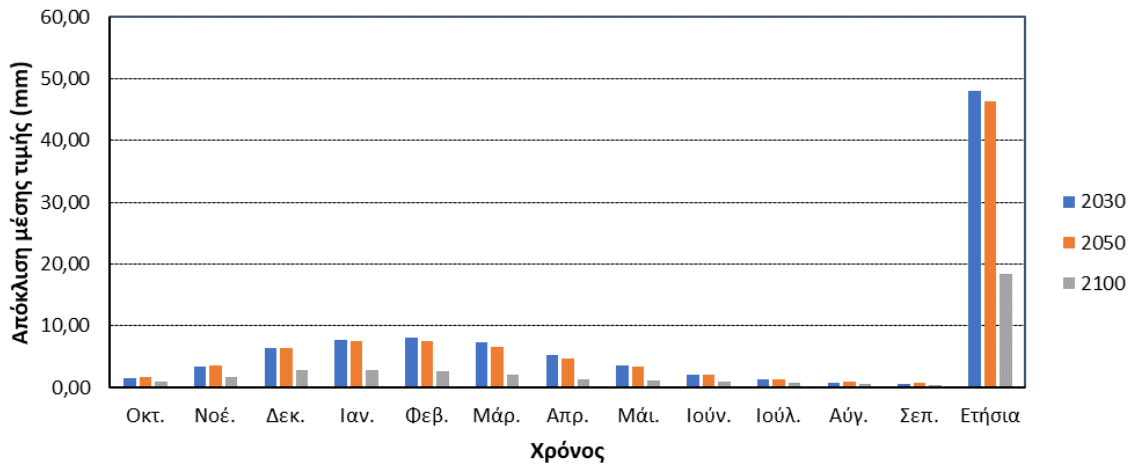
Σχετική απόκλιση (%) της τυπικής απόκλισης της προσομοιωμένης απορροής (RCP2.6)



Σχήμα 8.5: Σχετική απόκλιση (%) τυπικής απόκλισης απορροής, συνολικής λεκάνης Σπερχειού χωρίς θεώρηση κλιματικής αλλαγής, με απορροή υπό το RCP2.6

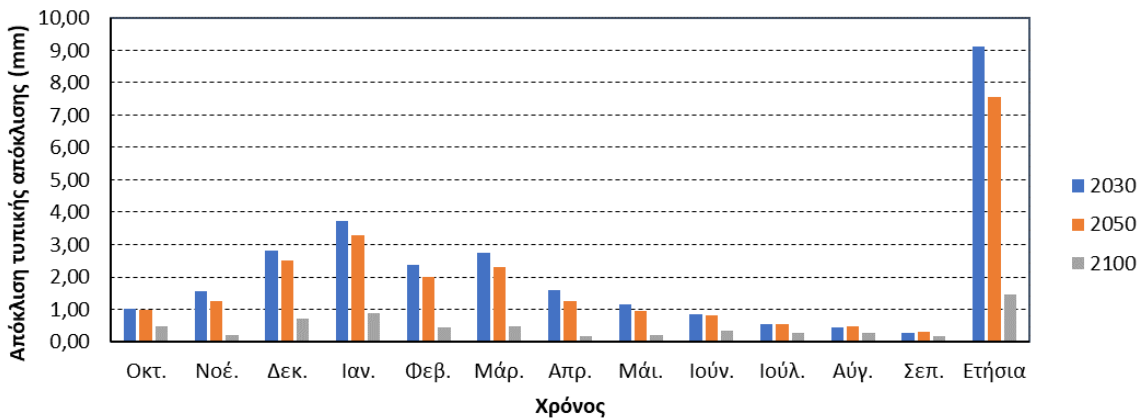
Αναφορικά με τη σχετική απόκλιση, η μέση τιμή των προσομοιωμένων απορροών εμφανίζει τη μεγαλύτερη απόκλιση από την περίπτωση χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής, κατά τον χρονικό ορίζοντα 2050 και ιδιαίτερα κατά τους φθινοπωρινούς μήνες (Οκτ., Νοε., Δέκ.). Αντίθετα, η τυπική απόκλιση εμφανίζει τη μεγαλύτερη σχετική απόκλιση σε σχέση με την περίπτωση χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής, να μεν το 2050 και αυτή, αλλά περισσότερο τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούν., Ιούλ., Αύγ., Σεπ.).

Απόλυτη απόκλιση (mm) της μέσης τιμής της προσομοιωμένης απορροής (RCP2.6)



Σχήμα 8.6: Απόλυτη απόκλιση (mm) μέσης τιμής απορροής, συνολικής λεκάνης Σπερχειού χωρίς θεώρηση κλιματικής αλλαγής, με απορροή υπό το RCP2.6

Απόλυτη απόκλιση (mm) της τυπικής απόκλισης της προσομοιωμένης απορροής (RCP2.6)



Σχήμα 8.7: Απόλυτη απόκλιση (mm) τυπικής απόκλισης, απορροής συνολικής λεκάνης Σπερχειού χωρίς θεώρηση κλιματικής αλλαγής, με απορροή υπό το RCP2.6

Σχετικά με την απόλυτη απόκλιση μεταξύ απορροής σεναρίου RCP2.6 και απορροής χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής και για τη μέση τιμή και για την τυπική απόκλιση, οι μεγαλύτερες τιμές της εμφανίζονται κατά το 2030. Και στις 2 περιπτώσεις η απόλυτη απόκλιση σε μηνιαία κλίμακα, με εξαίρεση τους χειμερινούς μήνες που είναι λίγο πιο αυξημένη, εμφανίζει χαμηλές τιμές. Από την άλλη πλευρά σε ετήσια κλίμακα παρατηρείται αρκετά μεγαλύτερη απόλυτη απόκλιση σε σχέση με της μηνιαίες τιμές και για τους 3 χρονικούς ορίζοντες.

Το 3^ο αριθμητικό κριτήριο αφορά τη 3^η κεντρική ροπή και είναι ο συντελεστής ασυμμετρίας. Ο συντελεστής αυτός *Skew* υπολογίζεται μέσω της Εξίσωσης 3.4 που έχει αναφερθεί παραπάνω. Για να υπολογιστεί ο συντελεστής πρέπει να υπολογισθούν αρχικά οι χρονοσειρές

των αποκλίσεων των απορροών χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής και με θεώρηση της κλιματικής αλλαγής υπό το εκάστοτε σενάριο RCP. Στον πίνακα 8.2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα της χρονοσειράς των αποκλίσεων μεταξύ προσομοιωμένης απορροής χωρίς θεώρηση της κλιματικής αλλαγής και απορροής υπό το RCP2.6 για τη συνολική λεκάνη Σπερχειού και κατά το 2030.

Πίνακας 8.2: Αποκλίσεις απορροών συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2030 μεταξύ προσομοιωμένης απορροής και απορροής υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	1.25	9.04	7.74	6.28	3.46	2.99	2.86	2.67	1.04	1.13	0.63	0.77	39.85
1967-68	0.82	1.38	5.54	12.87	8.83	7.02	3.03	3.65	2.32	0.86	0.57	0.41	47.31
1968-69	1.27	2.40	11.48	10.21	10.41	11.37	3.58	1.83	1.05	0.47	0.22	0.28	54.56
1969-70	0.23	0.60	7.32	8.27	6.84	7.97	2.73	3.11	1.91	1.40	0.71	0.56	41.67
1970-71	1.79	1.85	3.66	6.13	11.02	14.99	6.32	2.89	1.40	1.64	1.06	1.09	53.83
1971-72	1.72	3.57	4.11	8.64	9.75	5.61	6.90	3.60	1.80	2.28	2.00	1.43	51.42
1972-73	7.00	5.16	4.03	7.09	8.93	8.89	4.56	2.36	1.47	1.04	0.81	0.54	51.88
1973-74	1.58	2.57	5.84	6.18	11.11	8.97	8.08	3.94	2.26	0.98	0.56	0.55	52.63
1974-75	1.11	2.75	3.19	2.84	9.18	5.62	3.63	3.39	5.74	1.84	2.07	0.91	42.27
1975-76	1.17	2.88	7.29	7.79	11.88	6.73	5.98	3.18	1.93	1.20	0.76	0.43	51.22
1976-77	1.24	2.93	4.63	3.65	2.96	2.32	3.43	2.11	1.66	0.68	0.37	0.50	26.47
1977-78	0.40	1.20	4.50	12.57	11.32	6.40	6.50	2.76	1.29	0.63	0.36	1.14	49.09
1978-79	2.06	3.43	6.45	8.62	8.86	4.80	5.65	5.19	2.26	2.01	0.91	0.61	50.85
1979-80	3.53	6.81	9.37	11.08	8.44	9.09	5.19	3.35	2.13	0.90	0.51	0.36	60.76
1980-81	4.67	6.57	11.45	20.08	8.47	3.95	4.27	2.30	1.16	0.68	0.51	0.66	64.77
1981-82	1.21	2.96	8.22	5.57	9.75	11.53	8.93	8.27	2.77	1.24	0.75	0.74	61.94
1982-83	1.00	3.50	4.49	3.35	5.55	7.57	4.04	2.44	4.18	3.10	1.72	1.02	41.95
1983-84	1.50	4.68	11.64	8.10	13.87	9.45	9.27	3.87	1.75	0.95	1.06	0.65	66.80
1984-85	0.53	1.84	5.51	14.10	7.09	8.63	6.11	2.70	1.31	0.73	0.37	0.25	49.15
1985-86	0.67	4.35	3.75	6.25	9.16	7.56	4.18	4.11	3.17	1.61	1.00	0.59	46.39
1986-87	2.53	2.31	4.17	7.38	6.24	13.34	7.85	3.60	2.32	1.15	0.65	0.34	51.90
1987-88	1.31	3.59	4.61	6.36	8.19	7.32	4.63	2.60	1.32	0.61	0.33	0.23	41.09
1988-89	0.30	4.33	7.39	3.34	4.64	7.98	4.38	3.45	1.82	1.66	0.72	0.46	40.48
1989-90	1.08	1.96	3.55	2.25	3.04	2.79	4.35	2.82	1.47	0.71	1.30	0.82	26.13
1990-91	0.93	5.18	18.14	12.38	8.34	6.87	7.58	5.03	1.66	1.01	1.32	0.64	69.08
1991-92	0.88	2.50	2.78	2.23	3.01	3.57	4.93	5.31	3.13	1.38	0.60	0.38	30.70
1992-93	0.53	0.83	2.12	2.33	5.99	6.23	4.10	5.14	2.15	0.89	0.46	0.28	31.06
1993-94	0.21	2.37	5.38	9.65	11.61	5.57	6.35	5.46	2.04	1.51	0.90	0.47	51.52
Μέση τιμή	1,52	3,34	6,37	7,70	8,14	7,33	5,34	3,61	2,09	1,23	0,83	0,61	48,10
Τυπ. απόκ.	1,45	1,92	3,50	4,18	2,93	3,06	1,83	1,37	1,01	0,59	0,48	0,30	11,26

Ενδεικτικά, στους πίνακες 8.3, 8.4, 8.5, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών του *Skew* για το 1^ο σενάριο της συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2030, 2050 και 2100. Το Σχήμα 8.8 παρουσιάζει το σχεδιάγραμμα με την αναπαράσταση του *Skew* υπό το RCP2.6 και κατά τους 3 χρονικούς ορίζοντες.

Πίνακας 8.3: Συντελεστής ασυμμετρίας κατανομής αποκλίσεων προσομοιωμένων απορροών και απορροών υπό το RCP2.6 (2030)

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Skew	2.55	1.19	1.69	0.94	-0.32	0.57	0.59	1.61	2.14	1.41	1.31	1.05	-0.20

Πίνακας 8.4: Συντελεστής ασυμμετρίας κατανομής αποκλίσεων προσομοιωμένων απορροών και απορροών υπό το RCP2.6 (2050)

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Skew	2.50	0.76	1.56	0.76	-0.44	0.52	0.46	1.52	2.20	1.40	1.32	1.03	-0.39

Πίνακας 8.5: Συντελεστής ασυμμετρίας κατανομής αποκλίσεων προσομοιωμένων απορροών και απορροών υπό το RCP2.6 (2100)

	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
Skew	2.22	0.43	1.23	0.31	-0.70	0.21	-0.64	1.01	2.15	1.15	1.19	0.91	-1.44



Σχήμα 8.8: Σχεδιάγραμμα συντελεστής ασυμμετρίας κατανομής αποκλίσεων προσομοιωμένων απορροών και απορροών υπό το RCP2.6

Επισημαίνεται ότι η ασυμμετρία χαρακτηρίζει το βαθμό ασυμμετρίας μιας κατανομής γύρω από τη μέση τιμή της. Με βάση το σχεδιάγραμμα παρατηρούνται τα εξής:

Οι περισσότεροι μήνες έχουν θετικό συντελεστή ασυμμετρίας. Η θετική τους ασυμμετρία υποδηλώνει κατανομή με ασύμμετρη ουρά που εκτείνεται προς τα δεξιά, προς περισσότερο θετικές τιμές. Μόνο κατά το μήνα Φεβρουάριο και τον Απρίλιο μόνο για τον χρονικό ορίζοντα 2100 ο συντελεστής λαμβάνει αρνητικές τιμές, πράγμα που υποδηλώνει κατανομή με ασύμμετρη ουρά που εκτείνεται προς τα αριστερά, προς περισσότερο μικρές τιμές. Η μεγαλύτερη ασυμμετρία παρατηρείται στην αρχή του φθινοπώρου και του καλοκαιριού. Επιπλέον, αρνητική είναι η τιμή του συντελεστή και για τις ετήσιες τιμές, με μεγαλύτερη τιμή κατά το χρονικό ορίζοντα 2100, μετά για το 2050 και τέλος για το 2030.

8.4 Προτάσεις προσαρμογής-μετριασμού της επίδρασης της Κλιματικής Αλλαγής

8.4.1 Εισαγωγή

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις φτωχές χώρες θα είναι πιο σοβαρές μέσω της μακροπρόθεσμης περιβαλλοντικής υποβάθμισης και των επιπτώσεων των ακραίων καιρικών συνθηκών. Μπορούμε να μάθουμε τις πιθανές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής μελετώντας τον αντίκτυπο των ακραίων καιρικών φαινομένων στο παρελθόν. Υπό το φως του πρόσφατου παρελθόντος, τόσο το εκτιμώμενο οικονομικό κόστος των φυσικών καταστροφών όσο και η συχνότητά τους αναμένεται να αυξηθούν ραγδαία, πολλές αναπτυσσόμενες χώρες αγωνίζονται συνεχώς με τις τρέχουσες συνθήκες.

Είναι σαφές από το μέγεθος των επιπτώσεων στις ανθρώπινες δραστηριότητες ότι η κλιματική αλλαγή είναι μια επείγουσα πρόκληση που απαιτεί συνεχή προσοχή και δράση. Σε αυτό το πλαίσιο, αν και με αρκετές επικρίσεις, η πολιτική για την κλιματική αλλαγή έχει αναπτυχθεί και επεκταθεί σημαντικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες σε όλα τα επίπεδα, πέρα από τα απλά κλιματικά ζητήματα και απαιτεί από τους πολίτες, τις κυβερνήσεις και τους οργανισμούς να αντιμετωπίσουν τόσο τον κίνδυνο όσο και την αβεβαιότητα που την περιγράφει (Bulkeley, 2013). Επομένως, καθίσταται σαφές ότι η χάραξη πολιτικής σε διεθνή και τοπική κλίμακα έχει τεράστιο αντίκτυπο στον τρόπο αντιμετώπισης των κινδύνων για την κλιματική αλλαγή.

Αυτό το κεφάλαιο αναλύει τις πολιτικές για την κλιματική αλλαγή καθώς αυτές αναπτύσσονται σε όλα τα χωρικά επίπεδα. Η IPCC δήλωσε ότι οι πολιτικές για την κλιματική αλλαγή είναι μια διαδικασία λήψης αποφάσεων διαχείρισης κινδύνων που έχει επαναληφθεί για πολλές δεκαετίες και περιλαμβάνει πληροφορίες, γνώσεις και ενέργειες που ενημερώνονται συνεχώς (IPCC, 2007) Οι πολιτικές γενικά διαφέρουν και μπορούν να χωριστούν σε δύο μέρη: πολιτικές μετριασμού και πολιτικές προσαρμογής, οι οποίες έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (Davoudi et al., 2012). Ενώ οι πολιτικές προσαρμογής της κλιματικής αλλαγής αντιστρέφονται, οι πολιτικές μετριασμού «κατευθύνονται από παγκόσμια σε εθνική και έπειτα τοπική κλίμακα».

8.4.2 Μετριασμός

Ο μετριασμός της μεταβολής του κλίματος είναι η διαδικασία μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, προκειμένου να επιβραδυνθεί ο ρυθμός αύξησης των αερίων αυτών καθώς και να επιβραδυνθεί ο ρυθμός αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Γενικά, είναι οι ενέργειες που οδηγούν στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ή ακόμη και στη συσσώρευση δεξαμενών αποθήκευσης αερίων θερμοκηπίου.

Το θέμα του μετριασμού γίνεται όλο και πιο σημαντικό για τις κυβερνήσεις, καθώς η συσσώρευση αερίων θερμοκηπίου προκαλεί περαιτέρω κλιματική αλλαγή, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε τοπικό επίπεδο. Ως αποτέλεσμα, ο σχεδιασμός νέων ελαφρυντικών πολιτικών αποτελεί αντικείμενο διεθνούς συζήτησης τα τελευταία χρόνια. Με τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (που μπορεί να γίνει με τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου) οι μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να μειωθούν σημαντικά. Επιπλέον, ο μετριασμός έχει ενισχύσει την περιβαλλοντική έννοια της αειφορίας, η οποία δίνει έμφαση στην αποτελεσματική παραγωγή ενέργειας και στην προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, θα είναι σε μεγάλο βαθμό απαραίτητο να προωθηθεί ένα πολύ ευρύ πεδίο ανάπτυξης και εφαρμογής τεχνολογιών που εκπέμπουν πολύ λίγο ή καθόλου διοξείδιο του άνθρακα. Με βάση τη θέση του Stern (Stern, 2007), οι πολιτικές μείωσης των εκπομπών πρέπει να βασίζονται σε τρία βασικά στοιχεία: α) τιμολόγηση άνθρακα β) ανάπτυξη τεχνολογιών και γ) αφαίρεση αυτών των παραγόντων που καθιστούν δύσκολο για τους ανθρώπους να αλλάξουν τη συμπεριφορά τους.

Μερικά από τα προτεινόμενα μέτρα μετριασμού παρατίθενται παρακάτω (Κανλής, 2012):

➤ **Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

Η ενέργεια από ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας), ή ήπιες μορφές ενέργειας, προέρχεται από διάφορες φυσικές διεργασίες, δεν υπάρχουν σε καθορισμένη ποσότητα, και παραδείγματα ήπιων μορφών ενέργειας περιλαμβάνουν την αιολική ενέργεια, την γεωθερμική ενέργεια και την ηλιακή. Ο όρος «ήπιος» αναφέρεται σε δύο από τα κύρια χαρακτηριστικά τους: Είναι «καθαρές» μορφές ενέργειας, «φιλικές προς το περιβάλλον», οι οποίες δεν απελευθερώνουν υδρογονάνθρακες (C_xH_y), CO₂ ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, σε αντίθεση με τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα. Ως εκ τούτου, πολλοί θεωρούν τις ΑΠΕ ως αφετηρία για τα περιβαλλοντικά ζητήματα που αντιμετωπίζει σήμερα ο πλανήτης. Από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979, το ενδιαφέρον για την εμβάθυνση της εφαρμογής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ανάπτυξη πιο αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών έχει αυξηθεί. Οι περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βασίζονται στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία προέρχεται από βαθιά μέσα στο φλοιό της γης και από την ενέργεια της παλίρροιας, η οποία χρησιμοποιεί τη βαρύτητα για την απόκτηση ενέργειας. Ουσιαστικά οι άλλες μορφές ΑΠΕ είναι η ηλιακή ενέργεια που αποθηκεύεται σε άλλο μέσο, όπως η βιομάζα, η οποία είναι ηλιακή ενέργεια που συνδέεται με φυτικούς ιστούς μέσω της φωτοσύνθεσης και της αιολικής ενέργειας που παράγεται με θέρμανση αέρα, ενώ από την άλλη, αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται την εξάτμιση-συμπύκνωση του νερού και την κυκλοφορία του.

➤ **Χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα και βιοκαύσιμα 1ης και 2ης γενιάς**

Όπως τα αυτοκίνητα, οι λέβητες και η βιομηχανία αναζητούν καθαρότερες τεχνολογίες, και έτσι τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε αυτά πρέπει να γίνουν καθαρότερα. Προκειμένου να μειωθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί μια νέα παραγωγή καυσίμων με εξαιρετικά χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG), το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), το υδρογόνο και τα βιοκαύσιμα προσφέρουν μειώσεις κατά 10% έως 50% στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ανάλογα με την παραγωγή και τη χρήση τους. Ωστόσο, αυτά τα καύσιμα υποφέρουν από υψηλότερο κόστος, περιορισμένη αυτονομία, περιορισμένη προμήθεια καυσίμων και υποδομή εφοδιασμού, καθώς και την ανάγκη για ειδικά σχεδιασμένους κινητήρες. Επιπλέον, τα καύσιμα υποκατάστασης και ειδικά τα βιοκαύσιμα περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το γεγονός ότι πρέπει να αναμιχθούν με καύσιμα πετρελαίου για να χρησιμοποιηθούν. Ωστόσο, έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τις μεταφορές έως και 20% τα επόμενα 15 χρόνια.

Η χρήση υγραερίου σε οχήματα μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών στα αέρια του θερμοκηπίου κατά περίπου 20% σε σύγκριση με τα οχήματα με βενζίνη. Αλλά λόγω των πολύ μικρότερων αποθεμάτων του από το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, το υγραέριο έχει περιορισμένο δυναμικό ως καύσιμο μεταφοράς μεγάλης κλίμακας. Με τον ίδιο τρόπο, το φυσικό αέριο (CNG) μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά περίπου 30%

και με μια εκτεταμένη υποδομή, είναι εύκολο να εγκατασταθούν σταθμοί ανεφοδιασμού οπουδήποτε.

➤ Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης

Η κλιματική αλλαγή δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο με την παραγωγή ενέργειας με πιο φιλικά μέσα. Ταυτόχρονα, είναι απαραίτητη η χρήση της ενέργειας όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά, όπως η μείωση της ποσότητας ενέργειας που απαιτείται για την παροχή αγαθών και υπηρεσιών. Επομένως, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλο το δομημένο περιβάλλον, όπως ο τομέας των μεταφορών και η βιομηχανία, είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

➤ Αξιοποίηση και εκμετάλλευση βιοαερίου

Μια μεγάλη ποσότητα ζωικών λυμάτων περιέχει οργανική ύλη, στην οποία τα μόρια περιέχουν ενέργεια, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους μικροοργανισμούς για τον μεταβολισμό τους. Αυτή η ενέργεια προήλθε από την ηλιακή ενέργεια που ενσωματώθηκε στη ζωοτροφή μέσω της φωτοσύνθεσης, την οποία τα ζώα δεν χρησιμοποίησαν άμεσα για τις δικές τους ενεργειακές ανάγκες.

Με την επεξεργασία αυτών των λυμάτων, αυτά οξειδώνονται πλήρως σε αερόβιες συνθήκες, χρησιμοποιώντας μικροοργανισμούς που ευνοούνται να το πράξουν. Αυτό οδηγεί σε μόνιμα αβλαβή τελικά προϊόντα όπως το CO₂ και το H₂O, αλλά που έχουν επίσης ενεργειακό ενδιαφέρον. Αντίθετα, εάν υπάρχουν αναερόβιες συνθήκες, μπορούν να προτιμηθούν διάφοροι αναερόβιοι μικροοργανισμοί να οξειδώσουν εν μέρει την οργανική ύλη και να παράγουν ένα μείγμα αερίων πλούσιο σε μεθάνιο (CH₄) και, συνεπώς, μια πηγή ενέργειας που ονομάζεται βιοαέριο. Το βιοαέριο είναι σχεδόν άχρωμο και έχει χαρακτηριστική οσμή διαφόρων ακαθαρσιών. Τα καύσιμα CH₄ και το αέριο CO₂ θεωρούνται ως τυπική του σύνθεση. Η θερμογόνο δύναμη κυμαίνεται μεταξύ 4500 kcal και 7000 kcal, με τυπική τιμή περίπου 5700 kcal. Η διαφορά μεταξύ βιοαερίου και ορυκτών καυσίμων είναι ότι το βιοαέριο είναι ένας «καθαρός» ενεργειακός πόρος. Επομένως, οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που παράγονται από την καύση βιοαερίου είναι ίσες με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που απορροφούνται από την ατμόσφαιρα κατά την παραγωγή του, και συνεπώς δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον.

8.4.3 Προσαρμογή

Η προσαρμογή αναφέρεται στην ικανότητα των φυσικών ή τεχνητών συστημάτων να αντιμετωπίζουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και να προσαρμόζονται στις επιπτώσεις της, με στόχο τον περιορισμό των συνεπειών ή ακόμη και την αξιοποίηση των οφελών της (IPCC, 2007). Καθώς η κλιματική αλλαγή εξελίσσεται, η αλλαγή και σε άλλους τομείς όπως η ανθρώπινη υγεία και η σύνθεση της κοινωνίας, μπορεί να αλλάξει δραματικά εάν δεν ληφθεί άμεση δράση. Τέτοια μέτρα προσαρμογής στοχεύουν στη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε πιο τοπικό επίπεδο.

Η έννοια της μείωσης των καταστροφικών κινδύνων συνδέεται στενά με την προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος, με στόχο τη μείωση των επιπτώσεων των φυσικών και τεχνολογικών κινδύνων που μπορεί να οδηγήσουν σε μη αναστρέψιμες καταστάσεις. Είναι θεμελιωδώς σημαντικό να εξεταστούν τα θέματα προσαρμογής και μετριασμού των καταστροφικών κινδύνων, που έχουν τον ίδιο τελικό στόχο, δηλαδή τη μείωση της ευπάθειας σε επικίνδυνα γεγονότα και την αξιολόγηση κινδύνου καταστροφών, συμβάλλοντας έτσι στην επίτευξη αυτού του τελικού στόχου (Birkmann, 2009). Επιπλέον, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η προσαρμογή μπορεί να συνδυαστεί με διαφορετικές φάσεις στη μείωση του κινδύνου καταστροφών, ενώ η

προσαρμογή σε ακραίες καιρικές συνθήκες θα μπορούσε να αυξήσει την ανθεκτικότητα στις κλιματικές αλλαγές (IPCC, 2007).

Η προσαρμογή που πραγματοποιείται πριν από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ονομάζεται προληπτική προσαρμογή. Μια αυτόνομη προσαρμογή είναι αυτή που δεν επηρεάζεται από μια συνειδητά επιλεγμένη απόκριση σε ένα κλιματικό γεγονός, αλλά επιτυγχάνεται φυσικά από οικολογικά συστήματα, μαζί με αυτόνομες ενέργειες που αναλαμβάνονται από ανθρώπινα συστήματα (κοινωνικές δομές, αγορά). Η προγραμματισμένη προσαρμογή είναι προσαρμογή που εξαρτάται από τη συνειδητοποίηση ότι οι συνθήκες έχουν αλλάξει ή πρόκειται να αλλάξουν και απαιτούνται συγκεκριμένες ενέργειες για να επιστρέψουν στην επιθυμητή κατάσταση.

Τέλος, χρειάζονται πολλές στρατηγικές για αποτελεσματική προσαρμογή, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι τεχνολογικές λύσεις και πολιτικές που βασίζονται σε οικοσυστήματα. Μερικές από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

➤ **Αναχώματα σε παράκτιες περιοχές**

Αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας είναι η αύξηση της τήξης του πάγου, η οποία προκαλεί την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Οι εκθέσεις της Διακυβερνητικής Ομάδας για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007) επισημαίνουν την πιθανότητα αύξησης της στάθμης της θάλασσας μεταξύ 19 cm και 59 cm έως το τέλος του αιώνα. Αν και οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου παρέμειναν χαμηλές, πολλοί επιστήμονες παρατήρησαν αύξηση έως και 1 m παρά το γεγονός αυτό. Ως συνέπεια αυτών των αυξήσεων, μεγάλα τμήματα των καλλιεργήσιμων εκτάσεων θα καλύπτονταν σε νερό, όπως και πολλές αστικές περιοχές. Επιπλέον είναι δυνατόν να προκληθεί πλημμύρα στις εκβολές των περισσότερων ποταμών, κάτι που συνεπάγεται την καταστροφή πολλών υδροβιότοπων που είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για πτηνά. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, τα πρώτα βήματα επικεντρώθηκαν στην κατασκευή προστατευτικών κατασκευών σκυροδέματος κατά μήκος των ακτών εκτός από την ανάπτυξη αναχωμάτων. Μια άλλη ιδέα είναι τα «έξυπνα αναχώματα», τα οποία παρακολουθούνται με συστήματα που επιτρέπουν την καλύτερη κατανόηση του τρόπου βελτίωσης και συντήρησής τους. Οι υπεύθυνοι θα μπορούσαν επίσης να γνωρίζουν πότε πρέπει να προχωρούν στην εκκένωση των προστατευόμενων από αυτά ζωνών. Μια πιο φιλόδοξη προσέγγιση θα ήταν να αποκατασταθούν τα νησιά στα ανοικτά των ακτών που λειτουργούν ως φυσικά αναχώματα, τα οποία ορισμένοι επιστήμονες αποκαλούν «επιχώματα της φύσης» παράλληλα με τους παράκτιους υδροτόπους, θεωρώντας ότι είναι η καλύτερη και πρωταρχική άμυνα κατά της πλημμύρας.

➤ **Ορθολογική διαχείριση υδάτων**

Η εξοικονόμηση νερού καθίσταται πιο επιτακτική, καθώς η κλιματική αλλαγή δημιουργεί ένα μέλλον με μείωση των βροχοπτώσεων και αύξηση της ξηρασίας. Λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών, όχι μόνο η διαθεσιμότητα του νερού γίνεται πιο περιορισμένη, αλλά και η κατανάλωση αυξάνεται. Για παράδειγμα, η ημερήσια κατανάλωση νερού εκτιμάται ότι αυξάνεται κατά 2% για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Εκτός από την αύξηση της κατανάλωσης νερού, υπάρχει επίσης ο ετεροχρονισμός μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Αυτό σημαίνει ότι το χειμώνα, όταν η ζήτηση είναι χαμηλή, έχουμε τη μέγιστη προσφορά και αντίστροφα για το καλοκαίρι. Επομένως, η ανάγκη για καλύτερη διαχείριση είναι επιτακτική. Επιπλέον μπορεί να εγκατασταθεί σύστημα ανακύκλωσης ημιακάθαρτων νερών και χρήση του σε δευτερεύουσες λειτουργίες, ή ακόμα και σύστημα συλλογής βρόχινου νερού για παρόμοιες λειτουργίες.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρόμοιες τεχνικές, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων οικιακών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς και η κατασκευή λαστιχένιων δεξαμενών για τη συλλογή βρόχινου νερού για άρδευση. Τα ίδια μέτρα μπορούν επίσης να ληφθούν σε τοπικό επίπεδο καθώς υπάρχουν πολλοί μικροί ταμιευτήρες (ή εύκολα μπορούν να κατασκευαστούν σε κάποια μέρη) έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν για άρδευση.

➤ **Στροφή σε βιολογικές καλλιέργειες και εφαρμογή μεθόδου ολοκληρωμένης διαχείρισης καλλιεργειών**

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, η στέγαση, η βιομηχανία, ο τουρισμός και η αγροτική ανάπτυξη και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν ασκήσει σημαντική και συνεχώς αυξανόμενη πίεση στις παράκτιες περιοχές, γεγονός που καθιστά απαραίτητο για την παράκτια διαχείριση το να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις αυτών των περιβαλλοντικών πιέσεων. Οι περισσότερες λιμνοθάλασσες μπορούν να απειληθούν άμεσα από εντατικές αλιευτικές πρακτικές που γεινιάζουν με αυτές, καθώς και από εντατική βόσκηση, παράνομη υλοτομία και άλλες εντατικές γεωργικές πρακτικές που ακολουθούνται. Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι εκτεταμένες απαιτήσεις σχετικά με το νερό και άλλους πόρους στην παρακείμενη λεκάνη απορροής ποταμών, θα πρέπει να δημιουργηθούν χάρτες χρήσης γης και βάσεις δεδομένων χρηστών νερού σε όλη την αντίστοιχη λεκάνη απορροής ποταμού για να προσδιοριστούν οι συνολικές ανάγκες άρδευσης και ανάγκες για άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με το νερό. Επιπλέον, ο καθορισμός περιμετρικών ζωνών προστασίας της γης στις οποίες θα απαγορεύεται η εντατική γεωργία ή όπου επιλεκτικά επιτρέπεται μόνο η βιολογική γεωργία, θα συμβάλει επίσης θετικά. Επιπλέον, είναι επίσης απαραίτητο να αφαιρεθούν όλες οι παράνομες τοποθεσίες και βιομηχανίες διάθεσης στερεών αποβλήτων. Τέλος, η χρήση φυσικών συστημάτων και η τεχνητή φύτευση υδρόβιων φυτών για την αντιμετώπιση της διάβρωσης του εδάφους και μη-σημειακών αγροτικών απορροών από τις γεωργικές δραστηριότητες θα βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα του νερού. Είναι σημαντικό να απομακρυνθούν οι βιομηχανίες και οι τουριστικές εγκαταστάσεις, καθώς και οι παράνομες τοποθεσίες διάθεσης στερεών αποβλήτων. Ένας σημαντικός τομέας της γεωργίας που συνεισφέρει στην προστασία του περιβάλλοντος είναι οι βιολογικές καλλιέργειες με τη χρήση φυσικών λιπασμάτων και φαρμάκων. Πρωτίστως, με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τη δημιουργία και τη χρήση τεχνητών λιπασμάτων και φαρμάκων με τοξικές ουσίες. Ακόμα στη βιολογική καλλιέργεια η χρήση μηχανημάτων δεν είναι τόσο συχνή καθώς δεν γίνονται συχνά ραντίσματα, και ως εκ τούτου αποφεύγονται στα λαχανικά και φρούτα οι τοξίνες και άλλες καρκινογόνες ουσίες. Με βάση τα παραπάνω, χρυσή τομή μεταξύ συμβατικής και βιολογικής καλλιέργειας είναι η ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών, ενσωματώνοντας στοιχεία και από τις δύο.

➤ **Βελτιωμένη διαχείριση δασών-Δενδροφύτευση**

Η φύτευση δέντρων για την αντιστάθμιση των εκπομπών CO₂ έχει δυσφημιστεί ευρέως από τους περιβαλλοντολόγους, αλλά η πώληση των «carbon offsets» (αντισταθμίσματα άνθρακα) δεν έχει εξαφανιστεί καθόλου. Η θεωρία είναι ότι τα δέντρα χρησιμοποιούν τη φωτοσύνθεση για να απορροφήσουν άνθρακα από την ατμόσφαιρα και να το αποθηκεύσουν. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα και τα αποτελέσματά της διαρκούν αρκετές δεκαετίες, καθώς τα δέντρα πεθαίνουν και αποσυντίθενται, απελευθερώνοντας άνθρακα. Σημειώνεται ότι σε καμία περίπτωση δεν αντισταθμίζει την απελευθέρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα από ορυκτά καύσιμα που έχουν αποθηκευτεί για εκατομμύρια χρόνια.

Το γεγονός ότι ο άνθρακας που παγιδεύεται στα δέντρα παραμένει μέρος του κύκλου άνθρακα, περιοδικά επιστρέφοντας στην ατμόσφαιρα, είναι ένα πρόβλημα που για την επίλυσή του έχει προταθεί η ταφή των δέντρων, σε μια προσπάθεια να κρατήσει τον αποθηκευμένο άνθρακα εκτός του κύκλου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαν να θαφτούν νεκρά ξύλα από το έδαφος του δάσους και επιλεκτικά κομμένα παλιά δέντρα από τα δάση του κόσμου. Ωστόσο, τονίζεται ότι πρόκειται για καθαρά θεωρητικό μέτρο, καθώς οι εκπομπές από τους εκσκαφείς που θα σχηματίσουν αυτές τις τάφρους δεν έχουν υπολογιστεί, καθώς και η τεράστια καταστροφή των δασών με την απομάκρυνση του νεκρού ξύλου, τα οποία αποτελούν ζωτικό μέρος των οικοσυστημάτων. Σε κάθε περίπτωση όμως, ακόμα και το θαμμένο ξύλο τελικά σαπίζει, απελευθερώνοντας τον αποθηκευμένο άνθρακα.

➤ **Ορθολογική διαχείριση αποβλήτων**

Τα απόβλητα σήμερα αποτελούν μια από τις κυριότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος. Τα υγρά απόβλητα αρχικά πρέπει να υποστούν επεξεργασία προτού διοχετευθούν στο περιβάλλον, είτε πρόκειται για αστικά απόβλητα είτε για βιομηχανικά. Για το σκοπό αυτό αρχικά, χρειάζεται η κατασκευή εγκαταστάσεων βιολογικών καθαρισμών ώστε αυτά να μη διοχετεύονται στα ρέματα. Ακόμα, τα ογκώδη απόβλητα τα οποία αφαιρούνται από τους βιολογικούς καθαρισμούς θα πρέπει να εναποτίθενται σε χώρους που πληρούν ορισμένα βασικά περιβαλλοντικά κριτήρια. Κατόπιν, η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων μπορεί να γίνει στην άρδευση κοινόχρηστων χώρων, σε παράλληλο κύκλωμα ύδρευσης για την τροφοδοσία στα καζανάκια των τουαλετών, στη δημιουργία τεχνητών λιμνών αναψυχής, στην αποθήκευση ύδατος για σκοπούς πυρόσβεσης ή ακόμα και στα πλυντήρια αυτοκινήτων. Μια κατηγορία με πιο ογκώδη απόβλητα είναι τα στερεά απόβλητα. Αρχικά, για τα στερεά αστικά απόβλητα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια πυραμίδα με στόχο την καλύτερη διαχείρισή τους. Κορυφή της πυραμίδας είναι η προσπάθεια μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων, με τη συνεισφορά των βιομηχανιών στη μείωση των υλικών περιτυλίγματος αλλά και στην επιλογή του καταναλωτή εκείνων των προϊόντων που δεν δύναται να αχρηστευθούν άμεσα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την υιοθέτηση ενός συστήματος σύμφωνα με το οποίο τα τέλη θα είναι ανάλογα με τα σκουπίδια που ο εκάστοτε καταναλωτής παράγει. Το επόμενο σκαλοπάτι της πυραμίδας είναι η προώθηση της ανακύκλωσης.

Επίσης, θα πρέπει να ενταθεί η ανακύκλωση λιπαντικών ελαίων και συσσωρευτών καθώς εναποτίθενται σε οποιοδήποτε μέρος με καταστροφικές συνέπειες. Το τρίτο στάδιο της πυραμίδας είναι η ενεργειακή αξιοποίηση προδιαλεγμένου υλικού έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος του αλλά και να υπάρχει ενεργειακό όφελος. Το υπόλοιπο μέρος των απορριμμάτων, που θα είναι κατά βάση οργανικό, μπορεί να υποστεί αναερόβια χώνευση με σκοπό την παραγωγή βιοαερίου, και τη συλλογή του για ενεργειακή αξιοποίηση, ή αερόβια κομποστοποίηση και χρήση του ως ενισχυτικό στις καλλιέργειες. Τέλος, σε περίπτωση απλής διάθεσης σε ΧΥΤΑ, μπορεί να κατασκευαστεί σύστημα αγωγών για τη συλλογή βιοαερίου με στόχο τη χρήση του για παραγωγή ενέργειας (Μουσιόπουλος & Καραγιαννίδης, 2002). Μια άλλη κατηγορία στερεών αποβλήτων είναι τα απόβλητα εκσκαφών και κατεδαφίσεων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κλείσιμο παλαιών ορυχείων, σε ανάπλαση χώρων ως υπόστρωμα αλλά και σε ΧΥΤΑ. Επίσης, άλλες κατηγορίες αποβλήτων που χρήζουν ιδιαίτερης μεταχείρισης είναι τα ραδιενεργά, τα νοσοκομειακά, τα ιατρικά καθώς και τα τοξικά απόβλητα των βιομηχανιών, η ορθή διαχείριση των οποίων κρίνεται επιτακτική.

➤ **Σχέδιο τουριστικής ανάπτυξης – στροφή σε «πράσινο» τουρισμό**

Η τουριστική ανάπτυξη χωρίς σχεδιασμό πάνω στους άξονες της βιωσιμότητας μπορεί να δημιουργήσει μοντέλα τουρισμού με αρνητικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές ή ακόμα και

οικονομικές επιπτώσεις, καθώς όσο αυξάνεται ο τουρισμός σε ένα θέρετρο τόσο αυξάνονται και οι αρνητικές επιπτώσεις. Για το λόγο αυτό, ο κλάδος πρέπει να έχει την ικανότητα να αντιμετωπίσει τις μελλοντικές αρνητικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και της εξάντλησης των φυσικών πόρων, ιδιαίτερα του νερού και των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Έτσι, η σωστή πρακτική για «πράσινο» τουρισμό, δύνανται να περιλαμβάνει:

- σχεδιασμό για τον τουρισμό - έλεγχο της αύξησης του αριθμού των επισκεπτών βάσει των περιβαλλοντικών περιορισμών και του προβλεπόμενου δυναμικού.
- συμμετοχή της τοπικής κοινότητας στις διαδικασίες σχεδιασμού και αποφάσεων.
- αποτελεσματικές περιβαλλοντικές πολιτικές, ιδίως για τη ρύπανση του νερού και του αέρα και την προστασία των βιοτόπων οικοσυστημάτων.
- σταθερή επένδυση σε υποδομή.
- αποτελεσματικό σχεδιασμό για τις χρήσεις γης, με επιβολή κανονισμών.
- βασική πληροφόρηση για τις αλλαγές στη ζήτηση, τις προτιμήσεις, την ικανοποίηση και τα έξοδα των επισκεπτών.
- έλεγχο και ανατροφοδότηση, με τη χρησιμοποίηση των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν, για την αναγκαία προσαρμογή πολιτικών και σχεδίων.
- απαγόρευση-αποθάρρυνση τουριστικών δραστηριοτήτων οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν αρνητικές κοινωνικές ή περιβαλλοντικές συνέπειες.
- ενθάρρυνση της δημιουργίας ποιοτικών τουριστικών προϊόντων και της πολιτιστικής ταυτότητας των τοπικών πληθυσμών.

8.4.4 Περιορισμοί στην εφαρμογή των μέτρων αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής

Δεν πρόκειται μόνο για «γενναία» μέτρα, αλλά ταυτόχρονα, τα μέτρα αυτά πρέπει να ενσωματωθούν στις τάσεις της αγοράς και τις ευκαιρίες που προσφέρει κάθε κοινωνία. Δεδομένου ότι υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των ρυθμιστικών μέτρων, καθώς έχουμε ένα ταχέως εξελισσόμενο σύστημα, καταλαβαίνουμε ότι υπάρχουν ορισμένα όρια-εμπόδια, όπως και με οποιοδήποτε σύστημα. Σε αυτήν την κατεύθυνση μπορεί κανείς να επισημάνει τα εξής:

- Οικονομικοκοινωνικοί περιορισμοί:

Οι επενδυτικές ευκαιρίες σε διάφορες περιοχές βασίζονται σε διαφορετικά οικονομικά και κοινωνικά δεδομένα. Στις ανεπτυγμένες χώρες οι ευκαιρίες για επενδύσεις σε νέες και ακριβές τεχνολογίες, πιο φιλικές προς το περιβάλλον και πιο αποτελεσματικές, είναι σαφώς μεγαλύτερες από ό,τι σε χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου. Επιπλέον, οι επενδυτές στις ανεπτυγμένες χώρες έχουν μεγαλύτερη ασφάλεια στις επενδύσεις τους, αλλά επωφελούνται επίσης από τη μεγαλύτερη κερδοφορία λόγω των υφιστάμενων αγορών και της ευνοϊκότερης φορολογίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των εγκαταστάσεων μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου γενικά. Η έλλειψη απαραίτητων πόρων μπορεί να εμποδίσει πολλά μέλη της κοινωνίας να προσαρμοστούν στις κλιματικές αλλαγές σε περιοχές με υψηλά επίπεδα φτώχειας, γεγονός που συνεπάγεται αύξηση των κοινωνικών ανισοτήτων.

- Αβεβαιότητα και περιορισμένη επιστημονική γνώση:

Υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με την επιλογή των βέλτιστων λύσεων και την αποτελεσματικότητά τους σε ένα περιβάλλον όπως αυτό ενός πολύπλοκου συστήματος με μεγάλο όγκο παραμέτρων και δεδομένων, που οφείλεται εν μέρει στην ύπαρξη αλλαγών στις παραμέτρους καθώς και σε ελλειψείς και ίσως λανθασμένες πληροφορίες για τα δεδομένα, καθώς σε ορισμένες περιοχές η μελέτη αυτών των δεδομένων είναι ανύπαρκτη. Η διαρκώς εξελισσόμενη κλιματική αλλαγή περιλαμβάνει την τυχαιότητα, καθώς θα υπάρξουν ακραία καιρικά φαινόμενα και κλιματικές αλλαγές σε περιοχές όπου δεν έχουν συμβεί ποτέ πριν και δεν μπορούν να προβλεφθούν.

Ένα σημαντικό συστατικό ενός μηχανισμού που θα οδηγήσει σε μια επιτυχημένη προσαρμογή είναι η παροχή ποιοτικών πληροφοριών σχετικά με μελλοντικές αλλαγές. Η επένδυση στην προσαρμογή τόσο από ιδιώτες όσο και από εταιρείες απαιτεί τη διαθεσιμότητα πληροφοριών για την αγορά, διότι χωρίς να κατανοήσουμε τις πιθανές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το κόστος και τα οφέλη από αυτή.

- Περιβαλλοντικά και χωροταξικά όρια:

Αυτά τα όρια αναφέρονται στους περιορισμούς που το φυσικό περιβάλλον επιβάλλει, καθώς οι έντονες παρεμβολές οδηγούν σε καταστροφή των οικοσυστημάτων. Φυσικά έως ένα συγκεκριμένο όριο, μπορεί να είναι σε θέση να προσαρμοστούν στις αλλαγές. Για παράδειγμα, η ταχεία άνοδος της στάθμης της θάλασσας και οι αυξανόμενες θερμοκρασίες θα μπορούσαν να υπερβούν τα κρίσιμα όρια πέρα από τα οποία ορισμένα συστήματα, όπως τα οικοσυστήματα κοραλλιογενών υφάλων, δεν μπορούν να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες χωρίς να αλλάξουν ριζικά την λειτουργική τους κατάσταση και την ακεραιότητα του συστήματός τους. Ως άλλο παράδειγμα, η λίπανση των ωκεανών μπορεί να βοηθήσει στην απορρόφηση του CO₂, ενώ η απερίσκεπτη χρήση "λιπασμάτων" μπορεί να καταστρέψει πολλά υδρόβια οικοσυστήματα. Μια άλλη σημαντική παράμετρος που καθορίζεται από το περιβάλλον είναι η διαθεσιμότητα χώρου για αγροτική εκμετάλλευση. Η τάση τα τελευταία χρόνια προς την καλλιέργεια «ενεργειακών φυτών» είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής τροφίμων, οδηγώντας σε υψηλότερες τιμές, με αντίστοιχες συνέπειες για οικονομικά ασθενέστερες ομάδες. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων σε γεωργική γη, με τις ίδιες συνέπειες με τις προαναφερθείσες, είναι μια άλλη χρήση γεωργικής γης τα τελευταία χρόνια.

Αναφορές

Στην ελληνική γλώσσα

- Δημόπουλος, Κ. (2019) *Αποτελέσματα του Εκπαιδευτικού Κλιματικού Μοντέλου EdGCM για 4 Σενάρια Συγκεντρώσεων Αερίων του Θερμοκηπίου*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Ευθυμίου, Γ., Μερτζάνης Α., Σαπουντζής Μ. & Ζακυνθινός Γ. (2005) *Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο Δέλτα του ποταμού Σπερχειού - Μέτρα προστασίας, ανάδειξης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων*. Πρακτικά 5ου Διεθνούς Συνεδρίου για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος «Heleo '05», Αθήνα.
- Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (2011) *Οι Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα*. Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα.
- Ζαμπάκας, Ι. (1981) *Γενική κλιματολογία*. Εκδόσεις Αθηνά, Αθήνα.
- Ζερβογιάννης, Γ. (1988) *Μελέτη αποδελτίωσης και αξιολόγησης των υφιστάμενων μελετών και έργων των σχετικών με τους υδατικούς πόρους της χώρας*. Τμήμα 4, Υδατικά διαμερίσματα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Αττικής., ΥΒΕΤ.
- Κακαβάς, Ν. (1984) *Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού*. Διδακτορική διατριβή, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- Κανλής, Ι. (2012) *Αξιολόγηση Μέτρων Αντιμετώπισης της Κλιματικής Αλλαγής με χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης*. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Κουτσογιάννης, Δ. & Ξανθόπουλος Θ. (1999) *Τεχνική Υδρολογία.. Έκδοση 3*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Κουτσογιάννης, Δ., Μαμάσης, Ν. & Ευστρατιάδης Α. (2003) *Υδρολογική μελέτη λεκάνης Σπερχειού, Υδρολογική-Υδραυλική Μελέτη για την Αντιπλημμυρική Προστασία της Νέας Διπλής Σιδηροδρομικής Γραμμής κατά τη Διέλευσή της από την Περιοχή του Ποταμού Σπερχειού*. Ανάθεση: ΕΡΓΑ ΟΣΕ, Ανάδοχος: Δ. Σωτηρόπουλος, Συνεργαζόμενοι: Δ. Κουτσογιάννης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 197, Αθήνα.
- Κωσταντινίδης Δ., Καραβοκύρης Γ. & Γκόφας Θ. (1991) *Ενίσχυση ύδρευσης Αθηνών προς κάλυψη αναγκών μέχρι το 2030. Προμελέτη ενίσχυσης του υδατικού δυναμικού του ταμιευτήρα Μόρνου από τη λεκάνη του ποταμού Ευήνου*. Υπουργείο Περιβάλλοντος-Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα.
- Μαμάσης, Ν. (2009) *Πλημμύρες και εκτίμηση πλημμυρικών παροχών*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Υδρομετεωρολογία, Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μαμάσης Ν. (2012). *Υδατικό Περιβάλλον και ανάπτυξη*. Εκπαιδευτικές σημειώσεις, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μάρης, Φ., Βασιλείου, Α. & Παυλίδης Θ. (2005) *Εκτίμηση στερεοπαροχής στην λεκάνη απορροής του φράγματος Προβατόνα Έβρου με την παγκόσμια εξίσωση απώλειας του εδάφους με χρήση συστήματος*

- γεωγραφικής πληροφορίας. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Μιμίκου, Μ. (2007) *Οι Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα: Παρούσα κατάσταση και προοπτικές*. Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μιμίκου, Μ. & Μπαλτάς, Ε. (2012) *Τεχνική Υδρολογία*. 5^η έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Ναλμπάντης, Ι. (2007) *Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων*. Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Ξηρού, Α. (2014) *Μελέτη της Επίπτωσης της Κλιματικής Αλλαγής στην Ποτάμια Απορροή Νερού και Ιζήματος του Σπερχειού Ποταμού*. Διπλωματική εργασία ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Παπανικολάου, Δ. (1986) *Γεωλογία της Ελλάδος*. Εκδόσεις Επτάλοφος, 240, Αθήνα.
- Σιδέρης, Ν., Περγάντης, Φ., Χρήστου, Ν., Μπιτσακάκη, Α., Ντάσκα, Α., Γιαννέλης, Γ. & Χαντζηκόστας, Ε. (2013) *Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07)*. Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Αθήνα.
- Σωτηροπούλου, Κ. (2012) *Κατάρτιση Πλημμυρικών Χαρτών σύμφωνα με την Οδηγία 2007 / 60 / ΕΕ. Εφαρμογή στη Λεκάνη του Σπερχειού*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Σταυροπούλου, Ε. (2017) *Κλιματική Αλλαγή, Άνοδος Στάθμης Υδάτων και Επανασχεδιασμός Πόλεων*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τσακίρης, Γ. (1995) *Υδάτινοι πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Τσακίρης, Γ. (2006) *Υδραυλικά Έργα, Σχεδιασμός και Διαχείριση - Τόμος ΙΙ: Εγγειοβελτιωτικά Έργα*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Τσακίρης, Γ. (Υπεύθυνος Έκδοσης) (2013) *ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη διαχείριση υδατικών πόρων*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- ΥΠΕΚΑ, (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής) (2014) *Εθνική Στρατηγική & Σχέδιο Δράσης για τη Βιοποικιλότητα*. Αθήνα.
- Υφαντόπουλος, Ι., Παπανδρέου, Α., Παναγιωτάκος, Δ., Πατώκος, Α. & Λάτσου, Δ. (2011) *Κλιματική αλλαγή και υγεία*. Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα.
- Ψωμιάδης, Ε.Π. (2010) *Έρευνα γεωμορφολογικών και περιβαλλοντικών μεταβολών στην υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού με χρήση νέων τεχνολογιών*. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Ξενόγλωσσες

- Bindoff, N., Willebrand, J., Artale, V., Cazenave, A., Gregory, J., Gulev, S., Hanawa, K., Le Quééré, Corinne, Levitus, S., Nojiri, Y., Shum, C.K., Talley, L. & Alakkat, U. (2007). *Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report*. University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Birkmann, J. & Teichman, K. (2010) *Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: Key challenges-scales, knowledge, and norm.*. Sustainability Science, 5, 171-184.
- Bjørnæs, C. (2015) *A guide to Representative Concentration Pathway*. Cicero.
- Bulkeley, H. (2013) *Cities and Climate Change*. Cities and Climate Change, 1-268.
- Church, J., Gregory, J., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M., Qin, D. & Woodworth, P. (2001) *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Davoudi, S., Shaw, K., Haider, L., Quinlan, A., Peterson, G., Wilkinson, C., Fünfgeld, H., Mcevoy, D. & Porter, L. (2012) *Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? "Reframing" Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice Interacting Traps: Resilience Assessment of a Pasture Management System in Northern Afghanistan Urban Resilience: What Does it Mean in Planning Practice? Resilience as a Useful Concept for Climate Change Adaptation? The Politics of Resilience for Planning: A Cautionary Note*. Planning Theory & Practice 13, 299-333.
- Dermitzakis, M.D. & Papanikolaou, D.J. (1981) *Paleogeography and Geodynamics of the Aegean region during the Neogene*. Proc, VII Intern, Congress on Mediterranean Neogene, 245-289, Athens.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977) *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144
- Ferriere, J. (1977) *Faits nouveaux concernant la zone isopique maliaque (Grèce continentale orientale)*. Proc. VI Colloquium Geology of the Aegean region, Athens, I, 197-210.
- Giakoumakis, S., Tsakiris, G. & Efremides, D. (Eds. Tsakiris G.) (1991) *On the rainfall- runoff modelling in Mediterranean islands environment*. Advances in water resources technology, 137-148, Balkema, Rotterdam.
- Hargreaves, G. & Samani, Z. (1985) *Reference Crop Evapotranspiration From Temperature*. Applied Engineering in Agriculture, 1(2), 96-99.
- Hijioka, Y., Matsuoka, Y., Nishimoto, H., Masui, T. & Kainuma, M. (2008) *Global GHG emission scenarios under GHG concentration stabilization targets*. Journal of Global Environment Engineering 13, 97-108.
- IPCC, (Eds. Houghton, J.T., Jenkins, G.J. & Ephraums, J.J.) (1990) *Climate Change 1990: The IPCC Scientific Assessment, a contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 410, Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA and Melbourne, Australia.
- IPCC, (1995) *Climate Change 1995: The science of climate change, a contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on Climate Change*. UNEP and WMO, Cambridge University Press, UK.
- IPCC, (Eds. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A.) (2001) *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 881, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, (Eds. Solomon, S., Qin, D., Manning, M, Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L.) (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working*

- Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, 996, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, (Eds. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley P.M.) (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, 1535, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Karamanos, A., Skourtos, M., Voloudakis, D., Kontogianni, A. & Machleras, A. (2011) *Impacts of climate change on agriculture.* The Environmental, Economic and Social Impacts of Climate Change in Greece, 186-196, Agricultural University of Athens, Athens.
- Kartalis, K., Kokosis, Ch., Economou, D., Santamouris, M., Agathangelides, I. & Polydoros, A. (2017) *The Impacts of Climate Change in Development, Dianeosis, Organization, Research and Development.* Dianeosis-Research and Analysis Organization, Athens.
- Lespinas, F., Heussner, S. & Ludwig, W. (eds. Georgakakos, K.), (2014) *Hydrological and climatic uncertainties associated with modeling the impact of climate change on water resources of small Mediterranean coastal rivers.* *Journal of Hydrology.* Centre de Formation et de Recherche sur l'Environnement Marin, Université de Perpignan, France.
- Makhlouf, Z. & Michel, C. (1994) *A Two-Parameter Monthly Water Balance Model for French Watersheds.* *Journal of Hydrology* 162, 299-318, Université de Paris, France.
- Mamassis, N. & Nalbantis, I. (1995) *Study of hydrological balances, Evaluation of Management of the Water Resources of Sterea Hellas - Phase 2.* Report 20, 118, Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering, National Technical University of Athens, Athens.
- Maroukian, H. & Zamani, A. (1984) *Morphotectonic observations in the drainage basin of Sperkhios River, Central Greece.* Problems of Morphotectonics, IGU, Symposium of the Morphotectonics Working Group, 191-203, Sofia, Bulgaria.
- Maroukian, H. & Lagios, E. (1987) *Neotectonic movements in the Sperkhios River basin, Central Greece.* *Z. Geomorph.N.F., Suppl.-Bd* 63, 133-140.
- Meehl, G., Stocker, T., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J. & Zhao, Zong-Ci. (2007) *Global climate projections climate change 2007: The physical science basis.* The Physical Science Basis. 747-845.
- Mentzafou, A., Vamvakaki, C., Zacharias, I., Gianni, A. & Dimitriou, E. (2017) *Climate change impacts on a Mediterranean river and the associated interactions with the adjacent coastal area.* *Environmental Earth Sciences* 76:259, DOI 10.1007/s12665-017-6572-2.
- Moss, R., Edmonds, J., Hibbard, K., Manning, M., Rose, S., Vuuren, D., Carter, T., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G., Mitchell, J., Nakicenovi, N., Riahi, K., Smith, S., Ronald, S., Thomson, A. & Weyant, J., Wilbanks, T. (2010) *The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment.* *Nature* 463, 747-56.
- Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C. & Andréassian, V. (2006) *Stepwise Development of a Two-Parameter Monthly Water Balance Model.* *Journal of Hydrology* 318, 200-214.
- Nash, J.E. & Sutcliffe, J.V. (1970) *River Flow Forecasting through Conceptual Model. Part 1-A Discussion of Principles.* *Journal of Hydrology* 10, 282-290.

- Nounangnonhou, T.C., Fifatin, F.X.N., Lokonon, B.E., Acakpovi, A. & Sanya, E.A. (2018) *Modelisation et Prevision des Debids du Fleuve Ouémé (Bénin) a l'Horizon 2040 Suivant l'Approche GR2M*. Larhyss Journal, 33, 71-91, University of Abomey-Calavi, Accra Technical University, West Africa.
- Penman, H.L. (1948) *Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass*. The Royal Society, Sciences 193(1032), 120-145.
- Perrin, C., Michel, C. & Andréassian, V. (2003) *Improvement of a Parsimonious Model for Streamflow Simulation*. Journal of Hydrology 279, 275-289.
- Poulos, S., Leontaris, S. & Collins, M.B. (1997) *Sedimentological and clay mineralogical investigations in Maliakos gulf, eastern Greec*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata 38, 267-279.
- Prasad, N., Ranghieri, F., Shah, F., Trohanis, Z., Kessler, E. & Sinha, R. (2009) *Climate Resilient Cities : A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disaster*. World Bank, Washington, DC.
- Rahmstorf, S. (2007) *A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise*. Science (New York, N.Y.) 315, 368-70, USA.
- Riahi, K., Gruebler, A. & Nakicenovic, N. (2007) *Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization*. Technol Forecast Soc Chang 74(7), 887–935.
- Remoundou, K. & Kountouris, Y. (2011) *Valuing the Welfare Cost of Forest Fires: A Life Satisfaction Approach*, Kyklos 64, Athens.
- Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Popul Dev Rev 32.
- Tigkas, D., Vangelis, H. & Tsakiris, G. (2017) *DrinC: a software for drought analysis based on drought indices*. Laboratory of Reclamation Works and Water Resources Management & Centre for the Assessment of Natural Hazards and Proactive Planning, School of Rural and Surveying Engineering, National Technical University of Athens, Greece.
- Thornthwaite, C.W. (1948) *An Approach toward a Rational Classification of Climate*. American Geographical Society, Geographical Review 38(1), 55-94.
- Thornthwaite, C.W. & Mather, J.R.. (1955) *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Johns Hopkins Univ., Laboratory in Climatology, Publ. in Climat. 10(3).
- United Nations, (1992) *UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*, (25), Rio.
- Van Vuuren, DP., Den Elzen, MGJ., Lucas, PL., Eickhout, B., Strengers, BJ., et al. (2007a) *Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs*. Clim Change, 81, 119-159.

Διαδίκτυο

NASA, (2016): <https://climate.nasa.gov/>

ΕΜΥ: <http://www.hnms.gr/emv/el/services/paroxi-ipiresion-klimatika-dedomena>

Ε.Π.Σ.Ο.Ο.Σ: http://skorponeri.gr/?wpfb_dl=36

ΥΠΕΚΑ: http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=57&Itemid=12

ΙΓΜΕ, (2010): <https://www.igme.gr>

ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ: <http://kyy.hydroscope.gr/>

Παράρτημα Α: Πρωτογενή δεδομένα

Πίνακας Α.1: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Αθανασίου Διάκου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	110.6	550.9	353.3	282.5	63.0	47.9	111.3	48.0	1.6	144.8	59.0	50.0	1822.9
1967-68	39.9	46.9	432.9	615.8	61.0	163.7	22.5	45.1	89.8	0.0	29.1	11.7	1558.4
1968-69	75.0	129.5	353.0	191.5	320.0	155.5	50.3	8.5	19.0	11.0	27.5	33.0	1373.8
1969-70	6.9	226.6	626.0	335.5	228.7	132.7	53.6	60.1	22.1	89.5	18.0	20.8	1820.5
1970-71	123.3	73.7	222.6	194.5	270.2	307.0	31.5	26.3	10.0	60.4	67.6	34.4	1421.5
1971-72	92.0	317.6	162.1	91.3	176.4	97.5	126.0	154.1	23.6	131.7	61.4	89.1	1522.8
1972-73	260.5	107.9	41.9	259.6	320.0	211.5	92.7	27.7	47.7	80.3	47.0	25.2	1522.0
1973-74	160.8	177.0	343.0	100.0	312.5	135.0	266.2	110.9	57.8	0.8	13.9	75.6	1753.5
1974-75	323.5	169.3	131.1	94.5	188.0	67.4	28.1	104.5	131.7	48.0	48.5	9.1	1343.7
1975-76	93.5	174.5	223.7	88.5	97.0	54.0	45.5	115.0	48.1	33.5	21.0	11.5	1005.8
1976-77	138.2	382.0	388.5	97.0	37.0	56.3	99.2	35.4	66.6	4.5	7.1	53.5	1365.3
1977-78	7.4	180.8	223.2	115.0	81.0	154.4	232.1	37.2	4.1	0.0	8.5	132.4	1176.1
1978-79	117.4	217.1	158.0	540.0	276.5	113.0	226.5	88.5	40.0	59.8	38.5	18.9	1894.2
1979-80	258.5	264.5	243.0	230.0	64.0	60.0	85.5	68.1	57.0	0.0	15.5	18.3	1364.4
1980-81	254.0	297.0	386.8	428.7	164.0	21.0	87.2	87.5	0.0	0.0	8.5	35.9	1770.6
1981-82	80.1	213.6	449.4	81.7	102.9	97.0	82.6	56.0	0.0	0.0	35.4	49.4	1248.1
1982-83	83.5	326.2	270.3	96.5	162.1	125.0	68.7	69.0	197.1	106.2	30.0	11.7	1546.3
1983-84	104.3	241.9	257.7	169.8	245.9	130.9	181.5	74.5	25.5	29.9	30.1	26.3	1518.3
1984-85	30.3	277.2	196.5	370.6	76.2	113.8	132.0	91.8	30.4	30.4	22.0	17.7	1388.9
1985-86	80.1	533.1	128.1	324.0	243.8	89.3	118.0	25.7	85.0	34.4	29.8	0.0	1691.3
1986-87	121.0	32.6	260.9	245.1	96.9	213.4	131.8	129.9	213.8	0.0	20.4	18.3	1484.1
1987-88	198.5	469.3	341.5	178.4	274.3	53.6	46.7	58.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1621.2
1988-89	72.2	510.5	173.7	25.0	51.4	78.1	63.8	219.1	181.0	33.0	92.8	148.9	1649.5
1989-90	275.3	170.3	98.0	5.0	0.0	0.0	389.8	173.8	81.3	0.0	66.4	0.0	1259.9
1990-91	66.9	219.0	429.6	192.0	117.1	31.2	346.0	97.0	14.1	0.0	38.0	12.0	1562.9
1991-92	67.7	184.2	142.2	0.0	41.0	65.8	122.6	137.2	39.7	45.4	7.4	8.2	861.4
1992-93	103.9	136.0	122.1	41.7	171.5	122.2	33.2	142.5	6.9	0.4	0.5	26.4	907.3
1993-94	6.0	294.3	224.8	158.9	184.2	25.6	139.7	69.1	26.3	110.9	33.2	7.4	1280.4
Μέση τιμή	119.7	247.3	263.7	198.3	158.1	104.4	122.0	84.3	54.3	37.7	31.3	33.8	1454.8
Τυπ. απόκ.	86.1	139.3	131.9	154.2	97.3	67.3	93.8	50.1	59.9	44.5	22.7	37.2	265.3

Πίνακας Α.2: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Άνω Μπράλου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	54.4	200.6	125.9	98.0	125.8	122.2	47.0	33.3	10.6	40.4	7.4	34.4	900.0
1967-68	48.2	147.8	129.8	280.2	132.9	108.3	33.0	86.2	21.4	4.1	17.8	14.5	1024.2
1968-69	227.8	181.6	286.8	185.9	126.4	116.6	37.8	11.3	8.2	4.1	6.7	32.4	1225.6
1969-70	35.1	64.8	144.8	75.8	62.6	42.8	0.0	22.0	17.0	0.0	0.0	29.9	494.8
1970-71	118.2	29.2	25.7	59.6	100.0	94.0	48.0	17.0	24.0	103.6	15.0	9.0	643.3
1971-72	52.5	46.2	23.2	240.0	203.5	30.7	67.0	16.0	0.0	106.0	43.5	0.0	828.6
1972-73	144.2	0.0	46.0	171.0	91.0	127.5	12.0	6.3	10.0	0.0	0.0	0.0	608.0
1973-74	128.1	56.0	108.9	168.0	169.8	214.3	99.3	0.0	38.0	0.0	0.0	0.0	982.4
1974-75	68.4	15.0	3.6	19.7	66.7	4.3	11.7	39.6	76.1	0.0	72.8	2.5	380.4
1975-76	0.0	84.6	99.2	58.5	55.6	66.1	42.2	25.6	28.7	0.0	0.0	0.0	460.5
1976-77	73.8	28.4	22.5	10.1	24.9	23.1	70.0	10.9	21.9	0.0	0.0	32.9	318.5
1977-78	0.0	52.9	137.1	389.6	140.8	44.0	74.0	16.0	0.0	0.0	17.6	59.0	931.0
1978-79	68.0	114.3	120.3	52.0	202.7	48.0	186.0	126.0	16.0	22.1	0.0	0.0	955.4
1979-80	239.9	90.8	47.0	107.8	288.9	120.7	116.7	16.0	16.0	0.0	0.0	7.0	1050.8
1980-81	209.8	31.3	126.0	462.7	42.0	0.0	41.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	912.8
1981-82	53.0	91.1	95.1	59.0	178.3	109.3	123.0	98.0	45.0	0.0	0.0	0.0	851.8
1982-83	0.0	55.2	33.0	67.3	207.0	56.0	39.0	0.0	111.3	116.0	21.0	0.0	705.8
1983-84	115.0	296.0	230.3	78.2	394.1	167.2	200.3	22.5	29.0	0.0	15.0	0.0	1547.6
1984-85	163.0	114.3	234.8	456.9	32.0	68.4	29.5	0.0	5.3	18.0	0.0	0.0	1122.2
1985-86	74.1	119.6	33.3	59.3	155.6	216.4	6.0	52.5	19.5	6.0	43.0	43.0	828.3
1986-87	146.6	78.3	94.6	103.5	176.3	240.5	94.2	3.0	22.0	0.0	0.0	0.0	959.0
1987-88	73.6	131.8	92.3	119.1	59.0	100.9	39.4	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	631.0
1988-89	23.0	281.5	269.6	0.0	13.0	197.7	9.4	161.3	24.4	78.6	0.0	0.0	1058.5
1989-90	56.3	118.0	84.0	32.0	79.0	62.5	293.8	68.9	89.6	0.0	100.6	50.2	1034.9
1990-91	48.0	388.2	442.5	216.6	97.6	188.0	221.5	112.3	0.0	7.6	117.6	6.0	1845.9
1991-92	105.7	154.2	53.3	92.6	133.2	165.5	124.5	158.6	114.6	23.0	0.0	5.0	1130.2
1992-93	103.5	143.8	179.9	212.5	213.9	164.3	60.7	248.3	10.5	0.0	0.0	0.0	1337.4
1993-94	10.0	329.7	282.0	157.8	374.4	84.3	78.1	193.0	6.3	65.2	21.0	0.0	1601.8
Μέση τιμή	87.2	123.0	127.6	144.1	141.0	106.6	78.8	55.7	27.3	21.2	17.8	11.6	941.8
Τυπ. απόκ.	66.4	98.4	102.6	125.9	96.1	67.3	71.7	67.3	32.1	36.7	31.1	17.9	359.7

Πίνακας Α.3: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Γραμμένης Οξιάς (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	169.5	278.1	232.7	179.7	31.0	35.0	81.7	46.1	6.3	82.0	16.3	71.9	1230.3
1967-68	43.8	37.4	217.6	382.4	75.2	97.7	14.0	70.8	93.2	0.0	29.0	17.8	1078.9
1968-69	164.9	188.5	357.4	240.5	354.1	185.8	25.0	17.5	37.0	14.5	0.0	42.0	1627.2
1969-70	3.0	186.8	540.7	271.8	211.5	139.4	23.3	82.4	71.0	29.0	30.0	5.0	1593.9
1970-71	134.8	105.7	241.2	110.0	241.7	299.8	43.0	32.9	21.0	40.7	4.2	66.2	1341.2
1971-72	81.8	198.2	111.1	113.2	153.2	47.4	118.5	60.5	16.5	26.7	47.5	34.3	1008.9
1972-73	385.4	42.4	22.7	142.6	202.8	153.8	64.6	41.6	47.3	92.5	41.7	37.9	1275.3
1973-74	124.2	119.4	182.5	59.7	226.6	87.4	134.3	85.2	29.4	9.0	22.9	65.1	1145.7
1974-75	196.9	130.7	81.1	27.0	163.0	97.8	42.7	105.7	101.2	31.7	67.3	3.7	1048.8
1975-76	94.3	172.6	214.1	142.8	154.8	75.1	100.0	59.7	68.0	40.6	10.4	7.1	1139.5
1976-77	226.1	242.3	193.9	101.7	14.6	44.1	67.6	29.5	37.8	0.0	41.4	45.6	1044.6
1977-78	9.7	231.2	208.8	266.6	226.0	55.4	142.6	48.3	6.8	0.0	7.5	110.5	1313.4
1978-79	58.9	54.3	350.2	238.2	173.6	70.3	153.1	90.7	34.8	37.2	36.8	31.0	1329.1
1979-80	243.0	180.2	221.6	226.0	88.2	107.9	91.7	69.1	30.6	21.1	5.5	52.2	1337.1
1980-81	242.1	221.8	296.4	290.3	168.0	38.8	77.5	69.4	0.5	18.5	8.2	55.5	1487.0
1981-82	135.9	157.2	410.4	89.1	70.9	168.5	120.9	114.4	45.4	25.0	17.6	10.9	1366.2
1982-83	69.6	225.3	79.8	74.1	170.2	36.7	34.0	30.3	70.6	84.4	57.7	22.9	955.6
1983-84	69.5	203.0	140.0	151.9	213.2	155.1	156.7	46.1	16.2	18.8	68.7	31.6	1270.8
1984-85	16.8	169.2	85.6	266.6	62.7	160.8	66.7	38.6	26.3	22.4	0.0	8.9	924.6
1985-86	75.4	270.8	50.9	234.6	234.2	82.0	70.4	74.4	62.9	89.6	4.3	8.7	1258.2
1986-87	69.5	55.2	141.6	200.1	103.1	247.0	120.6	43.5	50.8	32.1	45.8	14.8	1124.1
1987-88	136.8	224.4	135.1	90.1	270.4	149.1	52.1	29.7	13.9	0.0	17.5	29.1	1148.2
1988-89	18.7	260.5	193.7	2.1	163.3	68.5	71.6	140.7	41.8	49.2	10.3	24.9	1045.3
1989-90	149.6	96.5	102.0	0.8	55.3	15.0	125.9	74.1	7.5	26.8	140.9	39.9	834.3
1990-91	87.3	137.5	447.7	95.7	110.4	86.0	114.3	115.6	33.6	22.1	92.8	0.0	1343.0
1991-92	54.4	201.2	93.0	7.3	86.2	103.6	128.8	143.3	81.2	21.6	1.0	20.7	942.3
1992-93	97.9	117.4	131.6	35.9	166.5	159.0	61.3	191.7	14.6	0.0	0.0	11.9	987.8
1993-94	4.9	232.6	176.9	192.2	155.7	46.2	148.5	147.2	29.0	44.7	38.0	15.8	1231.7
Μέση τιμή	113.0	169.3	202.2	151.2	155.2	107.6	87.6	75.0	39.1	31.4	30.8	31.6	1194.0
Τυπ. απόκ.	88.1	70.3	125.2	100.4	78.8	67.3	42.8	43.0	27.2	27.0	32.5	25.5	199.0

Πίνακας Α.4: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Δρυμαίας (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	34.6	162.6	83.8	44.4	49.2	95.3	20.0	20.6	7.2	34.9	7.2	73.5	633.3
1967-68	26.5	112.7	89.7	193.5	64.2	74.9	5.3	62.2	18.3	0.0	20.3	19.5	687.1
1968-69	262.3	144.6	326.7	116.3	50.5	87.1	10.4	3.3	4.7	0.0	6.4	68.1	1080.4
1969-70	13.4	16.9	172.1	73.0	52.5	68.7	0.0	99.4	45.0	64.1	0.0	10.6	615.7
1970-71	114.4	38.4	66.4	131.8	121.2	105.6	51.8	6.7	20.5	97.4	21.6	47.6	823.4
1971-72	139.4	53.0	47.5	102.4	54.7	50.8	118.2	11.4	17.9	51.5	54.9	21.5	723.2
1972-73	145.6	89.7	51.4	197.0	53.6	94.3	15.0	8.4	16.3	16.8	30.3	7.7	726.1
1973-74	186.8	72.4	83.1	60.6	217.0	61.8	34.4	34.6	0.0	0.0	0.0	6.3	757.0
1974-75	32.0	88.8	20.0	15.7	225.8	20.7	10.7	20.8	83.9	5.5	57.4	0.0	581.3
1975-76	12.1	70.9	195.6	63.4	167.6	57.3	61.7	20.6	33.5	3.5	34.2	9.5	729.9
1976-77	123.3	51.8	47.4	8.6	9.7	20.3	67.5	6.5	13.9	0.0	8.6	78.5	436.1
1977-78	22.3	65.0	229.3	221.4	71.3	38.6	42.8	12.7	0.0	0.0	7.3	90.8	801.5
1978-79	62.0	85.3	103.1	50.9	54.0	15.9	18.0	87.3	21.8	59.5	11.7	0.0	569.5
1979-80	227.0	233.0	182.0	99.0	81.7	89.7	53.8	35.4	17.7	0.0	3.5	12.4	1035.2
1980-81	248.3	30.3	77.1	251.1	67.4	4.2	54.5	0.0	19.0	0.0	4.2	57.7	813.8
1981-82	82.5	79.7	64.1	48.8	155.0	229.6	95.8	95.7	33.4	7.7	14.5	10.3	917.1
1982-83	14.8	148.2	60.8	15.6	56.2	105.1	25.1	14.9	68.9	22.4	26.7	0.0	558.7
1983-84	52.6	89.7	157.3	43.4	137.3	81.0	181.9	26.0	19.2	14.5	43.8	4.2	850.9
1984-85	35.9	128.2	226.8	150.2	31.8	63.3	40.4	55.8	10.7	19.4	0.0	25.8	788.3
1985-86	121.9	136.5	43.4	61.7	82.0	69.2	3.5	82.2	55.8	23.2	11.4	3.5	694.3
1986-87	113.2	54.2	66.7	135.8	67.0	145.8	91.7	5.2	4.2	0.0	23.0	0.0	706.8
1987-88	143.8	51.3	18.7	20.3	126.7	107.5	45.0	42.0	24.0	0.0	0.0	0.0	579.3
1988-89	64.0	157.5	141.4	26.9	57.0	223.1	13.1	47.5	23.7	58.2	0.0	8.7	821.1
1989-90	80.2	78.1	82.4	20.0	68.7	17.1	45.2	17.2	30.9	12.0	134.4	60.4	646.6
1990-91	22.1	186.5	182.0	168.0	47.9	101.7	118.2	46.1	0.0	15.2	71.3	8.0	967.0
1991-92	81.4	82.1	32.6	9.0	82.0	39.9	40.3	70.0	103.0	1.1	0.0	0.7	542.1
1992-93	3.1	45.4	70.0	16.9	125.2	57.0	20.9	79.8	6.4	0.0	0.2	0.4	425.3
1993-94	1.5	267.7	33.1	110.4	146.5	78.5	46.3	54.6	19.1	39.2	14.2	0.0	811.1
Μέση τιμή	88.1	100.7	105.5	87.7	90.1	78.7	47.6	38.1	25.7	19.5	21.7	22.3	725.8
Τυπ. απόκ.	75.3	60.6	76.2	70.3	54.0	53.5	41.8	30.8	25.1	25.6	29.4	28.5	162.0

Πίνακας Α.5: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Ζηλευτού (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	49.9	152.8	76.5	42.5	31.6	26.2	48.7	24.7	2.0	17.4	24.3	40.8	537.4
1967-68	31.7	49.0	135.5	137.8	64.0	66.9	14.9	71.1	20.8	0.0	11.3	20.9	623.9
1968-69	72.4	63.4	209.5	77.3	53.8	118.0	5.4	22.4	11.3	3.9	0.0	31.5	668.9
1969-70	3.3	14.3	167.8	80.5	58.3	60.9	7.8	41.8	25.9	47.2	2.2	12.9	522.9
1970-71	73.5	24.3	54.2	54.2	101.5	168.5	56.7	14.3	0.0	9.0	28.6	49.7	634.5
1971-72	43.6	66.0	40.9	124.0	66.5	32.4	76.3	19.0	34.7	22.8	40.0	18.7	584.9
1972-73	96.7	55.8	16.3	50.6	60.9	106.7	33.9	10.8	10.3	20.5	43.2	7.5	513.2
1973-74	62.5	42.4	63.2	58.7	95.2	51.4	62.2	17.2	22.5	0.1	2.3	7.4	485.1
1974-75	24.4	68.7	41.9	10.7	122.9	42.4	26.8	38.2	103.7	2.8	80.6	6.0	569.1
1975-76	34.4	64.1	95.4	48.9	109.7	52.0	58.0	26.9	23.0	21.5	12.1	0.0	546.0
1976-77	47.2	65.4	23.1	11.4	13.6	11.1	45.0	43.3	28.3	0.0	0.0	51.1	339.5
1977-78	8.2	50.1	146.0	162.1	99.6	20.2	29.8	11.8	3.5	2.8	10.5	105.9	650.5
1978-79	51.6	81.2	74.5	40.2	19.2	17.7	34.1	53.4	22.2	78.8	5.9	9.1	487.9
1979-80	113.2	74.5	99.4	115.2	41.2	66.8	36.7	24.8	28.0	5.1	1.8	2.8	609.5
1980-81	125.7	102.7	45.6	188.4	33.0	4.5	40.3	5.6	5.8	9.9	15.2	33.3	610.0
1981-82	64.0	92.9	61.0	24.6	80.9	103.9	73.4	100.7	17.7	6.7	14.1	18.9	658.8
1982-83	31.3	107.6	43.0	12.3	42.1	25.3	12.0	5.5	66.0	78.7	41.6	0.6	466.0
1983-84	24.4	96.8	192.7	37.8	152.7	98.0	108.0	32.5	6.3	5.3	52.0	0.6	807.1
1984-85	11.0	63.3	93.9	71.7	30.8	77.3	33.5	10.6	1.6	0.0	0.0	1.2	394.9
1985-86	61.3	138.2	25.5	51.0	70.9	51.1	7.8	24.2	21.5	2.8	0.0	3.2	457.5
1986-87	34.0	19.9	35.7	25.0	2.5	208.2	28.6	12.4	13.7	0.7	5.0	0.6	386.3
1987-88	107.1	56.0	26.0	53.7	29.2	46.2	21.4	9.4	1.8	0.2	0.0	4.8	355.8
1988-89	14.8	109.5	39.2	4.5	14.6	37.2	9.9	6.8	7.6	6.6	0.2	2.0	252.9
1989-90	29.3	18.8	34.3	0.0	0.0	0.0	29.8	7.3	0.8	4.4	57.4	19.0	201.1
1990-91	38.7	112.5	133.4	100.2	54.9	64.2	45.5	51.5	7.1	12.9	19.2	6.3	646.4
1991-92	30.2	71.3	27.8	19.1	34.5	41.9	8.9	39.1	4.9	0.3	0.0	10.0	288.0
1992-93	29.0	13.5	56.6	17.0	94.5	29.5	27.6	57.4	9.0	0.0	12.1	1.4	347.6
1993-94	0.0	78.9	68.3	122.4	133.3	20.3	55.1	85.7	6.0	2.7	14.0	0.0	586.7
Μέση τιμή	46.9	69.8	76.0	62.2	61.1	58.9	37.1	31.0	18.1	13.0	17.6	16.7	508.3
Τυπ. απόκ.	33.1	35.7	53.4	50.1	40.5	48.2	24.3	24.9	21.9	21.2	21.1	23.1	144.5

Πίνακας Α.6: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Καρπενησίου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	122.2	380.2	173.4	201.9	54.9	36.5	121.2	54.6	16.7	57.1	2.8	84.3	1305.8
1967-68	45.3	36.1	244.2	332.3	95.9	93.8	34.0	89.4	102.9	0.0	26.0	20.8	1120.7
1968-69	97.6	85.2	245.5	86.7	240.6	105.0	31.7	24.2	51.6	29.1	0.0	125.0	1122.2
1969-70	1.0	217.7	328.3	197.0	99.5	108.9	46.6	65.5	1.6	21.7	25.7	19.4	1132.9
1970-71	162.9	106.2	216.3	84.4	212.5	373.7	34.0	41.6	13.5	21.5	31.0	62.3	1359.9
1971-72	32.6	192.5	92.1	84.3	157.0	98.2	159.2	58.0	1.1	120.8	50.7	27.6	1074.1
1972-73	274.5	98.1	14.2	129.0	183.8	169.3	107.4	52.3	50.0	41.8	19.5	28.0	1167.9
1973-74	186.2	137.8	188.7	60.9	164.9	93.8	268.6	198.9	35.2	7.5	15.1	192.1	1549.7
1974-75	292.5	301.0	49.6	78.8	203.9	140.1	78.7	82.4	274.3	86.1	64.4	7.5	1659.3
1975-76	208.9	124.6	239.4	66.4	131.3	72.6	80.1	73.1	56.2	40.6	25.1	0.0	1118.3
1976-77	134.5	313.9	94.9	86.0	125.3	57.0	88.9	59.5	43.2	10.1	23.2	128.4	1164.9
1977-78	9.5	234.0	136.0	256.5	119.2	146.6	96.4	27.9	9.7	10.2	8.6	150.1	1204.7
1978-79	93.0	118.9	388.0	357.0	237.1	101.6	173.1	109.0	34.7	18.2	16.4	27.7	1674.7
1979-80	217.8	169.6	183.6	179.9	65.2	139.8	146.0	130.6	42.6	40.0	11.1	9.2	1335.4
1980-81	356.9	213.8	499.3	141.4	79.2	103.4	92.0	69.0	3.1	31.8	35.1	39.2	1664.2
1981-82	157.1	157.8	528.8	63.1	85.6	208.5	133.0	95.6	80.8	0.0	0.0	19.3	1529.6
1982-83	116.2	163.0	160.6	30.8	103.3	55.2	42.0	29.8	93.0	95.9	21.8	14.4	926.0
1983-84	45.2	173.8	107.3	140.8	150.7	134.1	182.2	101.0	11.1	5.8	87.3	46.9	1186.2
1984-85	4.3	182.1	109.5	294.6	85.0	152.8	94.7	40.8	2.5	11.9	0.0	3.0	981.2
1985-86	34.9	252.6	39.6	153.4	202.9	72.1	143.7	81.3	43.3	40.7	15.2	7.9	1087.6
1986-87	122.7	42.8	164.5	261.3	107.2	208.2	107.6	86.9	88.6	9.6	5.0	2.1	1206.5
1987-88	186.2	215.4	163.8	102.3	205.2	149.1	77.2	19.8	20.2	0.0	29.5	19.8	1188.5
1988-89	34.2	284.9	96.5	4.0	127.6	186.4	123.7	74.0	43.6	53.3	8.1	22.0	1058.3
1989-90	117.4	123.4	124.7	4.0	53.5	28.5	123.5	55.0	6.6	2.8	99.4	5.6	744.4
1990-91	57.4	99.2	362.0	49.4	103.3	88.2	139.9	143.1	9.5	8.1	41.8	1.1	1103.0
1991-92	64.4	205.9	8.1	3.2	38.5	104.4	160.0	107.3	24.4	25.1	8.1	29.0	778.4
1992-93	145.6	184.8	123.0	31.0	100.5	106.6	38.3	120.0	17.0	0.0	0.0	22.1	888.9
1993-94	11.0	228.8	190.7	135.8	106.1	23.1	160.6	89.1	16.2	21.0	24.6	12.0	1019.0
Μέση τιμή	119.0	180.1	188.3	129.2	130.0	119.9	110.2	77.8	42.6	29.0	24.8	40.2	1191.2
Τυπ. απόκ.	93.0	81.4	131.7	99.0	57.2	70.0	55.0	39.9	54.0	30.6	25.0	49.9	247.8

Πίνακας Α.7: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Κρίκελλου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	107.0	485.7	206.2	279.7	41.0	35.9	89.7	54.6	12.0	72.2	8.6	72.4	1465.0
1967-68	28.7	27.7	347.5	508.5	117.3	84.6	17.3	49.8	90.1	0.0	39.8	11.4	1322.7
1968-69	54.3	109.1	331.5	118.1	266.0	131.6	32.0	30.6	31.1	28.6	0.0	54.4	1187.3
1969-70	0.6	291.5	553.1	268.3	177.9	118.8	43.0	42.4	47.7	35.9	10.3	12.8	1602.3
1970-71	151.8	109.6	230.8	222.7	199.4	382.9	40.5	95.8	13.8	44.5	1.1	86.3	1579.2
1971-72	67.4	259.4	140.9	122.8	138.8	80.8	120.7	107.1	46.2	69.7	74.9	40.7	1269.4
1972-73	307.3	122.2	25.4	148.4	269.6	135.0	80.8	22.5	43.7	24.7	38.5	103.2	1321.3
1973-74	106.5	97.0	208.4	46.2	219.8	73.7	115.7	84.8	21.8	3.6	8.9	100.6	1087.0
1974-75	182.4	179.0	79.5	51.2	134.8	90.8	40.9	111.4	54.5	39.8	59.6	9.3	1033.2
1975-76	92.5	118.7	174.3	108.3	118.9	53.5	97.4	54.2	43.9	42.2	8.6	8.4	920.9
1976-77	132.1	315.8	321.6	96.4	87.3	41.6	69.9	46.6	25.4	0.9	30.7	65.3	1233.6
1977-78	12.3	220.4	153.6	240.9	219.1	95.6	176.1	52.0	15.7	2.3	0.2	95.6	1283.8
1978-79	48.0	131.5	133.0	273.2	190.6	106.4	179.2	98.9	45.9	90.5	15.1	43.8	1356.1
1979-80	179.0	167.6	209.5	360.6	80.2	217.6	93.2	87.4	44.3	14.9	7.1	57.2	1518.6
1980-81	292.9	266.4	338.2	357.8	176.3	83.8	98.0	55.9	12.3	11.2	31.4	24.9	1749.1
1981-82	170.1	188.8	458.1	38.8	222.7	195.2	123.8	72.3	54.8	1.0	2.5	31.4	1559.5
1982-83	64.9	261.3	272.2	58.5	195.9	167.2	24.3	37.4	77.5	59.1	20.5	21.0	1259.8
1983-84	63.7	176.6	235.8	235.6	344.8	169.9	176.6	74.3	20.9	21.9	57.3	52.4	1629.8
1984-85	21.8	243.0	113.1	526.3	89.2	220.9	79.8	55.7	21.5	16.7	0.9	6.3	1395.2
1985-86	64.5	347.7	34.6	372.3	329.5	85.8	73.2	77.2	55.5	44.5	3.7	7.6	1496.1
1986-87	85.0	46.3	218.8	352.6	144.3	325.3	84.4	73.7	77.1	2.1	19.4	10.4	1439.4
1987-88	171.9	270.5	159.8	107.8	299.9	178.0	87.6	18.5	17.9	0.0	2.2	25.1	1339.2
1988-89	27.8	359.8	209.5	0.0	137.4	119.7	119.5	103.9	23.0	42.3	3.5	27.5	1173.9
1989-90	182.0	132.4	161.9	0.0	55.1	12.0	107.9	49.3	7.2	23.6	104.4	14.1	849.9
1990-91	74.6	129.1	525.6	69.6	306.2	91.2	116.6	132.2	18.4	16.3	86.1	3.7	1569.6
1991-92	75.3	219.7	105.0	20.1	68.3	187.5	148.9	98.1	23.9	24.1	0.6	24.6	996.1
1992-93	123.9	207.0	181.6	60.3	150.6	116.2	50.5	88.0	30.1	12.5	0.0	29.6	1050.3
1993-94	23.2	252.6	229.2	195.8	155.5	31.3	123.2	74.5	29.9	23.3	23.3	25.0	1186.8
Μέση τιμή	104.0	204.9	227.1	187.2	176.3	129.7	93.2	69.6	35.9	27.4	23.5	38.0	1317.0
Τυπ. απόκ.	78.2	102.1	130.8	149.6	84.0	84.8	44.9	28.7	21.6	24.1	28.7	30.6	229.8

Πίνακας Α.8: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Λαμίας (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	68.0	156.0	68.5	21.0	29.5	28.5	30.0	74.0	0.0	31.0	2.0	57.0	565.5
1967-68	51.5	72.0	83.0	100.5	90.5	80.5	14.0	67.5	18.8	0.0	13.2	7.5	599.0
1968-69	58.8	38.1	190.4	67.9	55.3	112.1	9.9	8.0	19.7	3.0	2.5	36.7	602.4
1969-70	2.2	26.2	148.9	75.5	67.3	91.9	0.5	71.8	18.2	30.0	0.0	31.8	564.3
1970-71	95.7	16.8	41.2	40.6	119.7	165.6	51.8	20.6	7.8	84.3	31.4	44.3	719.8
1971-72	54.3	51.8	55.5	106.0	147.2	24.0	67.7	4.5	11.4	77.2	90.2	28.0	717.8
1972-73	164.6	5.0	17.8	83.7	59.3	96.5	14.1	9.9	19.6	23.5	25.3	7.2	526.5
1973-74	63.4	58.4	105.5	64.0	109.9	83.0	54.1	18.6	33.7	20.0	20.7	13.3	644.6
1974-75	21.7	81.4	48.9	9.1	166.8	17.8	22.8	32.9	106.4	14.5	66.0	1.2	589.5
1975-76	26.8	75.5	94.3	51.2	146.9	62.3	85.0	27.5	5.9	16.4	9.1	0.2	601.1
1976-77	53.5	47.2	35.6	17.2	20.5	6.0	47.2	14.0	14.8	4.8	2.4	44.8	308.0
1977-78	13.9	50.1	85.3	120.9	73.8	28.1	59.6	26.2	10.1	6.3	2.1	94.2	570.6
1978-79	90.5	52.1	68.2	43.8	40.4	22.6	33.9	78.3	11.6	76.3	8.4	18.8	544.9
1979-80	110.3	87.9	93.0	101.7	51.9	90.5	47.4	24.9	21.9	0.0	14.3	6.4	650.2
1980-81	202.2	58.1	83.2	152.7	43.2	11.5	51.3	11.2	4.5	8.7	13.1	49.9	689.6
1981-82	61.0	101.6	77.7	42.7	121.3	120.7	129.2	144.5	7.6	5.1	4.4	22.7	838.5
1982-83	49.0	90.0	39.5	8.5	44.5	42.9	9.2	13.9	134.9	44.5	23.9	1.0	501.8
1983-84	32.9	57.5	166.1	40.2	124.0	59.0	85.7	26.4	12.8	5.1	30.8	3.0	643.5
1984-85	5.2	57.7	118.1	89.9	38.8	58.4	47.3	15.2	0.5	5.7	0.0	16.5	453.3
1985-86	101.9	126.2	32.9	36.3	19.4	31.2	9.3	40.2	68.6	12.3	44.6	0.5	523.4
1986-87	128.1	30.5	37.8	87.6	46.7	94.7	77.2	14.2	37.6	8.5	6.2	0.0	569.1
1987-88	104.3	73.2	35.4	64.9	39.4	58.4	31.8	14.2	11.2	0.0	0.0	1.2	434.0
1988-89	8.4	166.1	77.1	3.3	21.4	98.6	15.4	21.1	13.7	23.3	0.2	5.6	454.2
1989-90	48.9	47.8	64.6	1.7	11.7	52.7	36.2	24.5	19.7	0.0	81.9	12.8	402.5
1990-91	34.2	184.6	154.7	70.7	45.0	61.6	86.1	56.8	0.7	16.5	78.0	1.2	790.1
1991-92	42.0	78.1	10.1	15.6	37.6	28.9	59.7	87.0	28.8	4.1	0.0	6.3	398.2
1992-93	19.4	8.0	50.5	5.4	70.5	36.7	25.8	43.9	16.2	2.5	3.5	0.2	282.6
1993-94	2.5	164.1	46.0	99.2	106.9	33.0	43.5	57.2	11.1	19.8	18.4	0.0	601.7
Μέση τιμή	61.3	73.6	76.1	57.9	69.6	60.6	44.5	37.5	23.9	19.4	21.2	18.3	563.8
Τυπ. απόκ.	49.1	47.7	45.5	40.4	43.9	38.3	29.9	31.9	30.8	23.8	26.8	22.8	131.0

Πίνακας Α.9: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Νεοχωρίου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	210.8	446.1	389.8	230.0	54.0	23.0	170.5	172.3	25.5	217.3	42.0	96.2	2077.5
1967-68	62.9	70.7	372.1	479.4	163.0	143.7	62.4	78.6	118.6	0.0	56.1	40.0	1647.5
1968-69	179.4	169.5	361.3	184.0	263.6	332.4	84.0	29.1	60.1	26.1	10.2	109.5	1809.2
1969-70	54.5	199.3	571.8	251.9	156.9	212.9	71.2	118.5	69.7	30.8	38.4	51.2	1827.1
1970-71	246.8	105.4	232.8	230.2	276.2	360.4	89.0	16.2	13.2	56.4	56.6	99.2	1782.4
1971-72	127.6	293.6	136.8	324.4	224.8	117.2	195.4	124.6	26.2	161.2	58.0	114.8	1904.6
1972-73	262.2	120.4	121.6	156.2	370.4	216.0	118.2	102.8	61.2	12.0	35.2	76.4	1652.6
1973-74	268.4	205.8	359.6	145.6	345.0	219.4	322.2	120.4	46.4	46.4	3.0	135.2	2217.4
1974-75	310.4	304.4	90.4	64.4	247.6	160.6	81.2	150.4	155.0	23.4	141.6	32.6	1762.0
1975-76	131.6	190.8	296.0	160.0	230.2	168.6	182.8	78.3	55.0	22.9	8.1	7.3	1531.6
1976-77	220.5	211.7	294.4	106.2	126.8	39.7	88.2	37.3	58.4	0.5	36.0	83.2	1302.9
1977-78	30.7	280.9	183.4	281.7	164.0	112.8	199.3	26.0	10.5	5.5	9.0	146.1	1449.9
1978-79	98.9	216.0	274.6	463.8	294.1	89.5	187.5	111.5	17.6	44.5	6.7	23.6	1828.3
1979-80	261.9	229.0	218.0	379.5	124.5	227.3	139.3	94.0	22.6	8.1	5.5	24.4	1734.1
1980-81	289.4	282.4	435.3	330.3	250.3	79.6	120.5	71.7	20.3	4.3	32.7	88.7	2005.5
1981-82	139.8	173.4	509.3	85.7	230.6	239.9	171.9	141.8	34.0	19.2	16.1	22.0	1783.7
1982-83	138.1	278.6	263.8	56.5	180.9	93.3	48.3	69.9	91.2	31.6	57.8	30.7	1340.7
1983-84	159.0	334.3	266.0	241.4	232.4	183.0	213.9	98.6	5.9	9.3	111.4	33.2	1888.4
1984-85	0.7	247.1	160.9	403.8	110.0	199.4	207.8	52.1	28.6	14.5	0.2	4.3	1429.4
1985-86	112.9	409.5	82.5	273.2	347.7	161.7	162.8	165.0	55.3	36.0	18.8	34.4	1859.8
1986-87	197.9	67.5	227.8	313.1	143.6	264.5	117.0	60.7	49.4	10.8	14.2	8.4	1474.9
1987-88	247.4	231.3	188.1	146.1	191.8	162.4	105.8	50.8	14.4	1.2	0.8	23.9	1364.0
1988-89	76.2	392.5	184.4	15.3	225.1	172.9	147.4	106.5	28.5	83.0	9.8	11.2	1452.8
1989-90	122.6	142.9	151.4	10.7	71.8	23.7	108.5	85.9	23.8	8.5	80.6	9.5	839.9
1990-91	73.3	171.1	512.2	118.7	215.2	135.3	179.9	152.9	11.6	10.3	51.4	2.6	1634.5
1991-92	99.0	274.8	50.5	32.0	47.2	144.2	163.4	144.8	122.2	9.0	0.0	25.4	1112.5
1992-93	194.9	225.0	192.9	71.2	216.0	152.0	43.6	148.1	41.3	0.0	0.3	21.3	1306.6
1993-94	23.6	383.3	276.6	305.6	175.3	135.8	199.6	133.0	32.9	40.2	20.0	19.5	1745.4
Μέση τιμή	155.1	237.8	264.4	209.3	202.8	163.3	142.2	97.9	46.4	33.3	32.9	49.1	1634.5
Τυπ. απόκ.	87.2	97.8	134.8	134.1	83.6	80.9	62.6	44.7	36.9	48.8	34.9	42.9	302.8

Πίνακας Α.10: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Πιτσιωτών (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	73.4	326.0	216.2	157.2	71.6	64.6	110.1	67.7	11.0	73.4	3.4	80.8	1255.4
1967-68	48.3	51.9	248.8	355.5	125.3	135.9	27.8	102.8	84.5	0.0	35.8	45.6	1262.2
1968-69	184.1	113.4	368.7	159.0	203.2	217.4	43.0	11.0	38.4	18.7	14.2	83.5	1454.6
1969-70	24.0	165.0	346.6	148.1	146.9	155.9	29.4	43.0	30.3	36.0	19.7	46.8	1191.7
1970-71	154.6	108.0	141.0	240.8	204.6	317.8	70.2	27.5	5.1	28.2	47.8	78.8	1424.4
1971-72	83.6	158.6	111.8	180.2	157.2	104.6	176.3	88.2	55.4	127.8	23.8	110.2	1377.7
1972-73	250.3	122.4	53.6	182.4	187.6	158.8	78.4	62.0	20.2	15.4	28.7	42.5	1202.3
1973-74	175.0	92.6	207.6	115.0	184.6	130.4	197.8	76.8	33.0	0.8	2.8	82.2	1298.6
1974-75	128.0	177.2	93.0	56.8	202.6	84.6	56.8	61.0	119.0	30.0	55.6	12.8	1077.4
1975-76	100.0	193.2	182.0	125.2	169.8	88.4	114.8	68.0	47.0	71.8	12.4	29.4	1202.0
1976-77	105.8	168.8	181.6	74.2	97.2	54.0	124.6	82.8	76.0	0.0	8.4	86.6	1060.0
1977-78	28.2	178.6	166.8	249.4	154.2	102.6	148.6	24.2	15.6	3.2	0.0	133.8	1205.2
1978-79	94.6	129.6	205.2	277.2	192.0	67.8	149.2	155.6	44.2	62.0	4.0	50.6	1432.0
1979-80	197.4	197.6	201.2	251.4	134.4	196.6	96.8	102.0	48.2	3.6	6.2	24.6	1460.0
1980-81	176.8	131.6	156.4	347.0	174.6	56.0	107.2	40.6	17.8	18.2	20.4	40.2	1286.8
1981-82	77.0	147.4	270.7	105.0	241.4	254.4	126.6	163.0	33.2	0.0	13.0	30.0	1461.7
1982-83	119.4	230.4	153.6	58.6	87.2	86.0	39.6	45.2	100.3	62.2	31.2	25.7	1039.4
1983-84	115.0	160.7	188.0	88.6	156.2	127.0	173.6	82.8	9.6	13.8	101.4	27.0	1243.7
1984-85	8.8	154.0	147.4	328.4	57.2	154.0	139.8	41.6	27.6	15.6	0.0	1.8	1076.2
1985-86	110.6	284.4	45.8	114.1	292.8	129.8	93.2	78.6	67.6	33.2	18.6	9.2	1277.9
1986-87	128.6	54.2	169.8	158.0	49.4	276.6	88.6	52.6	22.8	5.0	19.6	1.6	1026.8
1987-88	186.0	190.2	112.4	142.2	245.4	104.4	58.0	38.4	16.6	0.0	1.2	17.4	1112.2
1988-89	62.6	338.9	134.4	20.6	147.8	174.6	44.4	79.4	38.0	55.8	7.2	14.0	1117.7
1989-90	112.5	83.8	129.2	23.1	297.3	36.0	74.7	53.6	14.8	1.2	87.6	6.0	919.8
1990-91	50.1	135.1	662.0	306.4	235.2	100.6	161.6	112.5	14.0	37.3	69.0	5.7	1889.5
1991-92	59.8	169.9	173.9	23.6	61.4	86.8	188.3	126.5	45.5	28.5	0.0	16.0	980.2
1992-93	92.9	103.9	176.5	120.8	685.5	147.8	39.2	104.2	40.0	0.0	0.0	14.9	1525.7
1993-94	56.9	273.2	221.4	230.9	166.4	105.6	140.0	93.7	24.8	33.0	13.6	18.0	1377.5
Μέση τιμή	107.3	165.7	195.2	165.7	183.2	132.8	103.5	74.5	39.3	27.7	23.1	40.6	1258.5
Τυπ. απόκ.	58.7	72.4	116.5	99.1	118.2	68.8	51.4	37.1	28.2	30.5	26.7	35.3	204.9

Πίνακας Α.11: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Πυράς (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	145.8	295.5	241.0	179.3	110.0	91.0	71.7	41.5	5.6	55.8	18.0	45.4	1300.6
1967-68	52.8	116.9	221.9	428.2	129.0	146.4	12.2	61.6	81.1	0.0	20.2	37.0	1307.3
1968-69	219.1	166.2	360.5	302.1	187.3	155.8	19.5	16.3	9.7	6.1	0.0	55.0	1497.6
1969-70	12.2	157.4	328.9	215.3	166.1	185.0	20.8	45.2	41.5	18.8	30.5	22.3	1244.0
1970-71	139.8	94.0	244.8	128.4	296.8	205.1	48.3	42.8	19.2	33.8	10.3	60.3	1323.6
1971-72	99.8	105.1	75.7	168.9	124.5	103.9	165.5	69.4	29.9	112.5	45.2	50.9	1151.3
1972-73	220.2	154.9	74.7	214.5	197.3	182.5	44.5	20.0	32.4	19.7	27.3	16.9	1204.9
1973-74	188.3	113.6	161.1	122.8	287.3	202.8	142.2	55.3	31.1	3.5	46.3	33.6	1387.9
1974-75	159.4	132.0	70.7	90.0	419.1	89.0	41.9	83.2	207.5	19.9	72.3	10.2	1395.2
1975-76	60.0	120.6	248.1	294.6	372.4	94.5	85.6	54.7	30.8	28.1	17.6	9.0	1416.0
1976-77	107.9	192.2	190.0	62.2	64.3	45.5	146.7	17.9	36.0	14.0	4.6	66.7	948.0
1977-78	19.3	174.0	422.7	434.0	257.9	148.4	119.3	20.6	20.9	9.9	7.7	125.9	1760.6
1978-79	156.3	164.2	198.4	285.7	182.0	77.2	84.2	116.0	44.4	72.8	14.0	13.2	1408.4
1979-80	270.7	194.4	213.0	261.5	232.8	273.1	104.8	40.8	52.7	8.3	15.5	25.3	1692.9
1980-81	344.5	165.7	258.3	678.0	162.5	11.0	109.0	42.6	5.6	10.2	24.3	47.4	1859.1
1981-82	84.4	151.3	259.6	102.8	313.7	344.3	107.3	152.4	34.1	0.8	22.3	42.9	1615.9
1982-83	60.8	240.3	167.5	83.7	258.6	235.3	42.0	36.9	129.0	79.9	53.2	9.2	1396.4
1983-84	85.6	157.6	332.0	155.2	379.3	254.6	169.7	28.8	13.2	28.0	59.5	25.3	1688.8
1984-85	28.2	188.7	236.4	543.6	121.8	225.8	159.4	47.3	7.7	32.5	3.5	22.5	1617.4
1985-86	111.6	277.5	73.4	202.8	279.0	114.0	64.2	74.7	97.2	38.1	25.7	40.4	1398.6
1986-87	271.2	78.6	279.8	251.9	111.8	404.0	144.9	28.2	48.6	21.5	28.0	2.5	1671.0
1987-88	98.1	148.7	84.4	141.8	300.5	174.8	88.3	44.6	13.6	0.0	0.4	6.8	1102.0
1988-89	69.2	320.6	275.7	33.5	161.6	195.1	39.5	50.7	24.0	57.8	3.9	27.2	1258.8
1989-90	171.0	116.6	153.1	14.3	110.6	73.0	108.5	50.0	11.7	42.4	121.5	28.0	1000.7
1990-91	50.0	171.3	456.5	219.0	121.5	83.5	122.8	98.7	5.5	15.1	60.7	4.5	1409.1
1991-92	50.2	151.6	194.0	18.5	100.0	88.3	140.7	140.7	56.5	47.4	1.5	10.2	999.6
1992-93	45.7	57.0	128.5	63.5	192.5	111.5	56.0	119.6	37.0	0.0	0.0	13.0	824.3
1993-94	13.5	214.6	171.2	228.5	192.1	35.0	98.1	89.0	24.5	43.7	24.5	0.0	1134.7
Μέση τιμή	119.1	165.0	218.6	211.6	208.3	155.4	91.3	60.3	41.1	29.3	27.1	30.4	1357.7
Τυπ. απόκ.	86.4	61.8	101.9	157.5	94.7	92.2	47.4	36.7	43.4	27.4	27.3	26.4	259.7

Πίνακας Α.12: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Τρίλοφου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	4.9	219.8	34.2	106.9	25.0	15.1	17.4	75.9	3.1	44.2	9.7	29.4	585.6
1967-68	14.9	40.7	142.6	150.6	35.1	14.8	14.9	39.5	15.5	0.0	13.4	15.5	497.5
1968-69	67.4	90.9	233.3	33.2	40.0	118.1	16.5	11.4	3.8	0.2	6.7	60.0	681.5
1969-70	7.8	6.7	142.3	88.0	49.4	64.8	3.0	24.2	10.1	58.6	8.9	3.8	467.6
1970-71	17.0	16.1	37.5	78.6	119.2	146.3	50.0	11.5	0.2	17.4	21.5	35.8	551.1
1971-72	71.0	28.5	54.8	144.0	88.1	45.5	68.7	21.3	10.4	62.9	33.8	15.8	644.8
1972-73	116.9	76.0	33.7	93.5	81.1	110.2	27.7	31.5	29.7	19.8	46.4	17.0	683.5
1973-74	40.0	69.3	94.1	54.6	148.9	55.0	78.8	39.7	4.5	0.0	1.6	17.6	604.1
1974-75	33.5	64.6	34.5	25.2	52.1	33.8	31.7	48.0	187.2	2.2	49.2	1.6	563.6
1975-76	22.3	101.9	110.7	72.9	195.2	25.7	60.2	28.7	13.7	17.7	37.1	0.7	686.8
1976-77	68.0	78.1	15.5	12.3	15.9	25.6	52.6	7.5	28.6	0.0	2.3	43.9	350.3
1977-78	9.2	42.8	134.6	175.2	79.1	35.7	33.9	2.8	4.6	0.0	1.3	89.4	608.6
1978-79	80.0	55.1	102.2	63.8	55.5	11.9	69.3	58.3	19.4	16.4	4.6	25.1	561.6
1979-80	185.7	133.0	86.7	53.8	34.6	93.9	25.6	41.2	16.1	1.2	16.4	3.3	691.5
1980-81	189.6	97.5	89.0	235.3	29.4	20.1	51.6	6.9	34.3	25.3	18.3	56.1	853.4
1981-82	78.5	100.0	79.0	27.4	100.3	110.1	114.7	140.1	25.3	12.8	15.7	19.5	823.4
1982-83	32.8	123.3	32.2	14.0	41.5	37.0	18.3	17.4	96.1	63.3	47.7	9.5	533.1
1983-84	37.5	90.8	207.9	37.8	109.5	66.3	131.3	45.5	8.5	14.0	54.0	6.3	809.4
1984-85	21.5	58.0	101.8	150.3	27.0	67.9	28.5	10.5	2.8	2.3	0.0	9.0	479.6
1985-86	50.5	172.0	43.0	33.9	92.5	78.5	13.0	92.3	49.5	14.5	8.0	19.0	666.7
1986-87	147.5	24.5	59.5	58.0	89.3	258.0	119.5	24.5	16.0	0.0	13.0	0.0	809.8
1987-88	88.0	91.0	28.0	64.0	39.0	50.0	43.5	39.5	9.0	2.0	11.0	1.0	466.0
1988-89	18.5	210.0	71.0	7.0	15.5	102.0	20.5	33.0	15.0	61.0	3.0	14.0	570.5
1989-90	68.0	77.5	48.0	6.0	11.0	21.5	45.0	38.5	9.0	0.0	66.0	17.0	407.5
1990-91	42.0	193.5	140.0	101.0	73.0	87.0	156.0	82.0	1.5	25.0	21.5	3.0	925.5
1991-92	21.0	60.0	5.0	26.0	20.0	20.0	80.0	57.0	65.0	39.0	0.0	1.5	394.5
1992-93	6.0	17.0	28.0	10.5	11.1	20.5	28.0	57.0	15.0	1.0	0.0	5.3	199.4
1993-94	7.0	141.0	74.0	107.0	86.0	41.0	64.0	68.0	14.0	11.0	10.5	0.0	623.5
Μέση τιμή	55.3	88.6	80.8	72.5	63.0	63.4	52.3	41.2	25.3	18.3	18.6	18.6	597.9
Τυπ. απόκ.	51.5	57.6	56.3	57.6	44.8	53.2	39.0	30.5	38.0	21.5	18.9	21.4	163.0

Πίνακας Α.13: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Τυμφρηστού (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	58.3	406	242.6	199.9	20.1	61.3	103.6	50.8	2.6	24.9	11.9	39.3	1221.3
1967-68	33.6	15.7	245.1	149.1	97.3	53.0	14.8	94.9	58.6	0.0	0.0	17.7	779.8
1968-69	129.5	95.4	213.2	63.1	206.8	249.2	37.2	19.4	36.0	22.9	0.0	45.9	1118.6
1969-70	14.9	162.5	404.7	210.6	82.1	132.6	23.4	42.6	47.5	40.2	24.1	22.1	1207.3
1970-71	199.1	67.0	113.6	214.5	242.1	239.8	90.0	28.1	1.9	34.2	38.5	57.2	1326
1971-72	76.5	202.6	87.5	59.6	120.0	100.8	163.3	121.2	27.6	68.5	44.1	57.0	1128.7
1972-73	199.0	108.1	40.3	40.0	163.8	111.6	120.9	30.8	10.0	34.7	38.5	28.6	926.3
1973-74	176.3	126.5	123.3	64.2	94.2	132.1	175.0	68.9	37.2	3.4	1.3	82.0	1084.4
1974-75	115.3	224.5	127.3	36.6	99.9	127.4	55.3	89.0	177.6	7.6	75.1	10.0	1145.6
1975-76	133.9	156.8	186.5	58.2	92.0	81.6	100.4	23.2	25.6	23.0	22.1	5.5	908.8
1976-77	152.5	111.8	147.3	58.0	13.6	12.4	106.8	77.3	104.4	0.0	15.7	91.8	891.6
1977-78	69.3	176.1	50.0	188.7	116.6	74.3	155.2	14.2	2.4	3.5	3.7	101.8	955.8
1978-79	33.0	82.0	77.8	137.0	154.9	71.3	128.2	77.4	14.4	50.5	4.2	5.5	836.2
1979-80	145.0	167.3	168.5	112.3	27.6	151.6	28.8	69.8	57.2	8.0	1.5	3.0	940.6
1980-81	312.4	227.0	371.9	160.2	81.3	111.8	109.3	54.0	12.9	3.4	51.2	67.3	1562.7
1981-82	127.1	112.0	322.7	39.0	117.4	153.2	121.7	65.9	22.4	16.4	11.3	124.0	1233.1
1982-83	98.6	113.9	119.9	17.1	26.2	438.0	155.3	95.1	108.0	36.5	30.7	91.8	1331.1
1983-84	108.1	225.7	156.0	118.0	118.2	132.5	113.2	69.0	10.1	8.0	48.0	30.0	1136.8
1984-85	0.0	193.0	139.0	237.0	124.0	171.0	163.0	7.0	15.0	0.0	1.0	0.0	1050
1985-86	80.0	253.0	68.0	200.0	159.0	162.0	109.0	85.0	30.0	38.0	4.5	10.5	1199
1986-87	227.5	52.0	17.0	90.0	54.0	64.0	89.0	52.5	2.1	8.0	0.7	0.5	657.3
1987-88	29.9	188.0	134.0	136.0	131.0	115.0	82.0	22.0	9.9	0.0	5.0	18.0	870.8
1988-89	113.0	305.0	45.0	0.0	107.0	240.0	127.0	8.0	13.0	87.0	0.0	13.0	1058
1989-90	117.0	100.0	80.0	27.1	45.0	27.0	76.0	3.0	0.0	0.0	93.0	15.0	583.1
1990-91	66.0	222.0	184.0	8.0	25.0	65.0	112.0	52.0	4.0	0.0	42.0	0.0	780
1991-92	74.0	82.0	8.4	13.0	17.0	39.0	86.0	70.0	52.0	12.0	0.0	17.0	470.4
1992-93	71.0	81.0	87.0	50.9	15.0	121.2	66.0	67.6	27.1	11.7	2.5	8.0	609
1993-94	19.6	303.9	197.3	185.6	71.7	33.5	159.2	84.2	7.1	27.3	10.3	0.0	1099.7
Μέση τιμή	106.4	162.9	148.5	102.6	93.7	124.0	102.6	55.1	32.7	20.3	20.7	34.4	1004
Τυπ. απόκ.	71.4	88.1	100.0	74.1	59.3	87.8	44.1	31.2	40.0	22.1	24.8	35.9	251.5

Πίνακας Α.14: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Υπάτης (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	10.2	234.1	95.3	59.4	48.4	70.6	45.7	57.5	0.1	8.3	20.5	47.8	697.9
1967-68	51.9	98.0	110.7	85.0	102.2	61.0	5.0	41.3	15.1	0.0	11.4	0.8	582.4
1968-69	23.0	32.0	95.0	115.1	36.8	120.6	0.0	33.0	9.0	3.0	0.0	34.0	501.5
1969-70	86.0	30.0	233.0	57.0	32.0	205.0	7.0	80.0	34.5	33.0	5.9	36.6	840.0
1970-71	126.0	42.6	83.5	97.0	119.0	196.5	66.0	14.0	1.3	42.5	29.0	54.5	871.9
1971-72	112.0	89.0	52.5	229.5	69.0	37.5	111.5	11.5	19.0	46.5	82.5	25.0	885.5
1972-73	322.5	59.5	53.0	72.7	103.0	80.6	33.5	9.3	11.3	16.7	33.6	9.7	805.4
1973-74	102.5	62.6	107.5	85.0	163.7	91.0	83.8	31.3	28.9	0.0	5.8	13.5	775.6
1974-75	60.6	73.3	26.1	43.9	222.1	30.0	41.2	43.0	133.5	8.9	59.3	1.8	743.7
1975-76	44.8	73.4	149.4	148.6	176.1	45.8	65.7	28.9	33.8	17.7	30.9	0.0	815.1
1976-77	93.1	114.9	73.4	30.8	20.5	22.1	54.5	9.8	34.3	0.0	3.2	60.5	517.1
1977-78	18.7	63.9	166.0	140.1	154.9	49.3	48.7	14.0	1.8	0.5	0.0	140.7	798.6
1978-79	173.4	111.3	101.9	45.8	84.0	16.6	44.0	71.7	39.0	19.5	2.9	10.2	720.3
1979-80	195.0	147.2	118.0	114.1	114.6	122.7	67.5	36.3	31.1	0.0	0.0	9.3	955.8
1980-81	308.4	108.9	124.5	230.2	61.9	12.5	57.7	22.8	3.0	7.7	10.8	60.5	1008.9
1981-82	52.9	96.1	63.7	63.1	133.9	148.8	131.2	180.7	26.1	2.1	16.8	24.2	939.6
1982-83	41.4	132.6	63.6	20.4	93.9	49.1	14.2	1.7	90.8	114.3	25.1	5.1	652.2
1983-84	49.4	117.1	196.8	75.7	241.5	114.2	153.8	35.9	12.6	7.7	25.4	11.8	1041.9
1984-85	10.2	80.1	163.3	176.5	44.6	135.4	64.9	27.0	0.0	2.2	0.0	4.3	708.5
1985-86	88.7	102.5	67.0	52.1	100.4	58.9	8.4	93.8	81.4	17.2	33.4	4.3	708.1
1986-87	163.9	41.2	110.0	128.8	44.4	246.2	73.2	44.3	30.6	58.5	20.0	0.0	961.1
1987-88	218.3	83.4	79.7	92.8	54.8	68.8	37.1	23.1	11.2	0.0	0.0	18.0	687.2
1988-89	44.7	192.0	193.0	0.0	42.7	59.4	39.5	33.5	13.5	52.8	0.0	2.5	673.6
1989-90	94.5	92.9	144.5	8.0	45.0	33.0	71.5	46.9	0.0	2.0	83.0	30.0	651.3
1990-91	65.8	176.0	292.1	190.0	84.7	78.5	76.5	69.0	0.0	12.0	42.8	4.0	1091.4
1991-92	50.0	124.5	81.0	20.9	63.0	50.3	102.0	107.0	36.0	10.2	0.0	10.0	654.9
1992-93	37.0	29.0	116.0	14.0	80.0	74.0	43.0	95.0	21.5	0.0	14.7	0.0	524.2
1993-94	0.0	41.4	72.9	105.8	144.4	6.9	79.0	65.0	17.0	57.0	28.0	0.0	617.4
Μέση τιμή	94.5	94.6	115.5	89.4	95.8	81.6	58.1	47.4	26.3	19.3	20.9	22.1	765.4
Τυπ. απόκ.	84.0	50.0	59.7	63.3	57.0	60.4	37.0	38.3	30.5	26.5	23.2	30.1	160.4

Πίνακας Α.15: Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης υψών βροχόπτωσης ανά ζεύγη βροχομετρικών σταθμών

Συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r	Πιτσιωτά	Λαμία	Τρίλοφο	Νεοχώρι Τυμφορηστού	Ζηλευτό	Υπάτη	Τυμφορηστός	Γραμμένη Οξιά	Καρπενήσι	Κρίκελλο	Δρυμαία	Άνω Μπράλος	Πυρά	Αθανάσιος Διάκος
Πιτσιωτά	1	0.69382754	0.67657669	0.83695919	0.744569	0.6961	0.639842144	0.802777687	0.73102853	0.8027653	0.6894073	0.656978867	0.8038	0.73549397
Λαμία	0.6938275	1	0.83143428	0.700562612	0.842082	0.8323	0.631697721	0.678933796	0.62131247	0.6262676	0.8075182	0.661377074	0.7524	0.594786993
Τρίλοφο	0.6765767	0.83143428	1	0.697939333	0.843311	0.7858	0.630696111	0.676748756	0.63767883	0.650626	0.7793107	0.673716098	0.7708	0.636162867
Νεοχώρι Τυμφορηστού	0.8369592	0.70056261	0.69793933	1	0.727488	0.6851	0.792090086	0.884597435	0.87266582	0.8908965	0.638167	0.594421376	0.7944	0.846937084
Ζηλευτό	0.7445693	0.84208228	0.84331121	0.727487899	1	0.808	0.607509819	0.73330422	0.6245637	0.6869043	0.7717281	0.65811446	0.7945	0.625957618
Υπάτη	0.6960899	0.83227968	0.78575649	0.68509705	0.808022	1	0.557267365	0.685960353	0.61370509	0.659285	0.7388516	0.656295458	0.7949	0.584827582
Τυμφορηστός	0.6398421	0.63169772	0.63069611	0.792090086	0.60751	0.5573	1	0.716318314	0.76422635	0.7418687	0.5562037	0.453773714	0.6382	0.709815373
Γραμμένη Οξιά	0.8027777	0.6789338	0.67674876	0.884597435	0.733304	0.686	0.716318314	1	0.85115271	0.8923021	0.6485427	0.601914506	0.8021	0.836648448
Καρπενήσι	0.7310285	0.62131247	0.63767883	0.872665818	0.624564	0.6137	0.764226351	0.851152705	1	0.837284	0.5414324	0.477483219	0.7004	0.793914557
Κρίκελλο	0.8027653	0.62626764	0.650626	0.890896462	0.686904	0.6593	0.741868715	0.892302119	0.83728399	1	0.5775939	0.576249603	0.8027	0.860800866
Δρυμαία	0.6894073	0.80751821	0.77931073	0.638167014	0.771728	0.7389	0.556203701	0.648542747	0.54143239	0.5775939	1	0.691902027	0.7895	0.538291048
Άνω Μπράλος	0.6569789	0.66137707	0.6737161	0.594421376	0.658114	0.6563	0.453773714	0.601914506	0.47748322	0.5762496	0.691902	1	0.7173	0.534913257
Πυρά	0.8037701	0.75235946	0.77076747	0.794401625	0.794526	0.7949	0.638229394	0.80205769	0.70035102	0.8027463	0.7895333	0.717281904	1	0.72016978
Αθανάσιος Διάκος	0.735494	0.59478699	0.63616287	0.846937084	0.625958	0.5848	0.709815373	0.836648448	0.79391456	0.8608009	0.538291	0.534913257	0.7202	1

Πίνακας Α.16: Επιφανειακές βροχοπτώσεις υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιουλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	70.6	324.0	188.3	158.6	39.4	48.9	78.7	61.6	4.9	55.1	16.4	51.4	1097.9
1967-68	38.0	46.9	217.8	247.3	88.8	76.1	17.1	68.7	56.8	0.0	17.4	19.0	893.9
1968-69	112.5	105.5	254.1	120.0	177.2	185.4	28.6	18.7	25.5	13.1	4.7	52.3	1097.6
1969-70	24.6	123.8	358.7	173.9	107.8	138.4	21.8	54.2	39.0	41.5	18.8	22.5	1125.0
1970-71	135.7	67.0	131.5	156.6	198.5	241.6	64.6	24.4	6.0	34.7	31.1	57.4	1149.1
1971-72	85.0	155.2	88.1	138.2	121.9	74.0	131.3	73.9	25.1	73.4	47.9	51.2	1065.1
1972-73	239.6	89.1	44.1	107.9	166.3	129.1	72.9	34.7	25.1	35.1	38.1	29.0	1010.9
1973-74	134.5	105.5	156.6	77.2	171.8	109.8	148.7	64.5	29.4	4.4	7.3	57.9	1067.5
1974-75	125.6	150.0	80.2	42.5	151.1	82.3	45.8	76.4	148.6	16.3	65.5	7.6	992.1
1975-76	84.8	139.3	176.8	106.6	154.0	67.7	88.6	43.6	35.5	30.0	22.0	7.3	956.4
1976-77	131.3	153.9	145.2	57.7	33.8	30.0	84.3	42.2	59.6	0.7	14.1	67.3	820.1
1977-78	30.1	146.6	145.0	202.6	139.6	72.2	118.8	20.3	6.0	2.0	3.4	113.6	1000.3
1978-79	84.0	99.6	152.5	181.1	145.3	55.1	116.5	86.7	28.0	41.1	10.7	20.5	1021.1
1979-80	192.3	169.9	163.7	159.6	75.4	137.9	61.3	62.8	39.0	6.4	6.3	16.3	1090.9
1980-81	257.8	177.2	244.6	262.3	106.4	53.2	84.7	43.0	13.2	11.7	25.2	56.6	1335.8
1981-82	98.7	127.1	257.6	60.5	135.9	164.2	120.4	118.5	27.7	11.1	15.5	50.7	1187.9
1982-83	74.9	170.4	112.0	37.9	89.1	167.0	63.5	46.5	100.4	67.4	37.8	35.5	1002.2
1983-84	81.6	175.1	188.7	108.6	175.4	125.7	144.9	58.1	11.8	13.1	56.3	22.7	1162.0
1984-85	11.5	150.1	135.2	253.0	73.8	143.0	105.9	27.4	14.6	9.0	1.6	5.5	930.5
1985-86	80.4	243.5	61.2	153.9	181.3	108.6	69.4	83.8	55.9	36.1	13.6	11.8	1099.7
1986-87	159.9	45.9	106.3	139.1	73.1	205.7	99.6	48.7	34.0	16.9	16.6	3.9	949.6
1987-88	123.9	175.2	115.7	112.3	151.7	100.1	60.1	31.6	11.0	0.4	5.7	15.2	902.8
1988-89	59.8	281.6	124.1	6.9	96.2	139.8	71.2	60.3	30.2	62.5	8.3	21.0	962.0
1989-90	118.7	97.8	99.4	13.4	69.6	25.4	95.3	45.9	10.2	6.1	90.3	19.0	691.3
1990-91	62.0	180.4	322.1	120.2	99.0	79.2	134.5	84.2	9.2	14.6	49.3	2.8	1157.5
1991-92	56.1	128.0	65.5	17.2	44.7	61.3	111.3	98.0	55.9	22.2	0.6	13.3	674.2
1992-93	67.1	79.1	105.8	44.7	146.7	103.8	48.0	99.0	23.5	3.6	3.0	9.6	734.1
1993-94	15.8	217.9	159.3	169.1	122.7	44.3	122.9	88.3	17.7	36.9	19.3	5.8	1020.1
Μέση τιμή	98.4	147.3	157.1	122.5	119.2	106.1	86.1	59.5	33.7	23.8	23.1	30.2	1007.1
Τυπ. απόκ.	60.8	64.6	76.3	71.7	46.3	54.4	36.5	25.9	31.0	21.5	21.9	25.9	151.4

Πίνακας Α.17: Επιφανειακές βροχοπτώσεις υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	63.3	303.3	169.1	139.1	40.4	49.3	73.2	59.1	4.2	47.6	18.2	51.1	1017.9
1967-68	39.5	53.7	203.1	224.7	89.0	75.0	16.1	68.1	49.5	0.0	16.6	18.0	853.2
1968-69	101.8	96.5	241.3	116.9	151.9	175.7	23.7	21.0	22.6	11.2	3.9	49.8	1016.2
1969-70	28.5	103.3	331.2	155.4	97.0	138.8	19.0	56.6	37.7	43.1	16.0	23.1	1049.7
1970-71	129.5	60.7	120.1	142.0	184.2	234.6	65.6	22.7	4.9	33.4	31.5	57.6	1086.9
1971-72	85.2	140.7	81.2	150.0	113.6	67.3	125.9	62.6	26.2	67.0	51.8	45.7	1017.2
1972-73	236.3	84.8	42.8	101.0	151.2	125.6	65.8	30.3	22.9	32.5	39.6	25.2	958.2
1973-74	125.3	96.6	144.6	77.9	167.1	103.5	135.5	57.2	29.1	3.5	6.7	48.5	995.6
1974-75	109.5	135.9	72.2	39.9	158.0	74.1	44.3	70.5	147.4	14.3	68.5	7.0	941.6
1975-76	76.4	127.8	169.0	106.7	156.8	65.1	85.1	41.4	34.6	28.6	22.7	5.8	919.9
1976-77	120.6	143.1	125.9	50.6	30.8	27.9	78.9	39.8	54.7	0.6	11.5	66.5	750.8
1977-78	26.9	129.7	151.9	197.8	139.7	65.5	103.6	19.1	5.5	2.0	4.0	118.7	964.3
1978-79	91.7	100.9	142.3	154.7	127.3	47.9	102.5	83.6	29.2	44.5	9.7	18.9	953.0
1979-80	189.3	161.2	155.5	153.0	76.9	131.5	60.3	57.3	37.8	5.7	5.6	14.3	1048.4
1980-81	254.2	165.8	214.0	258.6	95.2	44.4	78.9	37.3	12.1	11.7	23.3	56.0	1251.6
1981-82	92.9	123.7	220.0	57.9	132.8	159.9	119.7	126.9	27.1	10.1	16.0	45.4	1132.4
1982-83	68.1	163.9	101.1	33.9	86.0	141.4	53.7	38.1	98.8	75.5	38.4	29.0	928.0
1983-84	73.4	164.1	196.6	99.0	183.7	124.3	145.8	54.5	11.5	12.1	54.5	19.4	1139.0
1984-85	11.9	136.0	136.9	230.0	67.4	137.6	95.2	26.0	11.9	7.5	1.3	5.2	866.7
1985-86	81.1	223.8	59.2	134.4	164.2	99.8	57.2	80.5	56.1	31.1	14.3	10.5	1012.2
1986-87	150.3	43.4	100.9	127.4	64.5	217.6	92.3	45.1	32.2	19.3	16.1	3.2	912.1
1987-88	134.5	156.2	103.7	106.2	130.4	92.9	54.8	29.3	10.2	0.4	4.8	14.5	837.8
1988-89	54.1	260.2	123.8	6.2	82.6	123.5	62.0	52.9	26.7	56.8	6.8	17.6	873.3
1989-90	108.7	90.7	98.3	11.6	60.0	24.0	87.5	42.9	8.4	5.6	88.3	20.7	646.7
1990-91	61.2	178.2	303.7	128.4	94.9	80.1	123.2	81.5	8.2	14.8	46.3	3.4	1123.8
1991-92	53.6	123.8	63.6	18.5	46.3	59.1	101.2	94.4	49.8	19.5	0.5	12.7	643.0
1992-93	60.6	67.6	102.9	39.1	136.2	93.8	46.3	96.2	22.2	2.8	5.3	7.9	680.9
1993-94	12.7	189.8	143.4	161.6	129.5	39.1	113.3	88.2	16.7	35.6	20.0	4.6	954.7
Μέση τιμή	94.3	136.6	147.1	115.1	112.8	100.7	79.7	56.5	32.1	22.7	22.9	28.6	949.1
Τυπ. απόκ.	59.8	59.5	69.8	67.2	44.4	54.0	34.7	26.5	30.6	21.2	22.0	26.1	147.1

Πίνακας Α.18: Επιφανειακές βροχοπτώσεις συνολικής λεκάνης Σπερχειού ποταμού (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	68.6	266.5	147.4	110.1	49.1	55.3	61.5	61.5	3.9	44.4	13.8	54.3	936.4
1967-68	45.2	72.9	172.6	213.6	97.7	85.1	16.8	71.6	41.9	0.3	16.8	16.7	851.0
1968-69	114.8	96.3	249.6	122.8	128.9	158.9	21.3	17.3	20.5	8.4	3.8	48.4	991.1
1969-70	23.1	84.1	280.0	135.0	92.1	126.9	13.1	61.9	33.5	38.4	11.5	26.5	926.1
1970-71	126.0	50.7	102.1	115.8	172.3	211.8	62.8	23.0	8.4	55.0	30.4	53.3	1011.6
1971-72	82.1	112.6	72.5	152.5	131.2	57.6	114.3	45.3	21.7	76.4	63.4	39.2	968.8
1972-73	219.6	65.8	40.6	114.3	128.5	125.0	48.9	23.4	22.2	28.0	34.2	18.9	869.4
1973-74	120.5	87.9	136.7	85.8	167.6	113.5	114.5	44.8	31.2	7.4	11.5	35.8	957.2
1974-75	88.0	117.3	62.2	33.9	175.9	56.6	37.3	60.5	139.1	13.8	71.1	5.4	861.1
1975-76	58.6	114.4	157.3	101.5	164.7	68.3	84.9	38.3	28.4	23.8	19.1	4.5	863.7
1976-77	105.1	115.8	100.7	40.3	29.8	23.8	76.2	30.7	42.4	2.2	8.4	62.2	637.5
1977-78	22.4	108.9	156.3	211.9	132.7	60.0	92.8	21.2	6.9	3.3	4.9	113.5	934.8
1978-79	96.7	96.6	129.2	126.9	115.5	43.4	91.0	90.6	25.7	54.5	9.2	17.4	896.8
1979-80	186.8	149.2	142.4	146.4	96.6	131.3	65.6	47.1	33.9	4.0	7.9	12.8	1023.9
1980-81	254.1	131.1	180.2	276.2	84.3	31.7	73.1	28.4	9.8	10.2	19.4	52.9	1151.4
1981-82	85.1	120.8	179.3	58.5	148.3	164.6	126.6	135.9	25.3	8.0	12.9	36.9	1102.3
1982-83	59.0	147.6	86.4	32.7	94.5	118.7	41.8	29.7	113.3	72.8	35.4	19.0	851.1
1983-84	69.0	150.5	205.1	87.4	199.7	120.7	143.9	45.3	14.0	10.8	47.9	14.4	1108.6
1984-85	22.9	122.3	153.4	231.5	61.6	120.4	83.3	24.6	8.7	9.6	0.9	9.4	848.6
1985-86	92.5	199.7	53.5	109.7	136.1	94.4	41.8	72.1	61.3	25.8	25.2	11.8	924.1
1986-87	155.4	46.5	95.8	127.2	72.7	204.8	94.8	34.1	33.7	15.9	14.0	2.1	897.2
1987-88	128.7	135.3	85.9	99.8	114.8	93.0	51.4	26.9	10.9	0.2	3.0	10.0	759.9
1988-89	43.8	247.8	136.1	7.2	68.2	134.3	46.4	54.2	23.9	52.6	4.4	13.9	832.7
1989-90	96.3	86.6	95.8	11.5	54.5	37.0	91.9	41.3	18.1	5.9	94.7	23.7	657.2
1990-91	54.4	202.7	292.2	132.5	86.5	87.8	125.4	80.5	5.6	15.4	62.8	3.4	1149.3
1991-92	57.6	119.8	57.2	23.6	56.3	62.2	96.5	102.6	53.4	17.2	0.4	10.6	657.4
1992-93	52.9	59.3	100.0	44.6	133.3	87.9	43.7	98.5	21.0	2.4	4.4	5.6	653.7
1993-94	10.0	203.8	131.5	153.7	150.7	43.5	95.0	90.5	15.8	36.0	20.6	2.9	954.0
Μέση τιμή	90.7	125.5	135.8	111.0	112.3	97.1	73.5	53.6	31.2	23.0	23.3	25.9	902.7
Τυπ. απόκ.	58.6	55.8	64.7	67.5	44.0	49.8	34.7	29.8	30.5	22.3	24.1	24.9	141.8

Πίνακας Α.19: Ιστορικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1963-64				29.9	59.0	89.3	41.2	24.5	13.7	4.9	3.1	2.5	268.1
1964-65	5.2	10.7	29.0	42.1	43.1	81.7	70.8	39.9	12.7	3.7	2.1	1.4	342.4
1965-66	1.5	24.2	59.7	134.3	90.9	43.9	24.1	18.8	23.3	13.6	2.0	1.5	437.8
1966-67	4.2	68.2	131.0	107.5	57.2	77.2	63.7	31.5	4.1	5.4	1.0	4.1	555.1
1967-68	2.3	7.4	53.6	140.4	128.8	134.0	63.4	18.6	10.8	3.4	1.9	1.6	566.2
1968-69	8.9	19.5	133.8	152.5	109.1	143.4	60.7	22.1	4.6	3.1	2.6	2.9	663.2
1969-70	2.8	11.3	113.8	101.9	63.8	92.2	20.4	9.9	4.9	3.2	1.5	1.7	427.4
1970-71	8.4	13.3	29.9	58.2	64.3	185.2	149.8	43.3	7.5	4.1	2.9	2.9	569.8
1971-72	7.2	25.5	51.7	67.8	98.1	117.5	138.3	124.8	22.6	10.1	2.6	2.2	668.4
1972-73	53.3	39.9	22.1	64.0	111.8	112.9	117.0	51.0	17.8	15.2	11.4	11.4	627.8
1973-74	26.3	46.9	96.3	54.2	181.4	161.3	148.1	41.3	7.9	4.6	4.2	6.9	779.4
1974-75	29.4	56.8	22.6	27.3	47.2	101.0	31.9	12.9	25.3	4.9	14.0	4.0	377.3
1975-76	11.8	25.8	85.4	60.0	109.8	83.9	94.3	23.2	3.2	0.8	0.3	0.2	498.7
1976-77	3.6	38.4	73.6	34.6	33.6	29.9	23.2	3.5	0.7	0.2	0.2	0.1	241.6
1977-78	0.3	1.7	26.2	68.9	60.7	5.3	6.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	169.9
1978-79	0.0	13.5	40.3	63.2	13.2	1.6	6.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	138.9
1979-80	13.6	11.4	21.5	31.9	8.2	92.1	30.4	5.7	0.5	0.1	0.0	0.0	215.4
1980-81	29.8	17.6	44.9	21.3	58.5	139.7							311.8
Μέση τιμή	12.3	25.4	60.9	70.0	74.4	94.0	64.1	27.8	9.4	4.5	2.9	2.6	436.6
Τυπ. απόκ.	14.4	18.6	38.4	40.7	43.2	50.6	48.9	29.5	8.5	4.5	3.9	2.9	190.2

Πίνακας Α.20: Ιστορικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1949-50	30.4	55.4	29.7	65.7	70.8	90.3	69.8	27.5	6.8	3.1	0.8	0.1	450.4
1950-51	4.0	29.0	81.5	78.8	51.9	130.7	50.3	20.4	16.0	6.2	4.9	8.1	481.8
1951-52	73.3	74.7	46.3	98.0	112.9	73.4	44.0	21.5	13.5	9.5	6.6	5.7	579.4
1952-53	8.6	37.8	68.2		50.3	30.5	43.9	35.1	25.5	12.9	7.3	7.1	327.2
1953-54	34.1	83.6	34.2	64.5	95.5	109.3	77.9	39.0	15.9	7.3	6.1	6.5	573.9
1954-55	9.5	21.8	72.0	77.4	55.3	77.2	77.7	28.9	15.0	10.3	10.0	20.5	475.6
1955-56	51.7	76.7	35.4	72.9	176.5	128.3	104.2	54.5	25.5	13.3	9.3	8.9	757.2
1956-57	16.1	35.8	24.6	56.2	43.7	61.4	32.6	29.5	34.9	26.1	6.4	14.1	381.4
1957-58	104.6	82.1	93.3	79.4	46.1	127.8	70.2	38.4	20.5	11.4	5.3	52.7	731.8
1958-59	27.9	75.5	63.8	121.7	54.4	101.4	81.1	44.1	24.4	18.4	13.1	29.4	655.2
1959-60	32.0	58.8	84.0	139.7	65.1	99.0	68.5	36.1	9.4	1.0	0.1	14.2	607.9
1960-61	1.5	0.3	28.9	35.5	51.7	78.6	31.0	18.0	6.4	5.4	4.4	4.1	265.8
1961-62	14.4	19.8	49.1	23.4	60.0	129.5	38.5	17.8	8.5	4.9	2.9	6.7	375.5
1962-63	51.2	153.4	236.5	174.2	220.5	163.8	93.8	90.4	37.3	20.3	8.9	8.8	1259.1
1963-64	32.4	26.7	66.4	45.7	78.4	124.4	49.3	35.8	27.8	10.6	6.9	7.9	512.3
1964-65	11.2	16.2	42.2	69.9	49.6	67.4	69.4	46.0	18.6	8.6	5.3	6.2	410.6
1965-66	8.0	26.6	48.9	118.3	56.4	57.6	33.4	25.6	12.9	5.3	4.6	6.9	404.5
1966-67	10.2	76.5	90.4	88.3	33.7	45.0	40.5	26.6	9.2	8.4	5.2	8.5	442.5
1967-68	7.4	12.4	12.7	107.0	78.3	93.5	55.1	28.5	18.6	6.4	4.8	7.0	431.7
1968-69	13.5	31.1	137.2	94.0	104.5	155.8	54.3	30.0	13.5	11.0	9.9	12.8	667.6
1969-70	10.3	17.3	95.0	85.3	45.1	105.8	36.6	9.9	9.1	4.8	4.3	8.4	431.9
1970-71	17.4	20.8	38.1	63.4	63.7	159.7	81.4	30.6	12.4	10.1	7.9	5.2	510.7
1971-72	6.2	47.8	49.4	82.2	103.7	57.6	88.0	54.7	29.3	18.0	0.0	9.0	545.9
1972-73	53.8	44.7	24.8	54.6	84.3	87.8	53.0	23.2	7.8	6.8	7.3	5.8	453.9
1973-74	14.1	12.5	35.7	15.3	65.6	87.6	62.2	33.2	17.4	10.2	6.7	16.8	377.3
1974-75	20.2	42.4	50.0	20.7	33.1	63.4	21.8	4.3	18.3	7.8	5.4	5.1	292.5
1975-76	7.6	12.9	40.3	25.9	63.9	49.9	53.6	24.2	11.6	6.3	5.3	4.9	306.4
1976-77	8.6	34.3	64.8	32.0	24.5	20.1	17.1	10.7	7.5	3.9	3.6	4.1	231.2
1977-78	5.5	8.0	23.4	55.3	91.8	47.1	59.3	24.3	10.5	9.1	8.0	12.2	354.5
1978-79	14.7	36.2	75.1	101.1	76.5	49.7	60.6	39.1	27.0	17.1	13.2	10.7	521.0
1979-80	24.0	61.9	68.3	105.4	61.2	131.9	68.8	40.1	21.2	12.7	8.1	4.2	607.8
1980-81	40.3	33.6	68.4	137.1	125.0	35.7	67.9	39.4	20.8	12.5	7.9	11.3	599.9
1981-82	11.9	14.1	44.0	21.2	64.3	137.1	112.1	73.1	39.5	24.7	14.7	6.8	563.5
1982-83	6.0	15.7	46.3	6.1	28.7	56.6	22.9	5.1	1.8	0.0	1.0	0.0	190.2
1983-84	8.3	0.0	66.1	45.9	81.9	101.5	102.6	65.8	35.5	22.1	13.3	6.1	549.1
1984-85	0.0	10.4	40.2	120.5	51.1	110.1	69.2	40.3	21.3	12.8	8.1	0.6	484.6
1985-86	9.3	24.0	44.0	64.7	45.1	75.2	31.7	11.8	5.6	2.4	2.4	0.0	316.2
1986-87	18.7	14.4	32.9	75.5	44.6	201.0	94.9	59.9	32.2	19.9	12.1	0.0	606.1
1987-88	26.3	8.3	32.3	39.0	47.4	82.2	44.2	21.3	10.8	5.9	4.3	0.0	322.0
1988-89	1.5	7.6	56.9	0.0	15.4	83.4	35.9	15.0	7.3	3.6	3.0	0.0	229.6
1989-90	15.2	0.0	25.9	0.0	3.9	24.7	9.7	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	80.4
Μέση τιμή	21.0	35.6	57.7	69.0	67.7	90.6	58.0	32.2	17.2	10.0	6.4	8.5	472.3
Τυπ. αποκ.	21.1	30.8	37.8	40.8	39.7	41.4	25.0	18.7	10.0	6.5	3.7	9.2	195.7

Πίνακας Α.21: Ιστορικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού ποταμού (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	9.4	57.3	67.2	59.5	34.8	43.0	29.0	23.5	7.4	6.6	3.3	7.7	348.7
1967-68	7.2	14.4	9.2	86.7	73.2	90.4	49.0	25.6	13.4	0.0	4.2	5.5	378.8
1968-69	13.0	26.4	121.0	84.2	75.6	120.1	41.6	21.2	10.4	7.0	8.2	10.6	539.3
1969-70	7.1	12.0	68.5	63.2	36.4	82.5	21.5	9.2	6.9	3.6	2.6	8.2	321.7
1970-71	14.4	14.8	27.6	44.1	50.8	122.8	66.5	26.4	17.9	14.3	6.5	4.0	410.1
1971-72	5.1	32.6	37.6	71.2	102.1	42.0	68.2	33.7	20.7	17.6	0.0	6.6	437.4
1972-73	42.6	29.6	20.0	52.7	61.0	74.6	33.5	15.3	6.4	5.0	5.4	3.7	349.8
1973-74	11.6	9.7	28.8	14.4	56.1	81.9	44.8	22.2	15.9	18.2	9.7	10.5	323.8
1974-75	13.8	31.2	36.7	15.0	31.4	41.3	15.7	3.2	14.7	6.4	4.8	3.4	217.6
1975-76	5.0	9.9	32.0	21.0	57.2	44.6	45.6	19.1	8.1	4.5	3.8	3.2	254.0
1976-77	6.4	23.6	44.1	21.8	20.2	14.6	14.2	7.0	4.9	12.3	2.2	3.3	174.6
1977-78	3.9	5.7	20.5	50.5	74.4	36.7	45.3	23.1	10.8	12.8	8.4	10.0	302.1
1978-79	13.2	29.6	58.1	70.7	59.2	38.4	45.9	36.1	20.4	17.9	10.8	8.4	408.7
1979-80	20.2	48.8	53.3	86.0	65.5	112.3	63.8	28.1	16.2	7.5	9.8	3.2	514.7
1980-81	69.5	37.6	49.3	149.6	90.0	23.0	53.2	26.1	16.0	10.9	7.0	9.4	541.6
1981-82	8.9	27.1	31.3	10.8	67.0	116.7	97.5	69.1	38.9	24.1	17.6	4.9	513.9
1982-83	0.4	42.1	34.5	0.0	39.0	84.3	17.1	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	220.1
1983-84	2.4	42.9	59.1	32.8	78.4	85.8	83.6	48.3	44.8	23.7	16.7	4.1	522.6
1984-85	0.0	30.1	39.6	122.4	46.6	85.5	51.1	33.3	14.9	16.8	6.4	1.6	448.3
1985-86	6.1	66.8	34.8	48.9	38.8	67.3	21.1	8.5	2.0	0.0	0.0	0.0	294.3
1986-87	32.1	0.0	27.9	55.4	52.3	144.9	80.8	39.9	34.7	19.4	14.5	0.0	501.9
1987-88	24.1	37.3	23.9	39.3	42.6	66.3	36.3	16.6	8.5	2.0	0.8	0.0	297.7
1988-89	0.0	87.7	54.0	0.0	21.7	95.4	24.0	12.7	3.5	0.0	0.0	0.0	299.0
1989-90	13.8	11.6	23.0	0.0	16.8	27.4	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	104.8
1990-91	0.0	60.8	42.3	57.9	40.7	62.7	56.3	32.1	12.6	12.1	10.4	0.6	388.5
1991-92	0.0	26.9	26.4	0.0	37.9	44.7	22.7	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	164.1
1992-93	0.0	1.1	22.3	0.0	24.8	62.6	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	121.7
1993-94	0.0	63.2	19.6	73.7	90.8	31.6	28.7	14.6	4.9	0.9	0.0	0.0	328.0
Μέση τιμή	11.8	31.5	39.7	47.6	53.0	69.4	42.1	21.5	12.7	8.7	5.5	3.9	347.4
Τυπ. απόκ.	15.2	21.6	22.0	38.1	22.7	34.1	23.2	15.7	11.4	7.9	5.3	3.7	127.6

Παράρτημα Β: Δευτερογενή δεδομένα

Πίνακας Β.1: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2030 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	34.32	149.85	144.29	136.51	69.77	55.76	55.23	38.65	15.21	12.01	6.68	5.33	723.59
1967-68	4.32	4.36	26.58	95.29	73.26	62.98	33.14	32.35	22.30	9.21	5.50	3.67	372.95
1968-69	5.36	9.96	59.14	68.73	109.63	132.34	52.55	27.36	16.31	8.76	4.94	4.28	499.35
1969-70	3.30	7.18	90.16	111.54	93.53	104.29	44.97	34.77	20.42	12.77	7.10	4.62	534.65
1970-71	8.26	9.94	24.07	53.80	104.65	163.32	77.78	34.74	14.89	10.15	6.69	5.65	513.94
1971-72	6.95	19.82	27.53	53.64	70.26	55.67	69.23	44.53	19.59	16.19	10.67	8.12	402.21
1972-73	33.26	35.03	29.24	48.94	89.79	93.19	63.81	31.75	16.46	10.32	6.92	4.73	463.45
1973-74	8.44	14.69	38.50	40.99	85.47	79.02	95.74	51.73	23.38	9.92	5.40	4.52	457.79
1974-75	7.63	19.82	25.94	24.69	60.71	54.97	36.85	33.85	45.80	16.59	12.70	6.63	346.19
1975-76	7.44	17.04	48.19	58.11	91.20	63.54	59.33	33.43	19.54	11.55	6.96	4.23	420.57
1976-77	7.69	21.13	44.69	39.30	31.44	25.69	34.77	22.81	17.44	7.66	4.52	3.91	261.04
1977-78	3.10	8.21	23.76	72.86	86.93	62.58	72.45	29.88	13.25	6.62	3.89	5.26	388.78
1978-79	6.98	12.52	34.35	75.98	92.38	56.51	69.49	52.64	23.14	14.18	7.32	4.73	450.22
1979-80	14.08	35.89	66.15	94.53	71.75	94.91	60.01	44.36	24.67	10.73	5.78	3.78	526.63
Μέση τιμή	10.79	26.10	48.76	69.64	80.77	78.91	58.95	36.63	20.89	11.19	6.79	4.96	454.38
Τυπ. απόκ.	10.11	36.86	33.58	30.87	19.92	35.97	17.80	8.77	8.00	2.95	2.35	1.21	108.74

Πίνακας Β.2: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2030 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.55	100.40	94.73	87.66	46.11	36.38	34.63	23.39	7.97	5.42	2.64	1.92	463.81
1967-68	1.44	1.61	14.65	58.84	48.58	41.64	20.22	19.56	11.87	4.17	2.08	1.15	225.81
1968-69	1.71	3.63	32.82	42.82	66.02	87.37	32.13	16.08	8.33	3.78	1.75	1.36	297.81
1969-70	0.96	2.26	49.56	66.74	57.44	70.66	27.83	21.53	11.42	6.58	3.01	1.66	319.65
1970-71	3.37	4.06	11.47	29.20	64.47	112.79	53.42	21.33	7.79	4.70	2.74	2.15	317.48
1971-72	2.86	9.55	14.19	36.54	46.56	35.20	44.94	25.79	10.68	7.92	5.00	3.33	242.57
1972-73	18.96	20.48	17.01	29.75	56.47	62.42	40.28	18.17	8.37	4.62	2.80	1.60	280.94
1973-74	3.16	6.10	19.50	23.56	55.60	51.53	61.36	31.10	13.07	4.65	2.07	1.44	273.13
1974-75	2.39	7.61	11.05	11.22	37.77	33.06	21.77	19.09	28.07	8.83	6.47	2.79	190.13
1975-76	2.89	7.49	26.84	36.51	63.95	42.63	38.85	20.29	10.82	5.61	2.94	1.45	260.27
1976-77	2.86	9.71	22.17	20.18	16.24	13.09	18.58	11.78	8.39	3.13	1.51	1.19	128.82
1977-78	0.81	2.68	12.44	47.27	60.63	40.60	44.26	17.22	6.60	2.73	1.30	2.06	238.59
1978-79	3.36	7.24	21.61	45.60	56.10	33.46	40.45	31.67	13.08	7.51	3.20	1.71	264.99
1979-80	6.85	20.41	41.45	63.01	49.22	64.63	39.96	27.26	14.11	5.19	2.29	1.22	335.59
1980-81	10.00	25.46	66.06	127.50	75.57	41.83	38.85	21.02	8.36	3.76	2.08	1.69	422.19
1981-82	2.47	6.74	37.82	28.60	50.76	74.25	63.43	54.99	17.60	6.45	3.05	2.10	348.26
1982-83	2.11	8.82	16.06	13.28	22.70	45.06	27.17	15.13	16.68	11.67	5.86	3.22	187.76
1983-84	3.48	13.26	44.25	44.01	81.03	71.95	76.18	33.53	11.47	4.86	3.59	1.94	389.54
1984-85	1.08	3.27	12.00	56.45	40.70	61.44	48.20	18.84	7.51	3.21	1.45	0.75	254.90
1985-86	0.81	9.38	10.83	27.83	56.33	50.15	31.68	26.74	15.72	7.35	3.27	1.61	241.70
1986-87	4.02	3.88	9.45	24.06	24.33	77.35	53.20	27.21	12.94	5.54	2.58	1.22	245.78
1987-88	2.23	8.93	16.81	28.11	46.71	44.66	30.22	15.72	6.60	2.70	1.30	0.73	204.72
1988-89	0.64	11.64	24.31	13.05	22.68	39.65	28.85	19.16	9.05	6.36	2.69	1.43	179.52
1989-90	2.22	4.12	9.26	6.48	10.29	8.59	15.05	10.59	4.58	2.09	2.29	1.32	76.88
Μέση τιμή	4.30	12.45	26.51	40.34	48.18	51.68	38.81	22.80	11.29	5.37	2.83	1.71	266.28
Τυπ. απόκ.	5.48	19.70	20.69	27.09	18.25	23.31	15.10	9.11	4.91	2.22	1.32	0.66	88.21

Πίνακας Β.3: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2030 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	35.55	162.54	155.14	145.88	73.10	58.54	58.59	41.10	15.86	12.78	7.05	5.71	771.84
1967-68	4.68	4.84	31.72	109.93	81.09	68.77	35.42	35.09	24.18	9.72	5.79	3.86	415.10
1968-69	6.00	11.65	69.82	77.95	122.06	144.74	55.63	28.47	16.76	8.85	4.94	4.25	551.11
1969-70	3.27	7.47	101.18	122.52	101.02	112.41	47.33	37.00	21.72	13.63	7.51	4.88	579.93
1970-71	9.38	11.49	28.41	62.36	117.88	179.53	83.10	36.67	15.53	10.71	7.08	6.10	568.24
1971-72	7.81	23.37	32.02	61.61	78.77	61.16	76.23	48.48	20.97	17.68	11.65	8.94	448.69
1972-73	39.19	40.32	33.02	55.32	100.16	101.94	68.79	33.85	17.46	11.00	7.41	5.06	513.52
1973-74	9.67	17.30	45.34	46.81	96.37	86.94	104.71	55.69	24.90	10.38	5.61	4.81	508.53
1974-75	8.69	23.51	30.28	28.22	69.29	61.07	40.29	37.21	51.14	17.85	13.91	7.12	388.58
1975-76	8.34	20.08	56.56	65.99	101.74	69.14	64.47	35.92	20.94	12.35	7.42	4.46	467.41
1976-77	8.72	24.97	52.09	44.37	34.87	28.24	38.61	24.98	19.16	8.16	4.77	4.23	293.18
1977-78	3.38	9.78	28.68	85.02	97.57	68.53	79.35	31.88	13.94	6.89	4.03	5.78	434.83
1978-79	7.98	14.76	40.61	87.25	102.92	61.38	75.90	57.15	24.71	15.20	7.74	5.01	500.60
1979-80	16.36	42.20	75.96	105.75	78.21	103.31	64.27	47.54	26.32	11.25	6.01	3.93	581.12
Μέση τιμή	12.07	29.59	55.77	78.50	89.65	86.12	63.76	39.36	22.40	11.89	7.21	5.30	501.62
Τυπ. απόκ.	11.21	39.86	35.83	33.13	22.41	39.49	19.56	9.59	9.15	3.30	2.67	1.39	112.56

Πίνακας Β.4: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2030 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	23.35	109.44	102.36	94.12	48.63	38.48	37.02	25.11	8.40	5.84	2.84	2.11	497.69
1967-68	1.62	1.89	18.05	69.06	54.56	46.01	21.87	21.52	13.06	4.48	2.24	1.24	255.58
1968-69	1.98	4.42	39.77	49.59	74.51	96.62	34.33	16.92	8.64	3.85	1.76	1.35	333.73
1969-70	0.95	2.37	56.51	74.29	62.75	76.99	29.56	23.20	12.31	7.15	3.25	1.80	351.13
1970-71	3.97	4.88	14.01	34.75	73.91	125.29	57.61	22.71	8.21	5.04	2.96	2.39	355.70
1971-72	3.35	11.65	17.03	42.89	52.89	39.11	50.03	28.36	11.61	8.80	5.60	3.77	275.08
1972-73	22.97	24.17	19.67	34.25	63.79	69.02	43.82	19.57	8.99	5.00	3.07	1.76	316.08
1973-74	3.76	7.47	23.71	27.67	63.78	57.42	67.77	33.82	14.10	4.93	2.18	1.56	308.18
1974-75	2.81	9.37	13.41	13.34	44.26	37.44	24.25	21.36	31.94	9.69	7.28	3.09	218.23
1975-76	3.35	9.14	32.40	42.39	72.31	46.87	42.64	22.04	11.75	6.11	3.20	1.56	293.77
1976-77	3.35	11.87	26.59	23.42	18.49	14.77	21.12	13.21	9.45	3.43	1.64	1.34	148.68
1977-78	0.93	3.35	15.64	56.32	68.93	44.90	48.90	18.59	7.04	2.88	1.37	2.35	271.20
1978-79	4.04	8.90	26.15	53.14	63.28	36.78	44.70	34.85	14.19	8.22	3.46	1.85	299.56
1979-80	8.25	24.68	48.53	71.41	54.25	70.92	43.16	29.46	15.22	5.52	2.42	1.29	375.12
1980-81	12.10	30.52	76.41	141.84	81.50	44.52	41.75	22.46	8.85	3.97	2.22	1.86	468.00
1981-82	2.88	8.23	45.29	32.75	57.44	82.40	69.33	60.08	18.85	6.84	3.24	2.29	389.61
1982-83	2.40	10.74	19.32	15.53	26.39	51.46	30.21	16.69	18.82	13.19	6.57	3.61	214.95
1983-84	4.07	16.19	52.38	50.06	90.52	78.65	82.86	35.99	12.14	5.13	3.89	2.11	433.99
1984-85	1.18	3.92	14.69	66.36	45.71	68.37	52.85	20.29	8.02	3.40	1.53	0.79	287.11
1985-86	0.91	11.68	13.14	33.13	64.72	55.94	34.79	29.53	17.32	8.05	3.55	1.74	274.48
1986-87	4.79	4.66	11.56	28.80	28.15	87.82	58.56	29.56	14.01	5.96	2.76	1.30	277.92
1987-88	2.61	11.03	20.36	33.10	53.50	49.89	33.24	17.13	7.11	2.87	1.38	0.78	232.99
1988-89	0.71	14.51	29.26	15.04	26.22	45.19	32.16	21.24	9.93	7.08	2.94	1.56	205.85
1989-90	2.61	5.06	11.44	7.77	12.34	10.09	17.70	12.21	5.14	2.32	2.66	1.52	90.87
Μέση τιμή	4.96	14.59	31.15	46.29	54.29	57.29	42.51	24.83	12.30	5.82	3.08	1.88	298.98
Τυπ. απόκ.	6.13	21.48	22.72	29.80	20.15	25.83	16.40	9.90	5.60	2.52	1.51	0.76	94.35

Πίνακας Β.5: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2030 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	36.02	167.15	158.93	149.07	74.17	59.45	59.76	42.06	16.19	13.21	7.27	5.96	789.25
1967-68	4.93	5.16	34.34	116.08	84.08	70.89	36.27	36.18	25.04	9.99	5.96	3.98	432.88
1968-69	6.41	12.63	74.73	81.66	126.60	149.05	56.74	29.07	17.20	9.08	5.06	4.41	572.64
1969-70	3.41	8.07	107.91	127.61	104.09	115.48	48.23	37.93	22.35	14.10	7.76	5.06	602.00
1970-71	10.09	12.38	30.58	66.08	123.01	185.33	84.93	37.45	15.87	11.05	7.34	6.40	590.49
1971-72	8.36	25.27	34.16	64.97	82.08	63.22	78.86	50.07	21.62	18.46	12.21	9.44	468.71
1972-73	42.30	42.81	34.69	57.93	104.06	105.06	70.55	34.72	17.96	11.37	7.70	5.28	534.42
1973-74	10.43	18.73	48.54	49.28	100.60	89.83	107.90	57.22	25.61	10.64	5.75	5.02	529.55
1974-75	9.37	25.51	32.38	29.82	72.79	63.41	41.61	38.58	53.44	18.46	14.58	7.41	407.35
1975-76	8.89	21.73	60.42	69.26	105.75	71.16	66.35	36.92	21.58	12.76	7.67	4.60	487.10
1976-77	9.33	26.91	55.35	46.45	36.22	29.21	40.06	25.86	19.96	8.41	4.92	4.44	307.11
1977-78	3.57	10.71	31.15	90.20	101.66	70.72	81.85	32.69	14.29	7.05	4.11	6.12	454.14
1978-79	8.59	15.97	43.52	91.84	106.87	63.14	78.21	58.87	25.42	15.73	7.98	5.18	521.33
1979-80	17.67	45.29	80.16	110.09	80.56	106.26	65.75	48.73	27.04	11.52	6.15	4.04	603.26
Μέση τιμή	12.81	31.31	59.06	82.17	93.04	88.73	65.51	40.45	23.11	12.27	7.46	5.52	521.44
Τυπ. απόκ.	11.76	40.87	36.74	34.01	23.37	40.72	20.17	9.88	9.63	3.47	2.83	1.49	113.62

Πίνακας Β.6: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2030 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	23.65	112.73	105.03	96.32	49.46	39.17	37.84	25.78	8.61	6.08	2.96	2.24	509.87
1967-68	1.75	2.07	19.78	73.38	56.86	47.62	22.48	22.30	13.59	4.64	2.32	1.29	268.08
1968-69	2.16	4.89	43.04	52.34	77.64	99.85	35.12	17.36	8.91	3.98	1.82	1.43	348.54
1969-70	1.02	2.62	60.87	77.90	64.98	79.41	30.22	23.90	12.75	7.47	3.39	1.89	366.43
1970-71	4.35	5.36	15.31	37.22	77.62	129.80	59.06	23.28	8.42	5.23	3.10	2.55	371.30
1971-72	3.66	12.79	18.42	45.59	55.35	40.58	51.95	29.40	12.04	9.26	5.95	4.04	289.03
1972-73	25.10	25.94	20.86	36.10	66.57	71.37	45.08	20.14	9.30	5.21	3.23	1.86	330.75
1973-74	4.13	8.25	25.73	29.47	66.99	59.58	70.07	34.87	14.58	5.09	2.25	1.64	322.65
1974-75	3.08	10.36	14.61	14.33	46.97	39.15	25.21	22.30	33.62	10.10	7.72	3.26	230.70
1975-76	3.64	10.07	35.02	44.87	75.52	48.41	44.02	22.75	12.18	6.36	3.34	1.63	307.82
1976-77	3.65	12.99	28.60	24.78	19.40	15.42	22.10	13.80	9.94	3.58	1.71	1.43	157.40
1977-78	1.00	3.76	17.26	60.19	72.13	46.48	50.59	19.14	7.25	2.97	1.41	2.54	284.73
1978-79	4.45	9.79	28.26	56.22	65.98	37.99	46.24	36.07	14.69	8.58	3.60	1.94	313.81
1979-80	9.06	26.80	51.59	74.68	56.09	73.13	44.27	30.28	15.71	5.69	2.49	1.34	391.12
1980-81	13.26	32.96	80.70	147.15	83.56	45.45	42.79	23.03	9.09	4.09	2.30	1.97	486.36
1981-82	3.15	9.06	48.69	34.46	60.00	85.33	71.41	61.99	19.42	7.06	3.36	2.42	406.34
1982-83	2.59	11.83	20.93	16.57	27.96	53.95	31.39	17.35	19.79	13.94	6.95	3.84	227.09
1983-84	4.42	17.72	55.95	52.47	94.02	80.99	85.18	36.95	12.47	5.29	4.09	2.22	451.76
1984-85	1.25	4.33	16.09	70.59	47.65	70.90	54.54	20.90	8.28	3.52	1.58	0.81	300.43
1985-86	0.98	12.94	14.28	35.44	68.00	58.06	35.94	30.64	18.03	8.40	3.70	1.82	288.23
1986-87	5.26	5.11	12.65	30.94	29.74	91.76	60.50	30.46	14.49	6.18	2.87	1.34	291.32
1987-88	2.86	12.20	22.09	35.27	56.17	51.83	34.36	17.69	7.35	2.96	1.43	0.81	245.02
1988-89	0.75	15.99	31.48	15.88	27.64	47.27	33.39	22.06	10.33	7.45	3.08	1.64	216.97
1989-90	2.86	5.60	12.56	8.40	13.28	10.74	18.80	12.89	5.40	2.43	2.87	1.64	97.47
Μέση τιμή	5.34	15.67	33.33	48.77	56.65	59.34	43.86	25.64	12.76	6.06	3.23	1.98	312.63
Τυπ. απόκ.	6.47	22.12	23.52	30.81	20.84	26.73	16.83	10.18	5.90	2.67	1.61	0.82	96.49

Πίνακας Β.7: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2030 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	34.85	155.58	149.38	141.01	71.43	57.15	56.82	39.63	15.36	12.14	6.71	5.34	745.40
1967-68	4.33	4.39	27.95	100.68	76.45	65.47	34.10	33.40	22.89	9.32	5.54	3.68	388.19
1968-69	5.41	10.25	62.57	72.29	115.05	138.08	53.88	27.53	16.08	8.49	4.76	4.00	518.39
1969-70	3.06	6.62	91.21	114.71	96.23	107.65	45.91	35.56	20.76	12.92	7.13	4.63	546.38
1970-71	8.39	10.21	25.24	56.78	110.03	170.56	80.24	35.43	15.00	10.21	6.71	5.66	534.45
1971-72	7.03	20.63	28.85	56.51	73.70	57.97	72.17	46.05	19.98	16.51	10.82	8.22	418.43
1972-73	34.69	36.59	30.46	51.32	94.14	97.12	66.05	32.51	16.70	10.43	6.97	4.74	481.74
1973-74	8.60	15.25	40.60	43.04	89.89	82.46	99.78	53.33	23.81	9.98	5.41	4.52	476.66
1974-75	7.73	20.64	27.17	25.80	63.97	57.45	38.23	35.11	47.67	16.92	12.93	6.69	360.30
1975-76	7.55	17.70	50.82	60.99	95.55	65.97	61.56	34.38	19.97	11.73	7.04	4.25	437.51
1976-77	7.86	22.16	47.21	41.20	32.79	26.73	36.38	23.62	17.97	7.78	4.56	3.93	272.19
1977-78	3.11	8.49	25.11	77.24	91.26	65.12	75.46	30.61	13.40	6.65	3.90	5.29	405.65
1978-79	7.12	13.01	36.31	80.27	96.82	58.63	72.32	54.51	23.63	14.41	7.37	4.75	469.15
1979-80	14.50	37.67	69.63	99.07	74.54	98.73	61.96	45.71	25.22	10.83	5.80	3.78	547.45
Μέση τιμή	11.02	27.08	50.89	72.92	84.42	82.08	61.06	37.67	21.32	11.31	6.83	4.96	471.56
Τυπ. απόκ.	10.45	38.33	34.48	31.83	20.96	37.59	18.62	9.15	8.44	3.06	2.42	1.25	110.95

Πίνακας Β.8: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2030 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.89	104.47	98.30	90.76	47.37	37.43	35.76	24.08	8.07	5.50	2.66	1.93	479.22
1967-68	1.45	1.64	15.57	62.58	51.01	43.52	20.91	20.32	12.24	4.24	2.11	1.15	236.74
1968-69	1.73	3.76	35.01	45.40	69.69	91.63	33.08	16.24	8.22	3.65	1.67	1.25	311.32
1969-70	0.86	2.03	50.12	68.77	59.28	73.23	28.51	22.12	11.65	6.69	3.04	1.67	327.96
1970-71	3.43	4.19	12.13	31.08	68.25	118.33	55.34	21.83	7.87	4.74	2.75	2.16	332.11
1971-72	2.91	10.02	15.01	38.82	49.12	36.84	47.08	26.77	10.95	8.11	5.10	3.38	254.09
1972-73	19.92	21.56	17.86	31.42	59.52	65.37	41.87	18.68	8.53	4.68	2.83	1.61	293.86
1973-74	3.23	6.39	20.76	24.98	58.89	54.07	64.23	32.20	13.37	4.70	2.08	1.44	286.33
1974-75	2.43	7.97	11.68	11.86	40.19	34.82	22.75	19.94	29.42	9.06	6.63	2.84	199.57
1975-76	2.95	7.83	28.54	38.63	67.38	44.47	40.49	20.96	11.11	5.73	2.99	1.46	272.52
1976-77	2.93	10.27	23.63	21.35	17.10	13.75	19.63	12.31	8.72	3.21	1.54	1.20	135.65
1977-78	0.82	2.79	13.33	50.55	64.03	42.44	46.29	17.73	6.71	2.75	1.31	2.08	250.82
1978-79	3.47	7.64	23.07	48.47	59.12	34.89	42.32	32.98	13.44	7.68	3.24	1.72	278.04
1979-80	7.11	21.61	43.94	66.40	51.39	67.49	41.43	28.19	14.48	5.26	2.31	1.22	350.84
1980-81	10.46	26.96	69.93	133.65	78.27	43.07	40.14	21.59	8.48	3.79	2.09	1.69	440.13
1981-82	2.51	7.05	40.28	30.13	53.51	77.88	66.11	57.15	17.97	6.51	3.06	2.10	364.26
1982-83	2.12	9.20	16.96	13.97	24.02	47.66	28.40	15.68	17.38	12.09	6.02	3.28	196.78
1983-84	3.57	14.01	47.04	46.36	85.13	75.01	79.28	34.51	11.63	4.89	3.61	1.94	406.98
1984-85	1.08	3.36	12.70	60.04	42.70	64.47	50.22	19.34	7.62	3.23	1.46	0.75	266.97
1985-86	0.81	9.92	11.48	29.69	59.72	52.65	32.99	27.83	16.23	7.52	3.31	1.62	253.78
1986-87	4.13	4.01	9.99	25.62	25.73	81.78	55.56	28.16	13.27	5.62	2.60	1.22	257.69
1987-88	2.26	9.39	17.84	29.85	49.41	46.88	31.51	16.24	6.74	2.73	1.31	0.74	214.90
1988-89	0.64	12.42	25.99	13.75	24.07	42.01	30.28	19.98	9.33	6.54	2.74	1.44	189.18
1989-90	2.27	4.30	9.84	6.84	10.96	9.11	16.04	11.17	4.75	2.15	2.36	1.35	81.15
Μέση τιμή	4.42	13.03	27.96	42.54	50.66	54.12	40.43	23.58	11.59	5.46	2.87	1.72	278.37
Τυπ. απόκ.	5.67	20.53	21.52	28.27	19.10	24.45	15.73	9.46	5.16	2.31	1.36	0.68	91.08

Πίνακας Β.9: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2050 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	34.52	152.31	146.61	138.64	70.60	56.46	55.96	38.96	15.15	11.89	6.58	5.20	732.88
1967-68	4.20	4.22	26.42	96.57	74.29	63.91	33.47	32.64	22.33	9.16	5.44	3.61	376.26
1968-69	5.20	9.71	59.48	69.73	111.76	134.88	53.03	27.10	15.80	8.35	4.69	3.91	503.64
1969-70	2.98	6.30	86.92	111.10	93.96	105.36	45.23	34.90	20.34	12.64	6.99	4.53	531.25
1970-71	8.01	9.71	23.95	54.33	106.41	166.28	78.84	34.88	14.78	10.01	6.57	5.50	519.27
1971-72	6.74	19.54	27.51	54.25	71.36	56.47	70.28	44.94	19.55	16.04	10.50	7.94	405.13
1972-73	32.88	35.01	29.35	49.52	91.33	94.80	64.74	31.90	16.39	10.21	6.80	4.62	467.56
1973-74	8.19	14.44	38.61	41.37	86.91	80.34	97.42	52.24	23.34	9.83	5.33	4.41	462.42
1974-75	7.38	19.50	25.87	24.76	61.57	55.77	37.28	34.16	46.14	16.52	12.53	6.52	348.01
1975-76	7.25	16.76	48.38	58.75	92.67	64.46	60.18	33.68	19.55	11.48	6.89	4.17	424.21
1976-77	7.53	21.01	45.10	39.77	31.84	26.02	35.34	23.01	17.46	7.62	4.48	3.81	263.00
1977-78	3.01	8.00	23.66	73.81	88.35	63.51	73.63	30.04	13.18	6.55	3.85	5.11	392.68
1978-79	6.79	12.32	34.49	77.14	93.97	57.31	70.63	53.28	23.16	14.08	7.23	4.65	455.06
1979-80	13.78	35.79	66.84	96.00	72.80	96.52	60.84	44.85	24.74	10.66	5.72	3.72	532.26
Μέση τιμή	10.60	26.05	48.80	70.41	81.99	80.15	59.77	36.90	20.85	11.07	6.68	4.84	458.12
Τυπ. απόκ.	10.14	37.58	33.84	31.21	20.29	36.67	18.17	8.95	8.12	2.96	2.33	1.20	110.04

Πίνακας Β.10: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2050 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.68	102.14	96.35	89.13	46.74	36.91	35.16	23.62	7.94	5.36	2.59	1.86	470.46
1967-68	1.39	1.55	14.57	59.72	49.37	42.34	20.46	19.77	11.89	4.14	2.05	1.12	228.38
1968-69	1.64	3.51	33.01	43.53	67.44	89.24	32.48	15.93	8.04	3.57	1.64	1.21	301.22
1969-70	0.83	1.90	47.41	66.25	57.64	71.42	28.00	21.63	11.37	6.50	2.96	1.62	317.52
1970-71	3.24	3.93	11.38	29.50	65.66	115.02	54.24	21.43	7.73	4.63	2.67	2.07	321.50
1971-72	2.75	9.38	14.17	37.04	47.38	35.77	45.70	26.05	10.67	7.84	4.90	3.23	244.87
1972-73	18.71	20.46	17.08	30.15	57.54	63.63	40.94	18.28	8.33	4.56	2.74	1.55	283.97
1973-74	3.04	5.97	19.54	23.81	56.65	52.49	62.54	31.45	13.06	4.60	2.04	1.39	276.57
1974-75	2.29	7.44	10.97	11.23	38.37	33.61	22.06	19.30	28.31	8.80	6.37	2.74	191.50
1975-76	2.80	7.32	26.92	36.97	65.09	43.33	39.47	20.46	10.83	5.58	2.90	1.42	263.08
1976-77	2.78	9.63	22.37	20.44	16.47	13.29	18.94	11.91	8.41	3.12	1.49	1.15	129.99
1977-78	0.78	2.59	12.40	48.02	61.76	41.28	45.05	17.33	6.57	2.70	1.28	1.98	241.74
1978-79	3.26	7.14	21.77	46.38	57.17	34.00	41.19	32.12	13.11	7.46	3.15	1.67	268.43
1979-80	6.68	20.36	41.94	64.09	50.04	65.84	40.59	27.60	14.15	5.16	2.26	1.20	339.90
1980-81	9.82	25.49	67.04	129.81	76.71	42.36	39.38	21.19	8.33	3.71	2.04	1.63	427.50
1981-82	2.38	6.60	38.15	28.95	51.70	75.73	64.56	55.78	17.59	6.38	2.99	2.04	352.84
1982-83	2.02	8.61	16.00	13.31	22.98	45.91	27.56	15.23	16.75	11.64	5.79	3.15	188.94
1983-84	3.38	13.13	44.73	44.68	82.58	73.25	77.55	33.83	11.42	4.80	3.50	1.88	394.74
1984-85	1.05	3.15	11.90	57.26	41.31	62.62	48.98	18.92	7.45	3.16	1.43	0.73	257.97
1985-86	0.78	9.24	10.80	28.19	57.43	51.10	32.15	27.05	15.76	7.30	3.22	1.58	244.60
1986-87	3.88	3.77	9.36	24.26	24.65	78.96	54.13	27.51	12.94	5.49	2.54	1.20	248.68
1987-88	2.13	8.76	16.80	28.43	47.54	45.47	30.69	15.84	6.58	2.68	1.29	0.72	206.92
1988-89	0.62	11.59	24.59	13.19	23.09	40.52	29.39	19.40	9.07	6.31	2.65	1.40	181.82
1989-90	2.14	4.01	9.20	6.46	10.37	8.68	15.31	10.72	4.59	2.08	2.24	1.29	77.08
Μέση τιμή	4.21	12.40	26.60	40.87	48.99	52.62	39.44	23.01	11.29	5.31	2.78	1.66	269.18
Τυπ. απόκ.	5.49	20.07	20.96	27.55	18.60	23.80	15.40	9.26	4.97	2.22	1.30	0.65	89.48

Πίνακας Β.11: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2050 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	31.66	101.28	94.07	83.47	56.62	48.30	41.68	31.73	12.68	9.07	4.81	4.00	519.35
1967-68	3.44	4.59	17.69	55.96	53.41	50.94	27.49	27.64	16.60	6.88	3.97	2.50	271.10
1968-69	4.13	7.01	40.41	50.66	64.96	85.76	38.00	21.05	12.05	6.06	3.22	2.70	336.01
1969-70	1.99	3.07	30.98	46.85	48.54	63.23	29.48	26.79	15.23	9.42	4.82	3.17	283.58
1970-71	5.71	5.85	11.43	22.43	51.87	95.23	55.22	26.71	12.17	9.96	5.99	4.79	307.36
1971-72	5.77	10.95	14.26	35.42	52.29	38.11	46.97	27.02	13.22	11.99	9.09	6.13	271.23
1972-73	22.22	20.21	17.90	33.83	52.34	64.12	40.76	21.12	11.60	6.98	4.60	2.87	298.55
1973-74	4.90	7.48	18.71	24.81	55.41	58.43	61.26	33.52	17.54	7.64	4.06	2.90	296.66
1974-75	3.65	7.50	9.59	9.68	35.98	29.55	21.63	19.46	28.67	11.19	9.34	4.61	190.84
1975-76	4.30	8.26	23.35	32.46	63.02	47.47	45.18	25.85	14.72	8.38	4.91	2.79	280.70
1976-77	4.47	9.22	16.22	15.41	14.14	12.20	17.68	11.91	8.69	4.12	2.32	2.00	118.38
1977-78	1.47	2.88	10.96	43.79	56.90	41.68	45.15	22.04	10.21	4.96	2.73	4.06	246.84
1978-79	6.09	10.19	22.16	37.64	49.16	33.64	39.92	37.33	17.19	12.15	5.81	3.50	274.76
1979-80	10.78	22.92	39.70	60.55	59.42	73.78	51.24	33.82	19.33	8.25	4.33	2.64	386.76
1980-81	14.67	23.68	51.24	126.05	78.11	45.41	44.69	25.63	11.99	6.21	3.82	3.34	434.85
1981-82	4.29	9.00	29.15	26.14	52.62	79.04	74.19	69.48	24.95	10.43	5.52	4.02	388.82
1982-83	3.90	10.40	15.18	13.46	24.11	39.40	25.87	16.00	21.61	15.60	8.65	4.99	199.18
1983-84	5.37	14.31	45.11	42.92	88.70	79.50	86.43	40.34	17.32	8.31	6.37	3.75	438.43
1984-85	2.65	5.70	17.57	62.03	44.66	61.09	50.04	23.69	10.85	5.54	2.88	1.76	288.46
1985-86	2.31	11.40	11.99	22.96	42.37	44.54	29.21	26.82	19.43	9.92	5.68	3.24	229.85
1986-87	7.46	7.16	13.15	27.89	30.09	77.67	60.37	31.64	18.03	8.52	4.50	2.44	288.92
1987-88	4.09	9.73	14.45	23.80	38.06	42.35	31.67	18.82	9.52	4.58	2.53	1.60	201.21
1988-89	1.40	11.45	24.92	15.07	21.61	42.26	29.16	22.74	12.12	9.00	4.35	2.62	196.71
1989-90	3.53	5.44	10.18	7.69	10.79	11.20	18.49	13.69	7.66	3.99	4.70	3.04	100.40
1990-91	2.85	13.14	69.46	71.47	62.00	59.18	67.74	45.73	16.35	8.30	7.11	3.70	427.02
1991-92	3.56	7.52	9.00	8.08	11.36	15.03	22.92	26.69	16.65	7.90	3.80	2.27	134.77
1992-93	2.07	2.42	5.29	6.38	18.88	25.22	20.14	25.19	12.05	5.50	2.95	1.76	127.85
1993-94	1.17	5.77	15.00	35.72	58.65	37.83	44.21	38.69	15.83	9.63	5.34	2.89	270.72
Μέση τιμή	6.07	12.80	24.97	37.24	46.29	50.08	41.67	28.26	15.15	8.23	4.94	3.22	278.90
Τυπ. απόκ.	6.66	18.16	20.05	26.55	19.57	22.05	17.48	11.30	4.82	2.68	1.87	1.06	103.64

Πίνακας Β.12: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2050 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	34.89	156.46	150.32	141.95	71.84	57.49	57.12	39.63	15.21	11.92	6.57	5.17	748.54
1967-68	4.16	4.20	27.13	100.10	76.48	65.66	34.13	33.33	22.67	9.20	5.44	3.59	386.09
1968-69	5.18	9.82	61.66	72.08	115.42	138.83	54.00	27.41	15.89	8.35	4.68	3.88	517.21
1969-70	2.95	6.31	90.15	114.75	96.57	108.23	46.02	35.49	20.55	12.69	6.98	4.51	545.20
1970-71	8.00	9.79	24.58	56.24	110.13	171.46	80.60	35.31	14.80	10.00	6.54	5.45	532.90
1971-72	6.71	19.89	28.25	56.10	73.71	58.07	72.32	45.93	19.75	16.16	10.52	7.93	415.35
1972-73	33.53	35.87	30.07	51.09	94.36	97.61	66.34	32.38	16.49	10.23	6.79	4.60	479.36
1973-74	8.19	14.66	39.84	42.67	89.95	82.76	100.31	53.33	23.56	9.83	5.31	4.36	474.78
1974-75	7.34	19.84	26.53	25.42	63.73	57.47	38.21	34.99	47.31	16.68	12.60	6.52	356.64
1975-76	7.24	17.02	49.92	60.62	95.66	66.17	61.74	34.30	19.79	11.56	6.90	4.16	435.09
1976-77	7.56	21.54	46.68	41.02	32.75	26.73	36.46	23.54	17.76	7.68	4.49	3.79	270.02
1977-78	2.99	8.07	24.38	76.65	91.32	65.28	75.75	30.51	13.24	6.55	3.84	5.07	403.65
1978-79	6.80	12.53	35.65	80.00	97.07	58.80	72.64	54.57	23.43	14.17	7.23	4.64	467.52
1979-80	13.90	36.76	69.06	99.11	74.75	99.27	62.25	45.79	25.06	10.70	5.71	3.71	546.07
Μέση τιμή	10.67	26.63	50.30	72.70	84.55	82.42	61.28	37.61	21.11	11.12	6.68	4.81	469.89
Τυπ. απόκ.	10.33	38.65	34.80	32.08	21.05	37.85	18.76	9.20	8.39	3.00	2.35	1.20	112.26

Πίνακας Β.13: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2050 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.91	105.08	98.96	91.41	47.67	37.69	35.98	24.08	7.99	5.38	2.59	1.84	481.56
1967-68	1.37	1.53	15.06	62.17	51.03	43.66	20.93	20.27	12.11	4.18	2.06	1.12	235.51
1968-69	1.63	3.55	34.40	45.23	69.90	92.16	33.16	16.17	8.10	3.58	1.63	1.19	310.73
1969-70	0.82	1.90	49.42	68.73	59.48	73.65	28.58	22.08	11.52	6.55	2.96	1.61	327.30
1970-71	3.23	3.97	11.73	30.69	68.26	118.98	55.62	21.75	7.75	4.62	2.66	2.05	331.31
1971-72	2.73	9.58	14.62	38.51	49.13	36.90	47.19	26.68	10.81	7.91	4.92	3.23	252.22
1972-73	19.15	21.06	17.59	31.25	59.66	65.74	42.07	18.59	8.40	4.57	2.73	1.54	292.36
1973-74	3.04	6.07	20.26	24.71	58.90	54.28	64.60	32.20	13.22	4.61	2.04	1.38	285.31
1974-75	2.27	7.58	11.30	11.60	39.97	34.80	22.73	19.85	29.16	8.92	6.42	2.74	197.34
1975-76	2.79	7.45	27.91	38.33	67.46	44.61	40.62	20.90	10.99	5.63	2.91	1.42	271.02
1976-77	2.79	9.91	23.27	21.20	17.05	13.74	19.66	12.26	8.60	3.16	1.50	1.15	134.29
1977-78	0.77	2.62	12.89	50.15	64.10	42.57	46.48	17.66	6.62	2.70	1.28	1.97	249.82
1978-79	3.28	7.32	22.65	48.30	59.28	35.01	42.52	33.03	13.32	7.53	3.16	1.67	277.07
1979-80	6.76	21.01	43.53	66.41	51.56	67.89	41.64	28.25	14.38	5.19	2.26	1.19	350.09
1980-81	10.01	26.35	69.59	134.13	78.65	43.24	40.30	21.56	8.38	3.71	2.03	1.62	439.58
1981-82	2.37	6.72	39.67	29.95	53.61	78.33	66.48	57.28	17.79	6.39	2.98	2.01	363.56
1982-83	1.99	8.75	16.48	13.71	23.83	47.70	28.39	15.58	17.16	11.86	5.85	3.17	194.46
1983-84	3.40	13.50	46.49	46.26	85.48	75.45	79.79	34.48	11.49	4.79	3.48	1.87	406.47
1984-85	1.03	3.16	12.25	59.60	42.68	64.76	50.41	19.22	7.49	3.16	1.42	0.73	265.92
1985-86	0.76	9.49	11.16	29.39	59.77	52.87	33.06	27.77	16.06	7.37	3.23	1.57	252.51
1986-87	3.89	3.80	9.62	25.22	25.57	82.06	55.80	28.14	13.13	5.52	2.54	1.19	256.47
1987-88	2.12	8.95	17.39	29.54	49.38	47.03	31.59	16.18	6.65	2.68	1.29	0.72	213.50
1988-89	0.61	12.00	25.64	13.63	24.04	42.18	30.39	19.95	9.23	6.39	2.67	1.40	188.14
1989-90	2.14	4.07	9.50	6.66	10.77	9.00	15.97	11.09	4.69	2.12	2.27	1.29	79.56
Μέση τιμή	4.24	12.73	27.56	42.37	50.72	54.35	40.58	23.54	11.46	5.35	2.79	1.65	277.34
Τυπ. απόκ.	5.58	20.67	21.65	28.44	19.23	24.63	15.86	9.51	5.12	2.26	1.31	0.65	91.72

Πίνακας Β.14: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2050 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	31.97	103.83	96.40	85.47	57.79	49.32	42.57	32.32	12.74	9.08	4.79	3.97	530.25
1967-68	3.41	4.57	18.08	57.91	55.11	52.49	28.12	28.31	16.86	6.90	3.96	2.48	278.20
1968-69	4.11	7.06	41.78	52.39	67.15	88.55	38.85	21.38	12.15	6.06	3.21	2.68	345.37
1969-70	1.97	3.05	31.94	48.47	50.13	65.34	30.17	27.43	15.46	9.49	4.82	3.16	291.42
1970-71	5.71	5.88	11.65	23.12	53.80	98.68	56.79	27.20	12.25	10.01	5.99	4.76	315.85
1971-72	5.76	11.08	14.55	36.59	54.09	39.22	48.43	27.63	13.38	12.12	9.14	6.14	278.13
1972-73	22.63	20.65	18.32	34.92	54.14	66.25	41.86	21.49	11.71	7.00	4.59	2.85	306.40
1973-74	4.89	7.55	19.21	25.59	57.46	60.40	63.24	34.30	17.78	7.66	4.05	2.87	304.99
1974-75	3.61	7.54	9.72	9.85	37.23	30.46	22.21	19.97	29.49	11.34	9.42	4.62	195.45
1975-76	4.30	8.36	24.03	33.52	65.29	48.92	46.52	26.42	14.94	8.44	4.93	2.79	288.46
1976-77	4.48	9.38	16.68	15.86	14.56	12.56	18.31	12.23	8.86	4.16	2.33	1.99	121.40
1977-78	1.46	2.88	11.26	45.56	59.04	43.02	46.61	22.51	10.31	4.96	2.72	4.04	254.39
1978-79	6.11	10.36	22.84	38.98	50.90	34.64	41.21	38.44	17.48	12.29	5.83	3.49	282.57
1979-80	10.89	23.48	40.99	62.63	61.28	76.09	52.60	34.58	19.61	8.28	4.31	2.62	397.37
1980-81	14.85	24.23	52.92	130.39	80.19	46.39	45.75	26.07	12.06	6.20	3.80	3.31	446.17
1981-82	4.26	9.08	30.02	26.90	54.48	81.77	76.47	71.40	25.23	10.43	5.49	3.97	399.51
1982-83	3.85	10.46	15.45	13.72	24.82	40.74	26.57	16.33	22.14	15.89	8.74	5.00	203.71
1983-84	5.39	14.61	46.69	44.32	91.85	81.95	88.99	41.11	17.46	8.30	6.35	3.71	450.73
1984-85	2.62	5.69	17.94	64.19	45.97	63.06	51.45	24.09	10.90	5.52	2.86	1.74	296.02
1985-86	2.27	11.54	12.22	23.66	43.89	46.05	30.02	27.54	19.84	10.03	5.70	3.24	235.98
1986-87	7.49	7.22	13.44	28.80	31.07	80.57	62.24	32.35	18.29	8.56	4.49	2.42	296.93
1987-88	4.05	9.81	14.74	24.50	39.35	43.76	32.59	19.23	9.63	4.59	2.53	1.59	206.37
1988-89	1.39	11.70	25.78	15.49	22.36	43.91	30.08	23.38	12.33	9.12	4.37	2.61	202.52
1989-90	3.52	5.48	10.40	7.85	11.10	11.54	19.18	14.10	7.82	4.03	4.74	3.05	102.81
1990-91	2.85	13.49	72.28	73.97	63.93	60.93	69.74	46.79	16.47	8.30	7.09	3.67	439.52
1991-92	3.52	7.53	9.10	8.19	11.62	15.46	23.69	27.55	17.03	7.99	3.81	2.26	137.76
1992-93	2.06	2.41	5.36	6.51	19.57	26.16	20.81	26.05	12.30	5.55	2.96	1.76	131.50
1993-94	1.17	5.85	15.48	37.14	60.94	39.02	45.67	39.80	16.04	9.70	5.34	2.88	279.01
Μέση τιμή	6.09	13.03	25.69	38.45	47.83	51.69	42.88	28.93	15.38	8.29	4.94	3.20	286.39
Τυπ. απόκ.	6.76	18.64	20.71	27.46	20.23	22.82	18.00	11.61	4.95	2.73	1.89	1.06	106.32

Πίνακας Β.15: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2050 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	34.35	150.52	145.04	137.27	70.10	56.04	55.47	38.63	15.08	11.81	6.55	5.17	726.03
1967-68	4.17	4.18	25.86	94.70	73.23	63.10	33.15	32.27	22.10	9.10	5.41	3.59	370.87
1968-69	5.14	9.54	58.17	68.52	110.06	133.13	52.58	26.92	15.70	8.31	4.67	3.89	496.64
1969-70	2.97	6.21	85.07	109.32	92.76	104.09	44.86	34.59	20.19	12.55	6.95	4.51	524.07
1970-71	7.91	9.56	23.46	53.26	104.61	163.97	78.06	34.63	14.71	9.96	6.53	5.46	512.14
1971-72	6.67	19.18	26.99	53.24	70.21	55.71	69.31	44.42	19.39	15.88	10.40	7.87	399.28
1972-73	32.26	34.39	28.89	48.69	89.91	93.55	64.02	31.63	16.27	10.14	6.76	4.60	461.11
1973-74	8.08	14.18	37.80	40.63	85.43	79.22	96.13	51.70	23.17	9.78	5.31	4.39	455.84
1974-75	7.29	19.13	25.38	24.33	60.45	54.94	36.81	33.72	45.47	16.38	12.41	6.48	342.79
1975-76	7.17	16.45	47.39	57.74	91.22	63.67	59.46	33.35	19.38	11.39	6.84	4.15	418.20
1976-77	7.43	20.59	44.19	39.11	31.37	25.67	34.81	22.73	17.25	7.56	4.45	3.79	258.97
1977-78	2.99	7.85	23.11	72.27	86.90	62.67	72.65	29.77	13.10	6.53	3.84	5.07	386.76
1978-79	6.70	12.10	33.75	75.67	92.51	56.63	69.72	52.67	22.97	13.97	7.19	4.63	448.50
1979-80	13.56	35.08	65.60	94.48	71.89	95.31	60.23	44.41	24.53	10.61	5.70	3.71	525.10
Μέση τιμή	10.48	25.64	47.91	69.23	80.76	79.12	59.09	36.53	20.67	11.00	6.64	4.81	451.88
Τυπ. απόκ.	10.02	37.15	33.46	30.86	19.95	36.17	17.92	8.84	7.98	2.92	2.30	1.18	109.30

Πίνακας Β.16: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2050 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.57	100.86	95.25	88.18	46.36	36.59	34.81	23.39	7.89	5.32	2.58	1.84	465.64
1967-68	1.37	1.52	14.21	58.42	48.55	41.73	20.23	19.51	11.75	4.11	2.04	1.12	224.56
1968-69	1.62	3.43	32.17	42.65	66.28	87.94	32.16	15.79	7.97	3.55	1.63	1.20	296.40
1969-70	0.82	1.87	46.25	65.02	56.78	70.44	27.73	21.39	11.26	6.44	2.93	1.61	312.54
1970-71	3.18	3.85	11.10	28.81	64.39	113.25	53.63	21.25	7.69	4.60	2.65	2.06	316.46
1971-72	2.71	9.17	13.85	36.23	46.53	35.23	45.00	25.71	10.56	7.74	4.84	3.19	240.77
1972-73	18.29	20.04	16.76	29.57	56.53	62.69	40.43	18.10	8.26	4.52	2.71	1.54	279.44
1973-74	2.99	5.83	19.06	23.29	55.55	51.66	61.63	31.08	12.94	4.57	2.03	1.38	272.01
1974-75	2.26	7.27	10.71	10.98	37.54	33.02	21.73	19.00	27.83	8.70	6.29	2.71	188.04
1975-76	2.76	7.16	26.28	36.22	63.95	42.73	38.94	20.23	10.71	5.52	2.87	1.41	258.78
1976-77	2.73	9.40	21.84	20.02	16.17	13.07	18.59	11.72	8.28	3.09	1.48	1.14	127.53
1977-78	0.77	2.53	12.05	46.87	60.63	40.68	44.40	17.15	6.52	2.69	1.28	1.96	237.52
1978-79	3.20	6.97	21.23	45.40	56.18	33.53	40.59	31.68	12.98	7.38	3.13	1.66	263.93
1979-80	6.54	19.88	41.05	62.96	49.33	64.94	40.13	27.29	14.02	5.12	2.25	1.19	334.69
1980-81	9.61	24.90	65.70	127.80	75.85	41.97	38.97	20.99	8.27	3.69	2.03	1.62	421.42
1981-82	2.34	6.45	37.25	28.42	50.79	74.57	63.72	55.07	17.44	6.34	2.98	2.02	347.39
1982-83	2.00	8.42	15.63	13.04	22.51	45.04	27.14	15.03	16.49	11.46	5.72	3.12	185.61
1983-84	3.33	12.82	43.73	43.88	81.26	72.29	76.58	33.50	11.35	4.77	3.47	1.87	388.83
1984-85	1.04	3.10	11.61	56.01	40.64	61.64	48.33	18.73	7.40	3.14	1.42	0.73	253.79
1985-86	0.77	9.00	10.54	27.53	56.30	50.29	31.71	26.68	15.57	7.22	3.19	1.57	240.39
1986-87	3.82	3.69	9.13	23.69	24.16	77.52	53.37	27.19	12.82	5.44	2.52	1.19	244.53
1987-88	2.10	8.55	16.40	27.80	46.63	44.74	30.26	15.66	6.52	2.66	1.28	0.71	203.32
1988-89	0.61	11.28	23.99	12.93	22.62	39.76	28.93	19.13	8.96	6.23	2.63	1.39	178.45
1989-90	2.10	3.92	8.96	6.31	10.12	8.49	14.96	10.51	4.52	2.06	2.21	1.27	75.44
Μέση τιμή	4.15	12.16	26.03	40.09	48.15	51.82	38.92	22.74	11.17	5.27	2.76	1.65	264.90
Τυπ. απόκ.	5.42	19.82	20.67	27.15	18.33	23.44	15.21	9.15	4.88	2.18	1.28	0.64	88.56

Πίνακας Β.17: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2050 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	31.52	100.17	93.08	82.63	56.14	47.88	41.31	31.44	12.61	9.01	4.78	3.98	514.54
1967-68	3.41	4.53	17.34	54.83	52.53	50.18	27.17	27.27	16.41	6.83	3.94	2.48	266.92
1968-69	4.08	6.88	39.51	49.70	63.87	84.46	37.59	20.85	11.95	6.02	3.21	2.69	330.81
1969-70	1.98	3.03	30.27	45.93	47.71	62.23	29.14	26.45	15.07	9.33	4.78	3.15	279.07
1970-71	5.63	5.76	11.19	21.95	50.82	93.57	54.48	26.44	12.07	9.87	5.94	4.74	302.47
1971-72	5.70	10.75	13.99	34.69	51.34	37.53	46.24	26.68	13.09	11.85	8.98	6.06	266.90
1972-73	21.78	19.85	17.60	33.19	51.43	63.12	40.23	20.90	11.50	6.92	4.56	2.85	293.93
1973-74	4.84	7.35	18.30	24.30	54.32	57.46	60.34	33.11	17.37	7.59	4.04	2.88	291.90
1974-75	3.61	7.37	9.40	9.49	35.20	29.03	21.29	19.15	28.18	11.06	9.22	4.57	187.58
1975-76	4.25	8.11	22.84	31.80	61.83	46.74	44.52	25.54	14.57	8.30	4.87	2.78	276.14
1976-77	4.41	9.04	15.88	15.12	13.88	11.99	17.35	11.72	8.56	4.07	2.30	1.98	116.31
1977-78	1.46	2.83	10.69	42.73	55.78	41.01	44.44	21.78	10.12	4.92	2.72	4.01	242.48
1978-79	5.99	9.98	21.68	36.87	48.26	33.13	39.29	36.78	17.00	12.01	5.76	3.48	270.22
1979-80	10.60	22.45	38.91	59.46	58.51	72.71	50.62	33.45	19.14	8.20	4.31	2.62	380.97
1980-81	14.41	23.23	50.25	123.91	77.13	44.94	44.20	25.39	11.91	6.18	3.80	3.32	428.68
1981-82	4.24	8.84	28.54	25.67	51.65	77.74	73.14	68.55	24.73	10.37	5.49	3.99	382.96
1982-83	3.87	10.22	14.90	13.23	23.65	38.68	25.48	15.79	21.26	15.38	8.55	4.94	195.94
1983-84	5.29	14.01	44.13	42.15	87.18	78.38	85.29	39.93	17.20	8.26	6.33	3.72	431.89
1984-85	2.63	5.62	17.22	60.78	43.96	60.14	49.36	23.45	10.77	5.50	2.87	1.76	284.05
1985-86	2.29	11.16	11.75	22.47	41.52	43.76	28.78	26.43	19.17	9.82	5.62	3.22	225.99
1986-87	7.34	7.03	12.88	27.29	29.52	76.24	59.48	31.26	17.84	8.46	4.47	2.43	284.26
1987-88	4.04	9.55	14.16	23.31	37.32	41.62	31.20	18.58	9.42	4.55	2.52	1.59	197.85
1988-89	1.39	11.19	24.35	14.79	21.19	41.43	28.69	22.40	11.98	8.89	4.31	2.60	193.22
1989-90	3.48	5.34	9.96	7.54	10.56	10.98	18.10	13.44	7.55	3.94	4.63	3.00	98.52
1990-91	2.80	12.82	67.85	70.19	61.07	58.37	66.83	45.19	16.23	8.25	7.06	3.67	420.34
1991-92	3.53	7.40	8.84	7.94	11.15	14.75	22.47	26.20	16.40	7.81	3.76	2.25	132.50
1992-93	2.05	2.38	5.18	6.24	18.42	24.66	19.76	24.71	11.88	5.44	2.92	1.75	125.41
1993-94	1.17	5.64	14.63	34.88	57.48	37.23	43.51	38.12	15.67	9.54	5.29	2.87	266.03
Μέση τιμή	5.99	12.59	24.48	36.54	45.48	49.28	41.08	27.89	14.99	8.16	4.89	3.19	274.57
Τυπ. απόκ.	6.59	17.96	19.74	26.13	19.28	21.71	17.26	11.16	4.75	2.64	1.84	1.05	102.48

Πίνακας Β.18: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2050 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	33.50	143.18	139.21	132.53	68.58	54.79	53.69	36.74	14.18	10.67	5.92	4.49	697.46
1967-68	3.52	3.40	20.36	82.05	66.99	58.89	31.32	29.91	20.09	8.39	4.94	3.25	333.10
1968-69	4.16	7.39	48.07	60.75	101.28	125.42	50.35	25.43	14.50	7.63	4.31	3.43	452.73
1969-70	2.57	4.85	71.38	99.03	86.79	98.62	43.06	32.54	18.60	11.30	6.25	4.01	479.00
1970-71	6.26	7.50	18.74	45.38	94.40	153.43	74.72	32.72	13.68	8.99	5.80	4.64	466.25
1971-72	5.32	14.96	22.18	46.04	63.44	51.52	64.16	41.00	17.74	13.90	8.95	6.59	355.79
1972-73	25.33	28.59	24.90	43.00	82.15	87.78	60.74	29.60	14.95	9.12	5.95	4.00	416.11
1973-74	6.32	11.00	30.91	35.16	76.94	73.62	90.40	48.52	21.34	9.03	4.91	3.82	412.00
1974-75	5.69	14.73	20.62	20.61	53.10	50.06	33.96	30.76	40.48	14.80	10.72	5.69	301.23
1975-76	5.83	12.76	38.97	50.55	83.05	59.60	55.80	31.14	17.81	10.33	6.16	3.75	375.75
1976-77	6.03	16.46	37.35	34.64	28.48	23.60	31.99	20.81	15.41	6.91	4.07	3.25	229.01
1977-78	2.52	5.92	18.01	61.60	78.59	58.26	67.92	27.86	12.13	6.06	3.58	4.20	346.63
1978-79	5.29	9.43	27.60	66.26	84.76	53.11	65.46	49.25	21.23	12.59	6.51	4.15	405.63
1979-80	10.61	28.34	56.60	85.62	67.17	90.00	57.55	42.09	22.84	9.85	5.29	3.41	479.37
Μέση τιμή	8.78	22.04	41.06	61.66	73.98	74.19	55.79	34.17	18.93	9.97	5.96	4.19	410.72
Τυπ. απόκ.	9.10	35.72	32.39	29.78	18.32	34.09	16.94	8.36	7.01	2.53	1.89	0.95	109.50

Πίνακας Β.19: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2050 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.01	95.62	91.14	84.92	45.20	35.65	33.55	22.07	7.33	4.71	2.25	1.52	445.98
1967-68	1.07	1.12	10.74	49.72	43.83	38.57	18.92	17.86	10.50	3.70	1.81	0.97	198.82
1968-69	1.22	2.47	25.74	37.00	60.23	82.15	30.56	14.75	7.25	3.19	1.46	1.00	267.00
1969-70	0.66	1.34	37.70	57.77	52.41	66.10	26.39	19.89	10.20	5.64	2.55	1.36	282.03
1970-71	2.34	2.81	8.41	23.73	57.03	105.02	50.98	19.90	7.05	4.05	2.27	1.64	285.23
1971-72	1.99	6.77	10.88	30.64	41.54	32.26	41.28	23.47	9.49	6.60	3.98	2.53	211.43
1972-73	13.76	16.09	14.01	25.60	51.04	58.33	38.10	16.77	7.46	3.96	2.29	1.27	248.67
1973-74	2.17	4.23	14.91	19.49	49.19	47.49	57.50	28.90	11.75	4.14	1.83	1.16	242.77
1974-75	1.65	5.24	8.18	8.79	32.03	29.49	19.68	17.00	24.26	7.68	5.22	2.27	161.49
1975-76	2.10	5.21	20.78	30.89	57.48	39.64	36.25	18.68	9.68	4.89	2.50	1.22	229.34
1976-77	2.08	7.13	17.75	17.14	14.25	11.69	16.69	10.47	7.19	2.73	1.30	0.91	109.34
1977-78	0.60	1.75	8.95	39.22	54.30	37.55	41.23	15.88	5.94	2.44	1.16	1.50	210.50
1978-79	2.33	5.15	16.97	39.20	50.92	31.13	37.76	29.30	11.81	6.49	2.75	1.43	235.22
1979-80	4.83	15.47	34.65	56.35	45.68	60.98	38.13	25.69	12.89	4.68	2.04	1.06	302.46
1980-81	7.21	19.82	56.91	117.66	72.02	40.24	37.07	19.78	7.63	3.35	1.79	1.32	384.79
1981-82	1.74	4.72	30.33	24.71	45.74	69.25	60.02	51.44	16.00	5.73	2.64	1.68	314.00
1982-83	1.52	6.12	12.17	10.68	19.16	40.10	24.68	13.54	14.35	9.75	4.79	2.56	159.42
1983-84	2.53	9.65	36.28	38.79	74.58	68.08	72.65	31.48	10.45	4.32	2.94	1.56	353.31
1984-85	0.86	2.23	8.75	47.46	36.55	56.88	45.10	17.26	6.67	2.81	1.28	0.66	226.51
1985-86	0.60	6.56	8.17	22.87	49.90	46.24	29.41	24.36	13.91	6.34	2.79	1.36	212.49
1986-87	2.79	2.70	6.85	19.22	20.75	69.99	49.68	25.26	11.62	4.86	2.22	1.05	216.99
1987-88	1.55	6.20	12.80	23.26	41.23	40.92	28.04	14.38	5.90	2.40	1.15	0.63	178.48
1988-89	0.50	8.46	19.58	11.08	19.81	35.88	26.59	17.43	8.03	5.35	2.28	1.18	156.16
1989-90	1.56	2.81	6.71	4.93	8.17	7.08	12.75	9.06	3.91	1.79	1.74	0.99	61.51
Μέση τιμή	3.32	9.99	21.64	35.05	43.46	47.94	36.38	21.03	10.05	4.65	2.38	1.37	237.25
Τυπ. απόκ.	4.87	18.86	19.41	25.48	17.19	21.92	14.54	8.66	4.28	1.85	1.04	0.50	85.32

Πίνακας Β.20: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2050 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	30.80	95.59	89.32	79.70	54.60	46.57	39.93	29.84	11.76	8.07	4.24	3.34	493.76
1967-68	2.75	3.48	13.45	46.15	46.63	45.67	25.11	24.81	14.69	6.11	3.46	2.14	234.45
1968-69	3.13	5.15	31.69	42.80	57.23	77.72	35.25	19.32	10.82	5.38	2.86	2.26	293.61
1969-70	1.62	2.30	23.77	38.99	42.30	56.58	27.03	24.15	13.53	8.16	4.17	2.67	245.27
1970-71	4.29	4.37	8.56	17.63	43.43	84.25	50.54	24.36	10.91	8.54	5.06	3.86	265.80
1971-72	4.38	8.15	10.97	28.67	44.78	33.73	41.79	24.16	11.68	10.10	7.43	4.93	230.77
1972-73	16.79	16.01	14.58	28.23	45.50	57.57	37.35	19.18	10.32	6.07	3.89	2.40	257.88
1973-74	3.68	5.51	14.23	19.96	47.01	51.74	55.43	30.47	15.64	6.77	3.56	2.43	256.42
1974-75	2.77	5.41	7.08	7.37	28.87	25.05	18.70	16.76	24.22	9.65	7.66	3.84	157.38
1975-76	3.37	6.08	17.78	26.34	53.96	42.30	40.68	23.32	13.10	7.34	4.25	2.42	240.94
1976-77	3.49	6.99	12.68	12.53	11.79	10.35	15.08	10.25	7.36	3.55	2.01	1.61	97.69
1977-78	1.16	2.03	7.78	34.53	48.41	36.83	40.36	19.83	9.08	4.39	2.41	3.15	209.97
1978-79	4.50	7.56	17.21	31.02	42.45	29.94	35.75	33.48	15.35	10.48	5.03	2.98	235.75
1979-80	8.08	17.65	32.42	52.08	53.04	67.25	47.52	31.31	17.57	7.44	3.86	2.31	340.55
1980-81	11.09	18.55	42.42	111.25	71.84	42.43	41.58	23.81	10.94	5.57	3.35	2.76	385.60
1981-82	3.30	6.70	22.84	21.70	45.25	70.67	67.86	63.51	22.59	9.29	4.83	3.36	341.90
1982-83	3.06	7.66	11.58	10.67	19.66	33.52	22.63	13.99	18.32	13.10	7.23	4.14	165.57
1983-84	4.18	10.74	36.22	36.59	78.52	72.73	80.06	37.35	15.77	7.43	5.43	3.17	388.16
1984-85	2.18	4.25	13.31	51.24	39.08	54.68	45.51	21.45	9.66	4.87	2.54	1.54	250.30
1985-86	1.77	8.16	9.03	18.09	35.34	38.78	25.94	23.63	16.88	8.57	4.83	2.74	193.76
1986-87	5.53	5.33	9.90	22.13	25.14	67.78	54.57	28.80	16.07	7.51	3.93	2.14	248.83
1987-88	3.07	7.02	10.85	18.79	31.67	36.70	28.07	16.70	8.38	4.04	2.23	1.40	168.91
1988-89	1.15	8.32	19.40	12.38	18.04	36.38	25.85	20.10	10.63	7.65	3.74	2.23	165.87
1989-90	2.70	3.97	7.51	5.89	8.40	8.99	15.17	11.47	6.47	3.39	3.69	2.39	80.04
1990-91	2.14	9.44	56.07	62.15	55.78	54.21	62.43	41.96	14.87	7.38	5.96	3.13	375.54
1991-92	2.82	5.55	6.77	6.23	8.91	12.16	19.07	22.59	14.15	6.74	3.29	1.94	110.22
1992-93	1.65	1.80	3.75	4.63	14.40	20.45	16.94	21.28	10.31	4.75	2.56	1.53	104.06
1993-94	1.00	4.10	11.09	28.55	50.04	33.59	39.56	34.60	14.11	8.34	4.57	2.48	232.04
Μέση τιμή	4.87	10.28	20.08	31.30	40.07	44.59	37.71	25.45	13.40	7.17	4.22	2.69	241.82
Τυπ. απόκ.	6.05	17.25	18.24	23.98	17.99	20.20	16.48	10.55	4.20	2.26	1.50	0.84	97.75

Πίνακας Β.21: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2100 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	35.47	161.91	154.72	145.60	73.04	58.49	58.47	40.88	15.71	12.58	6.92	5.57	769.35
1967-68	4.54	4.67	30.74	108.29	80.43	68.38	35.25	34.81	23.89	9.60	5.70	3.79	410.08
1968-69	5.79	11.21	68.29	77.02	121.21	144.12	55.43	28.27	16.57	8.73	4.87	4.15	545.65
1969-70	3.18	7.18	99.17	121.40	100.48	111.98	47.17	36.75	21.47	13.41	7.38	4.78	574.35
1970-71	9.03	11.08	27.60	61.28	116.79	178.64	82.85	36.43	15.35	10.53	6.94	5.92	562.46
1971-72	7.52	22.59	31.26	60.67	78.04	60.74	75.70	48.07	20.71	17.33	11.37	8.69	442.70
1972-73	37.94	39.42	32.46	54.63	99.39	101.47	68.53	33.59	17.25	10.81	7.25	4.94	507.68
1973-74	9.30	16.69	44.26	46.08	95.45	86.43	104.23	55.34	24.62	10.24	5.53	4.69	502.87
1974-75	8.34	22.67	29.51	27.68	68.40	60.56	39.98	36.84	50.45	17.59	13.60	6.97	382.59
1975-76	8.06	19.37	55.27	65.09	100.90	68.77	64.14	35.66	20.71	12.17	7.29	4.39	461.82
1976-77	8.44	24.23	51.11	43.83	34.55	28.02	38.32	24.74	18.88	8.05	4.70	4.11	288.99
1977-78	3.28	9.36	27.77	83.59	96.67	68.11	78.91	31.64	13.78	6.80	3.98	5.59	429.49
1978-79	7.68	14.25	39.64	86.09	102.14	61.06	75.52	56.79	24.45	14.96	7.61	4.91	495.12
1979-80	15.77	41.07	74.76	104.79	77.78	102.89	64.07	47.31	26.08	11.12	5.93	3.87	575.45
Μέση τιμή	11.74	28.98	54.75	77.57	88.95	85.69	63.47	39.08	22.14	11.71	7.08	5.17	496.33
Τυπ. απόκ.	11.03	39.78	35.77	33.04	22.23	39.33	19.48	9.55	9.03	3.24	2.59	1.34	112.92

Πίνακας Β.22: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδες κατά το 2100 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Έτος
1966-67	23.29	108.98	102.06	93.92	48.59	38.45	36.93	24.96	8.31	5.73	2.78	2.04	496.03
1967-68	1.56	1.79	17.41	67.90	54.05	45.72	21.74	21.32	12.87	4.41	2.19	1.21	252.17
1968-69	1.89	4.21	38.75	48.89	73.90	96.14	34.18	16.79	8.52	3.78	1.73	1.31	330.08
1969-70	0.92	2.25	55.19	73.46	62.34	76.63	29.44	23.02	12.15	7.01	3.18	1.75	347.34
1970-71	3.78	4.66	13.52	34.01	73.08	124.57	57.41	22.54	8.10	4.93	2.88	2.30	351.78
1971-72	3.19	11.17	16.54	42.14	52.35	38.81	49.65	28.08	11.44	8.59	5.43	3.63	271.03
1972-73	22.12	23.54	19.27	33.76	63.24	68.66	43.63	19.40	8.86	4.89	2.98	1.70	312.05
1973-74	3.57	7.14	23.01	27.14	63.07	57.03	67.43	33.58	13.92	4.85	2.15	1.51	304.41
1974-75	2.66	8.94	12.96	12.99	43.56	37.06	24.02	21.11	31.44	9.52	7.07	3.00	214.33
1975-76	3.21	8.75	31.51	41.70	71.63	46.59	42.39	21.86	11.60	6.00	3.13	1.53	289.88
1976-77	3.21	11.44	25.97	23.04	18.26	14.61	20.92	13.05	9.28	3.37	1.61	1.28	146.06
1977-78	0.88	3.17	15.05	55.26	68.25	44.60	48.61	18.43	6.94	2.84	1.35	2.25	267.63
1978-79	3.85	8.54	25.48	52.37	62.75	36.56	44.44	34.59	14.02	8.07	3.39	1.81	295.86
1979-80	7.89	23.92	47.66	70.68	53.92	70.61	43.01	29.30	15.06	5.44	2.38	1.26	371.12
1980-81	11.61	29.68	75.29	140.86	81.20	44.39	41.58	22.32	8.75	3.91	2.17	1.79	463.56
1981-82	2.75	7.87	44.24	32.28	56.91	81.95	69.03	59.71	18.63	6.73	3.17	2.21	385.48
1982-83	2.29	10.27	18.73	15.18	25.95	50.93	29.94	16.49	18.50	12.91	6.41	3.50	211.10
1983-84	3.90	15.60	51.32	49.47	89.90	78.33	82.57	35.76	12.00	5.04	3.79	2.04	429.71
1984-85	1.14	3.73	14.16	65.21	45.26	67.94	52.55	20.09	7.89	3.34	1.50	0.77	283.60
1985-86	0.87	11.18	12.72	32.47	64.01	55.56	34.55	29.25	17.07	7.90	3.47	1.70	270.74
1986-87	4.56	4.45	11.13	28.13	27.72	87.07	58.24	29.35	13.83	5.85	2.71	1.27	274.31
1987-88	2.48	10.54	19.75	32.47	52.88	49.52	33.03	16.97	7.01	2.83	1.36	0.76	229.59
1988-89	0.68	13.97	28.60	14.79	25.89	44.81	31.94	21.04	9.79	6.93	2.88	1.52	202.83
1989-90	2.49	4.82	11.02	7.54	12.05	9.90	17.42	12.01	5.05	2.27	2.56	1.46	88.60
Μέση τιμή	4.78	14.19	30.47	45.65	53.78	56.93	42.28	24.63	12.13	5.72	3.01	1.82	295.39
Τυπ. απόκ.	6.01	21.41	22.60	29.66	20.05	25.71	16.36	9.85	5.52	2.47	1.46	0.73	94.17

Πίνακας Β.23: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2100 και υπό το RCP2.6 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	32.45	107.22	99.24	87.73	59.00	50.36	43.61	33.39	13.22	9.62	5.09	4.34	545.26
1967-68	3.79	5.22	20.57	63.46	58.81	55.35	29.37	29.84	17.88	7.30	4.23	2.67	298.49
1968-69	4.69	8.16	46.85	56.73	71.38	92.98	40.29	22.27	12.79	6.41	3.40	2.92	368.86
1969-70	2.17	3.50	36.19	52.86	53.54	68.99	31.45	28.85	16.36	10.17	5.17	3.43	312.68
1970-71	6.54	6.74	13.32	25.86	58.52	104.76	59.30	28.43	12.90	10.78	6.49	5.28	338.92
1971-72	6.56	12.71	16.42	40.37	58.21	41.56	51.26	29.16	14.19	13.16	10.07	6.80	300.46
1972-73	25.79	22.98	20.13	37.99	57.86	69.81	43.68	22.50	12.38	7.49	4.97	3.11	328.69
1973-74	5.61	8.72	21.81	28.30	62.13	64.05	66.44	35.92	18.78	8.12	4.31	3.13	327.34
1974-75	4.12	8.79	11.18	11.15	41.24	32.88	23.78	21.43	31.96	12.17	10.36	5.05	214.11
1975-76	4.84	9.65	27.27	36.93	70.27	51.68	48.94	27.76	15.79	8.99	5.28	2.99	310.40
1976-77	5.04	10.69	18.73	17.47	15.85	13.56	19.75	13.14	9.59	4.47	2.50	2.21	133.00
1977-78	1.64	3.41	13.24	50.97	63.76	45.65	49.24	23.68	10.89	5.26	2.89	4.56	275.20
1978-79	7.05	11.91	25.70	42.69	54.59	36.62	43.48	40.55	18.46	13.19	6.25	3.78	304.25
1979-80	12.49	26.53	45.07	67.28	64.72	79.66	54.62	35.92	20.54	8.70	4.56	2.79	422.86
1980-81	16.96	27.17	57.87	138.57	83.55	47.94	47.43	27.02	12.60	6.53	4.04	3.62	473.32
1981-82	4.82	10.43	33.65	29.35	58.56	86.38	79.96	74.69	26.47	11.02	5.85	4.33	425.52
1982-83	4.32	12.06	17.49	15.25	27.28	43.96	28.29	17.40	23.97	17.27	9.52	5.47	222.29
1983-84	6.08	16.71	51.75	47.77	97.46	85.63	92.52	42.70	18.26	8.75	6.85	4.03	478.51
1984-85	2.87	6.53	20.42	70.25	48.96	66.55	53.91	25.26	11.51	5.87	3.03	1.86	317.04
1985-86	2.58	13.49	13.92	26.43	47.80	49.19	31.76	29.28	21.22	10.76	6.16	3.51	256.09
1986-87	8.64	8.27	15.32	32.05	33.77	86.03	65.38	33.84	19.32	9.09	4.80	2.58	319.10
1987-88	4.65	11.44	16.83	27.32	42.88	46.83	34.52	20.34	10.22	4.88	2.68	1.70	224.29
1988-89	1.53	13.61	29.00	16.96	24.34	47.19	31.88	24.82	13.13	9.86	4.70	2.83	219.86
1989-90	4.01	6.37	11.99	8.87	12.45	12.78	21.05	15.32	8.47	4.35	5.32	3.42	114.40
1990-91	3.27	15.77	80.00	79.08	67.28	63.62	72.67	48.83	17.23	8.78	7.72	3.97	468.23
1991-92	3.94	8.68	10.38	9.22	12.98	17.05	25.82	29.82	18.40	8.61	4.09	2.44	151.44
1992-93	2.30	2.78	6.30	7.55	22.19	28.85	22.57	28.23	13.24	5.95	3.17	1.89	145.04
1993-94	1.26	6.89	17.83	41.28	65.75	41.30	48.22	42.04	16.95	10.39	5.76	3.10	300.76
Μέση τιμή	6.79	14.52	28.52	41.78	51.26	54.69	45.04	30.44	16.31	8.85	5.33	3.49	307.01
Τυπ. απόκ.	7.18	19.20	21.83	28.93	21.13	23.87	18.57	12.04	5.32	2.97	2.09	1.19	109.74

Πίνακας Β.24: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2100 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	34.10	149.39	144.68	137.33	70.34	56.25	55.39	37.88	14.43	10.93	6.03	4.59	721.33
1967-68	3.61	3.52	22.12	88.48	70.81	61.81	32.49	31.20	20.89	8.59	5.04	3.31	351.86
1968-69	4.33	7.91	52.38	65.01	107.34	131.66	51.98	26.11	14.86	7.77	4.38	3.49	477.21
1969-70	2.62	5.12	77.58	105.34	91.11	103.14	44.39	33.65	19.15	11.62	6.39	4.09	504.17
1970-71	6.56	7.96	20.30	49.04	100.74	161.66	77.52	33.63	13.93	9.17	5.92	4.75	491.17
1971-72	5.54	16.11	23.90	49.54	67.52	54.24	67.59	42.85	18.31	14.42	9.26	6.83	376.11
1972-73	27.30	30.66	26.51	45.92	87.23	92.26	63.31	30.58	15.35	9.35	6.10	4.09	438.66
1973-74	6.65	11.82	33.56	37.72	82.15	77.62	94.97	50.45	21.97	9.20	4.98	3.89	434.99
1974-75	5.95	15.90	22.25	22.08	57.02	53.04	35.64	32.31	42.79	15.31	11.13	5.86	319.29
1975-76	6.08	13.72	42.26	54.11	88.19	62.46	58.39	32.32	18.41	10.64	6.31	3.83	396.71
1976-77	6.33	17.79	40.42	36.97	30.14	24.86	33.86	21.81	16.12	7.12	4.16	3.34	242.93
1977-78	2.59	6.35	19.72	66.86	83.73	61.27	71.39	28.82	12.41	6.16	3.62	4.33	367.24
1978-79	5.56	10.14	30.03	71.37	89.95	55.60	68.70	51.44	21.90	12.97	6.66	4.23	428.55
1979-80	11.29	30.65	60.88	91.01	70.45	94.32	59.77	43.66	23.56	10.05	5.37	3.46	504.48
Μέση τιμή	9.18	23.36	44.04	65.77	78.34	77.87	58.24	35.48	19.58	10.24	6.10	4.29	432.48
Τυπ. απόκ.	9.46	37.23	33.69	30.97	19.49	35.89	17.82	8.74	7.51	2.65	1.99	1.00	112.05

Πίνακας Β.25: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2100 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.39	100.02	94.98	88.23	46.53	36.75	34.76	22.87	7.50	4.85	2.31	1.56	462.76
1967-68	1.12	1.18	11.87	54.14	46.73	40.77	19.77	18.78	11.00	3.83	1.86	0.99	212.03
1968-69	1.29	2.69	28.45	40.06	64.32	86.77	31.72	15.25	7.47	3.27	1.49	1.03	283.80
1969-70	0.68	1.44	41.51	62.08	55.48	69.61	27.37	20.72	10.59	5.86	2.63	1.40	299.38
1970-71	2.49	3.04	9.27	26.02	61.47	111.33	53.18	20.55	7.21	4.16	2.33	1.70	302.74
1971-72	2.11	7.41	11.92	33.37	44.56	34.19	43.75	24.67	9.87	6.91	4.17	2.66	225.59
1972-73	15.05	17.49	15.11	27.62	54.60	61.70	39.91	17.41	7.71	4.09	2.37	1.31	264.38
1973-74	2.32	4.63	16.46	21.23	53.04	50.44	60.76	30.22	12.18	4.25	1.87	1.19	258.58
1974-75	1.74	5.75	9.00	9.61	34.90	31.59	20.87	18.04	25.91	8.02	5.49	2.37	173.29
1975-76	2.22	5.70	22.86	33.48	61.52	41.80	38.15	19.51	10.08	5.08	2.59	1.26	244.26
1976-77	2.21	7.83	19.50	18.57	15.30	12.49	17.91	11.12	7.62	2.85	1.35	0.95	117.72
1977-78	0.62	1.92	10.01	43.07	58.30	39.72	43.56	16.53	6.12	2.50	1.18	1.58	225.11
1978-79	2.51	5.67	18.72	42.59	54.43	32.82	39.89	30.84	12.29	6.75	2.84	1.47	250.82
1979-80	5.22	16.98	37.68	60.36	48.23	64.20	39.79	26.78	13.38	4.81	2.09	1.08	320.62
1980-81	7.85	21.70	61.53	124.78	75.12	41.66	38.53	20.47	7.83	3.42	1.83	1.36	406.08
1981-82	1.84	5.15	33.29	26.59	48.96	73.37	63.04	53.92	16.53	5.87	2.69	1.73	332.97
1982-83	1.59	6.68	13.34	11.58	20.77	43.13	26.15	14.25	15.23	10.33	5.04	2.68	170.78
1983-84	2.69	10.60	39.65	41.63	79.31	71.54	76.09	32.65	10.72	4.41	3.03	1.60	373.94
1984-85	0.88	2.39	9.64	51.72	38.97	60.35	47.44	17.92	6.87	2.88	1.31	0.67	241.04
1985-86	0.62	7.26	9.00	25.09	53.87	49.14	30.96	25.67	14.59	6.60	2.88	1.40	227.07
1986-87	2.99	2.91	7.54	21.11	22.46	75.08	52.40	26.40	12.08	5.02	2.28	1.08	231.35
1987-88	1.64	6.82	14.10	25.39	44.42	43.53	29.56	15.04	6.11	2.47	1.18	0.65	190.92
1988-89	0.51	9.41	21.57	11.96	21.45	38.57	28.24	18.40	8.40	5.62	2.37	1.22	167.72
1989-90	1.66	3.07	7.43	5.40	8.98	7.72	13.92	9.77	4.15	1.88	1.86	1.05	66.90
Μέση τιμή	3.51	10.74	23.52	37.74	46.41	50.76	38.24	21.99	10.48	4.82	2.46	1.42	252.08
Τυπ. απόκ.	5.06	19.73	20.43	26.85	18.14	23.19	15.22	9.05	4.56	1.97	1.10	0.53	88.59

Πίνακας Β.26: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2100 και υπό το RCP4.5 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	22.39	100.02	94.98	88.23	46.53	36.75	34.76	22.87	7.50	4.85	2.31	1.56	462.76
1967-68	1.12	1.18	11.87	54.14	46.73	40.77	19.77	18.78	11.00	3.83	1.86	0.99	212.03
1968-69	1.29	2.69	28.45	40.06	64.32	86.77	31.72	15.25	7.47	3.27	1.49	1.03	283.80
1969-70	0.68	1.44	41.51	62.08	55.48	69.61	27.37	20.72	10.59	5.86	2.63	1.40	299.38
1970-71	2.49	3.04	9.27	26.02	61.47	111.33	53.18	20.55	7.21	4.16	2.33	1.70	302.74
1971-72	2.11	7.41	11.92	33.37	44.56	34.19	43.75	24.67	9.87	6.91	4.17	2.66	225.59
1972-73	15.05	17.49	15.11	27.62	54.60	61.70	39.91	17.41	7.71	4.09	2.37	1.31	264.38
1973-74	2.32	4.63	16.46	21.23	53.04	50.44	60.76	30.22	12.18	4.25	1.87	1.19	258.58
1974-75	1.74	5.75	9.00	9.61	34.90	31.59	20.87	18.04	25.91	8.02	5.49	2.37	173.29
1975-76	2.22	5.70	22.86	33.48	61.52	41.80	38.15	19.51	10.08	5.08	2.59	1.26	244.26
1976-77	2.21	7.83	19.50	18.57	15.30	12.49	17.91	11.12	7.62	2.85	1.35	0.95	117.72
1977-78	0.62	1.92	10.01	43.07	58.30	39.72	43.56	16.53	6.12	2.50	1.18	1.58	225.11
1978-79	2.51	5.67	18.72	42.59	54.43	32.82	39.89	30.84	12.29	6.75	2.84	1.47	250.82
1979-80	5.22	16.98	37.68	60.36	48.23	64.20	39.79	26.78	13.38	4.81	2.09	1.08	320.62
1980-81	7.85	21.70	61.53	124.78	75.12	41.66	38.53	20.47	7.83	3.42	1.83	1.36	406.08
1981-82	1.84	5.15	33.29	26.59	48.96	73.37	63.04	53.92	16.53	5.87	2.69	1.73	332.97
1982-83	1.59	6.68	13.34	11.58	20.77	43.13	26.15	14.25	15.23	10.33	5.04	2.68	170.78
1983-84	2.69	10.60	39.65	41.63	79.31	71.54	76.09	32.65	10.72	4.41	3.03	1.60	373.94
1984-85	0.88	2.39	9.64	51.72	38.97	60.35	47.44	17.92	6.87	2.88	1.31	0.67	241.04
1985-86	0.62	7.26	9.00	25.09	53.87	49.14	30.96	25.67	14.59	6.60	2.88	1.40	227.07
1986-87	2.99	2.91	7.54	21.11	22.46	75.08	52.40	26.40	12.08	5.02	2.28	1.08	231.35
1987-88	1.64	6.82	14.10	25.39	44.42	43.53	29.56	15.04	6.11	2.47	1.18	0.65	190.92
1988-89	0.51	9.41	21.57	11.96	21.45	38.57	28.24	18.40	8.40	5.62	2.37	1.22	167.72
1989-90	1.66	3.07	7.43	5.40	8.98	7.72	13.92	9.77	4.15	1.88	1.86	1.05	66.90
Μέση τιμή	3.51	10.74	23.52	37.74	46.41	50.76	38.24	21.99	10.48	4.82	2.46	1.42	252.08
Τυπ. απόκ.	5.06	19.73	20.43	26.85	18.14	23.19	15.22	9.05	4.56	1.97	1.10	0.53	88.59

Πίνακας Β.27: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2100 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	32.85	137.51	134.59	128.72	67.31	53.75	52.26	35.29	13.55	9.90	5.51	4.07	675.30
1967-68	3.13	2.93	16.85	72.84	62.11	55.51	29.85	28.11	18.63	7.89	4.64	3.04	305.54
1968-69	3.59	6.11	41.18	54.93	94.38	119.21	48.53	24.30	13.65	7.16	4.08	3.14	420.27
1969-70	2.33	4.05	61.93	91.14	82.01	94.19	41.59	30.97	17.45	10.46	5.79	3.70	445.63
1970-71	5.28	6.24	15.66	39.73	86.53	144.97	71.96	31.25	12.96	8.34	5.33	4.14	432.40
1971-72	4.52	12.32	18.89	40.77	58.19	48.20	60.13	38.40	16.57	12.57	8.00	5.79	324.36
1972-73	20.91	24.56	21.99	38.69	76.02	83.07	58.06	28.06	14.01	8.43	5.44	3.63	382.88
1973-74	5.29	9.05	26.24	31.16	70.40	69.15	85.79	46.05	20.04	8.53	4.66	3.49	379.87
1974-75	4.77	12.04	17.43	17.97	47.61	46.25	31.73	28.52	36.85	13.70	9.62	5.19	271.69
1975-76	5.02	10.49	33.19	45.17	76.65	56.29	52.87	29.44	16.67	9.60	5.70	3.50	344.59
1976-77	5.18	13.81	32.53	31.29	26.24	21.98	29.78	19.36	14.12	6.46	3.82	2.94	207.52
1977-78	2.24	4.82	14.80	54.01	72.22	54.78	64.17	26.40	11.44	5.74	3.41	3.70	317.72
1978-79	4.46	7.78	23.44	59.30	78.70	50.29	62.06	46.60	19.97	11.66	6.06	3.84	374.17
1979-80	8.83	23.87	50.07	78.77	63.36	85.68	55.35	40.26	21.59	9.33	5.03	3.23	445.38
Μέση τιμή	7.74	19.68	36.34	56.04	68.70	70.24	53.15	32.36	17.68	9.27	5.51	3.81	380.52
Τυπ. απόκ.	8.59	34.55	31.57	28.99	17.14	32.43	16.18	7.99	6.31	2.27	1.63	0.80	109.35

Πίνακας Β.28: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2100 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. Έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	21.59	91.57	87.89	82.30	44.23	34.87	32.55	21.08	6.94	4.31	2.05	1.32	430.70
1967-68	0.90	0.89	8.60	43.48	40.19	36.06	17.88	16.61	9.62	3.42	1.65	0.88	180.18
1968-69	1.00	1.92	21.48	32.86	55.53	77.51	29.26	13.95	6.73	2.94	1.35	0.89	245.43
1969-70	0.57	1.05	31.96	52.32	48.97	62.61	25.31	18.74	9.45	5.11	2.31	1.21	259.62
1970-71	1.87	2.20	6.73	20.21	51.46	98.48	48.80	18.87	6.60	3.68	2.02	1.40	262.32
1971-72	1.59	5.32	8.93	26.62	37.71	29.91	38.38	21.79	8.74	5.85	3.44	2.13	190.42
1972-73	10.97	13.41	12.05	22.63	46.74	54.80	36.19	15.76	6.90	3.59	2.02	1.11	226.18
1973-74	1.71	3.29	12.22	16.79	44.38	44.19	54.20	27.22	10.90	3.86	1.71	1.03	221.50
1974-75	1.32	4.07	6.58	7.32	28.03	26.79	18.10	15.51	21.71	6.97	4.54	2.00	142.94
1975-76	1.72	4.07	17.13	27.01	52.47	37.15	34.11	17.51	8.95	4.46	2.25	1.11	207.92
1976-77	1.70	5.73	14.98	15.05	12.80	10.63	15.24	9.54	6.43	2.48	1.19	0.79	96.56
1977-78	0.50	1.33	7.08	33.88	49.49	35.09	38.74	14.91	5.53	2.27	1.08	1.25	191.15
1978-79	1.83	4.06	14.13	34.66	46.83	29.21	35.51	27.46	10.97	5.88	2.50	1.28	214.35
1979-80	3.83	12.64	30.09	51.30	42.76	57.77	36.50	24.44	12.07	4.38	1.91	0.98	278.66
1980-81	5.78	16.48	50.48	109.68	68.88	38.81	35.55	18.85	7.18	3.12	1.63	1.15	357.60
1981-82	1.40	3.69	25.63	21.97	41.84	64.99	57.05	48.61	14.97	5.32	2.42	1.48	289.38
1982-83	1.25	4.78	9.93	9.04	16.72	36.31	22.76	12.43	12.83	8.59	4.19	2.21	141.06
1983-84	2.06	7.68	31.06	34.93	69.30	64.64	69.46	29.92	9.82	4.01	2.61	1.37	326.86
1984-85	0.75	1.74	6.99	41.36	33.40	53.09	42.54	16.16	6.17	2.59	1.19	0.61	206.60
1985-86	0.51	5.14	6.66	19.64	45.10	43.05	27.61	22.62	12.72	5.74	2.52	1.22	192.53
1986-87	2.22	2.12	5.44	16.15	18.24	64.13	46.71	23.75	10.76	4.47	2.03	0.97	197.00
1987-88	1.25	4.84	10.49	20.07	37.17	37.94	26.29	13.41	5.46	2.23	1.07	0.58	160.79
1988-89	0.43	6.76	16.60	9.75	17.72	32.89	24.76	16.14	7.37	4.77	2.05	1.05	140.30
1989-90	1.26	2.18	5.32	4.03	6.83	6.08	11.14	8.01	3.49	1.61	1.46	0.83	52.24
Μέση τιμή	2.83	8.62	18.69	31.38	39.87	44.87	34.36	19.72	9.26	4.24	2.13	1.20	217.18
Τυπ. απόκ.	4.57	18.12	18.47	24.17	16.30	20.71	13.99	8.27	3.85	1.63	0.89	0.42	82.67

Πίνακας Β.29: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2100 και υπό το RCP6.0 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	30.25	92.06	86.37	77.36	53.33	45.49	38.84	28.61	11.15	7.44	3.89	2.94	477.73
1967-68	2.35	2.85	10.96	39.97	42.15	42.14	23.47	22.94	13.44	5.62	3.16	1.93	210.98
1968-69	2.59	4.12	26.44	37.73	52.12	72.37	33.37	18.15	10.00	4.95	2.63	2.00	266.46
1969-70	1.41	1.87	19.53	34.00	38.19	52.17	25.36	22.39	12.41	7.37	3.77	2.38	220.85
1970-71	3.50	3.53	6.90	14.69	38.02	77.02	47.38	22.76	10.08	7.64	4.49	3.32	239.33
1971-72	3.59	6.54	8.99	24.43	39.84	30.78	38.34	22.25	10.68	8.92	6.43	4.22	205.00
1972-73	13.62	13.41	12.45	24.60	40.94	53.14	35.01	17.86	9.48	5.50	3.47	2.12	231.60
1973-74	3.00	4.40	11.60	16.94	41.58	47.31	51.54	28.43	14.39	6.22	3.26	2.16	230.81
1974-75	2.29	4.26	5.64	5.99	24.44	22.09	16.76	15.00	21.40	8.66	6.64	3.38	136.55
1975-76	2.83	4.86	14.49	22.47	48.03	38.81	37.67	21.62	12.04	6.68	3.84	2.18	215.52
1976-77	2.93	5.71	10.56	10.72	10.28	9.15	13.40	9.17	6.52	3.19	1.82	1.39	84.84
1977-78	0.99	1.60	6.06	28.98	42.98	33.63	37.21	18.36	8.35	4.03	2.22	2.65	187.05
1978-79	3.62	6.06	14.24	26.83	38.06	27.46	32.99	30.95	14.14	9.44	4.54	2.67	211.00
1979-80	6.56	14.52	27.84	46.54	48.76	62.87	45.00	29.62	16.41	6.92	3.57	2.12	310.73
1980-81	9.05	15.46	36.84	101.55	67.58	40.38	39.48	22.57	10.24	5.16	3.06	2.42	353.78
1981-82	2.75	5.39	19.02	18.84	40.45	65.13	63.65	59.57	21.03	8.57	4.41	2.97	311.77
1982-83	2.59	6.11	9.44	8.93	16.82	29.65	20.46	12.66	16.22	11.54	6.35	3.62	144.40
1983-84	3.49	8.69	30.71	32.45	71.78	68.18	75.82	35.34	14.73	6.86	4.85	2.81	355.69
1984-85	1.91	3.44	10.81	44.41	35.35	50.40	42.46	19.93	8.88	4.45	2.33	1.41	225.78
1985-86	1.48	6.39	7.30	15.11	30.84	34.99	23.76	21.53	15.24	7.71	4.31	2.45	171.12
1986-87	4.46	4.29	8.00	18.57	21.93	61.26	50.66	26.87	14.78	6.87	3.57	1.96	223.21
1987-88	2.52	5.53	8.75	15.71	27.56	32.97	25.66	15.29	7.63	3.69	2.04	1.27	148.63
1988-89	1.01	6.61	16.11	10.67	15.77	32.59	23.66	18.36	9.67	6.81	3.37	2.00	146.64
1989-90	2.24	3.17	5.99	4.81	6.96	7.60	13.07	10.05	5.71	3.02	3.11	2.02	67.73
1990-91	1.75	7.40	47.87	56.08	51.64	50.88	58.92	39.47	13.89	6.80	5.27	2.78	342.74
1991-92	2.39	4.45	5.46	5.10	7.40	10.33	16.58	19.95	12.55	6.02	2.97	1.75	94.95
1992-93	1.42	1.47	2.93	3.66	11.76	17.47	14.88	18.80	9.19	4.28	2.32	1.39	89.55
1993-94	0.91	3.22	8.89	24.19	44.53	30.78	36.51	31.91	12.99	7.54	4.10	2.24	207.79
Μέση τιμή	4.20	8.84	17.15	27.55	36.04	40.96	35.07	23.59	12.26	6.50	3.78	2.38	218.29
Τυπ. απόκ.	5.75	16.69	17.19	22.36	16.96	19.00	15.82	10.07	3.82	1.99	1.28	0.71	93.99

Πίνακας Β.30: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου κατά το 2100 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	29.30	106.13	107.33	105.20	58.67	46.79	43.63	27.82	10.83	7.07	4.07	2.78	549.63
1967-68	2.03	1.68	6.13	33.57	36.46	36.21	21.14	18.77	12.12	5.76	3.46	2.29	179.61
1968-69	2.03	2.59	16.29	27.88	57.03	82.06	37.12	18.27	9.89	5.33	3.19	2.25	263.93
1969-70	1.64	1.93	26.01	51.33	54.34	67.09	32.29	22.63	12.35	7.16	4.12	2.66	283.56
1970-71	2.63	2.70	5.83	17.00	47.03	95.61	54.14	23.41	9.81	5.91	3.72	2.63	270.43
1971-72	2.32	4.57	7.38	18.35	31.67	29.89	38.18	25.09	11.37	7.64	4.77	3.29	184.51
1972-73	7.52	9.83	9.93	18.78	43.18	54.69	41.42	20.05	9.93	5.82	3.67	2.45	227.28
1973-74	2.51	3.49	10.00	14.22	37.85	43.78	58.41	32.50	14.19	6.52	3.71	2.53	229.69
1974-75	2.43	4.47	6.74	7.76	22.89	26.46	19.84	17.52	20.73	8.95	5.73	3.40	146.90
1975-76	2.70	3.99	12.57	21.20	43.10	36.80	35.82	20.42	11.42	6.58	3.98	2.55	201.12
1976-77	2.67	5.42	13.77	15.77	14.81	13.27	17.99	12.16	8.57	4.50	2.80	1.99	113.73
1977-78	1.48	2.04	5.28	23.62	40.41	35.37	42.95	18.77	8.41	4.48	2.77	2.29	187.88
1978-79	2.21	3.09	9.02	28.30	46.36	33.83	42.31	32.17	14.14	7.95	4.39	2.80	226.56
1979-80	3.83	9.09	22.62	43.85	41.20	59.30	41.36	29.73	15.60	7.13	4.00	2.57	280.30
Μέση τιμή	4.67	11.50	18.49	30.49	41.07	47.22	37.62	22.81	12.09	6.49	3.88	2.61	238.94
Τυπ. απόκ.	7.24	27.35	26.33	24.52	12.26	22.53	11.85	6.00	3.27	1.28	0.77	0.38	102.62

Πίνακας Β.31: Μελλοντικές απορροές υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων κατά το 2100 και υπό το RCP8.5 (mm)

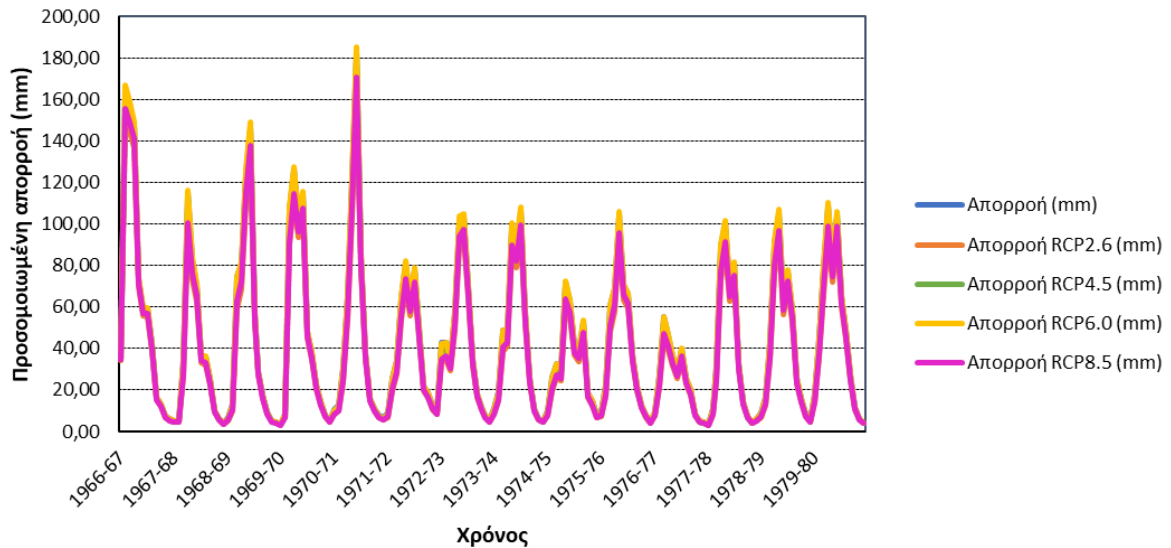
Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	19.28	69.40	68.82	66.17	37.74	29.68	26.52	16.00	5.27	2.87	1.35	0.76	343.86
1967-68	0.46	0.35	2.48	18.06	21.65	22.02	11.84	10.27	5.73	2.24	1.08	0.57	96.75
1968-69	0.44	0.59	7.22	14.74	30.99	50.44	21.27	9.80	4.50	1.99	0.95	0.54	143.48
1969-70	0.32	0.36	11.63	26.40	29.81	41.88	18.57	12.77	6.14	3.10	1.43	0.74	153.15
1970-71	0.69	0.69	1.92	7.23	25.05	61.24	35.03	13.41	4.68	2.36	1.22	0.72	154.24
1971-72	0.59	1.49	2.74	10.46	18.91	17.29	22.92	13.34	5.46	3.15	1.70	0.96	99.00
1972-73	3.11	4.38	4.49	9.63	24.46	34.00	24.56	10.60	4.52	2.22	1.16	0.62	123.74
1973-74	0.60	0.93	3.74	6.36	21.54	26.00	35.00	18.14	7.16	2.70	1.23	0.66	124.07
1974-75	0.54	1.16	1.95	2.41	11.53	13.59	10.08	8.52	10.84	3.98	2.24	1.06	67.91
1975-76	0.71	1.14	5.28	10.88	27.13	22.80	21.86	11.37	5.62	2.73	1.36	0.69	111.57
1976-77	0.67	1.74	5.20	6.26	6.02	5.41	7.96	5.16	3.32	1.44	0.72	0.42	44.31
1977-78	0.25	0.39	1.97	13.40	26.05	21.58	24.84	9.96	3.75	1.62	0.79	0.59	105.18
1978-79	0.62	1.16	4.64	15.09	25.63	18.30	22.74	17.67	7.13	3.55	1.58	0.80	118.92
1979-80	1.25	3.92	11.94	26.34	26.13	38.40	26.22	17.29	8.19	3.10	1.39	0.70	164.88
1980-81	1.91	5.53	22.58	65.94	49.05	29.47	26.37	13.79	5.17	2.23	1.11	0.66	223.80
1981-82	0.56	1.06	8.99	9.85	22.11	40.48	39.11	33.02	10.30	3.73	1.68	0.90	171.79
1982-83	0.59	1.37	3.02	3.17	6.71	17.89	12.84	7.15	6.53	4.18	2.06	1.07	66.57
1983-84	0.78	2.15	11.29	16.60	40.20	43.52	49.61	21.45	7.00	2.85	1.57	0.81	197.81
1984-85	0.44	0.57	2.00	16.81	17.56	31.95	27.84	10.70	4.09	1.77	0.85	0.45	115.04
1985-86	0.28	1.49	2.12	7.53	22.50	25.75	17.69	13.93	7.55	3.40	1.54	0.77	104.55
1986-87	0.79	0.66	1.51	5.41	7.57	34.09	29.56	15.58	6.89	2.91	1.34	0.67	106.97
1987-88	0.53	1.40	3.32	7.81	18.17	21.95	16.53	8.50	3.51	1.52	0.75	0.40	84.39
1988-89	0.25	2.02	6.00	4.20	8.29	17.67	14.84	9.72	4.46	2.60	1.20	0.62	71.87
1989-90	0.50	0.64	1.47	1.22	2.23	2.23	4.50	3.54	1.69	0.84	0.60	0.34	19.81
Μέση τιμή	1.51	4.36	8.18	15.50	21.96	27.82	22.85	12.99	5.81	2.63	1.29	0.69	125.57
Τυπ. απόκ.	3.83	13.92	13.81	16.93	11.36	13.75	10.40	6.02	2.13	0.84	0.41	0.19	66.06

Πίνακας Β.32: Μελλοντικές απορροές συνολικής λεκάνης Σπερχειού κατά το 2100 και υπό το RCP8.5 (mm)

Υδρ. έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1966-67	27.24	72.58	69.26	63.18	45.22	38.58	32.22	22.23	8.53	5.10	2.68	1.77	388.59
1967-68	1.25	1.18	3.52	15.74	20.87	23.71	14.53	13.60	7.92	3.61	2.03	1.23	109.20
1968-69	1.13	1.39	8.76	16.13	26.87	43.00	22.32	12.02	6.39	3.24	1.79	1.20	144.23
1969-70	0.81	0.78	6.17	13.75	18.74	29.11	15.99	13.53	7.46	4.30	2.31	1.41	114.35
1970-71	1.40	1.26	2.11	4.78	15.43	40.36	29.38	14.51	6.46	4.32	2.52	1.68	124.21
1971-72	1.44	2.06	2.81	8.60	17.57	16.00	20.89	12.85	6.35	4.61	3.07	1.97	98.23
1972-73	4.25	4.56	4.57	9.68	19.16	29.24	21.57	11.18	5.83	3.31	2.00	1.23	116.58
1973-74	1.20	1.43	3.54	5.95	17.92	24.86	30.33	17.70	8.85	4.05	2.17	1.34	119.35
1974-75	1.07	1.39	1.70	1.84	8.38	9.37	7.94	7.27	9.81	4.60	3.16	1.77	58.28
1975-76	1.28	1.58	4.32	7.96	21.27	20.74	21.62	12.99	7.21	4.00	2.30	1.36	106.63
1976-77	1.31	1.97	3.56	3.99	4.15	3.96	5.98	4.40	3.15	1.74	1.05	0.73	35.99
1977-78	0.51	0.56	1.64	9.86	19.34	17.96	21.18	11.13	5.20	2.64	1.51	1.26	92.79
1978-79	1.32	1.89	4.56	10.32	17.79	14.84	18.61	17.99	8.59	5.35	2.74	1.61	105.62
1979-80	2.33	4.70	10.40	21.33	26.49	38.09	29.88	20.01	10.79	4.73	2.48	1.46	172.67
1980-81	3.21	5.35	14.70	53.28	42.96	27.83	27.07	15.72	7.04	3.54	2.04	1.40	204.14
1981-82	1.22	1.79	6.29	7.47	18.58	35.96	39.73	38.11	13.84	5.74	2.94	1.81	173.49
1982-83	1.30	2.00	2.96	3.02	6.08	12.66	10.12	6.59	7.64	5.48	3.15	1.85	62.87
1983-84	1.48	2.70	10.66	14.12	37.47	41.96	50.38	24.28	9.98	4.65	2.90	1.70	202.27
1984-85	1.10	1.29	3.36	17.36	17.46	27.91	25.75	12.45	5.61	2.88	1.60	0.98	117.74
1985-86	0.76	1.89	2.25	5.03	12.49	17.10	12.97	11.70	8.19	4.32	2.44	1.43	80.57
1986-87	1.62	1.45	2.40	6.12	8.67	29.68	29.33	16.62	8.96	4.31	2.31	1.33	112.79
1987-88	1.14	1.74	2.66	5.23	10.96	15.63	13.67	8.54	4.42	2.29	1.33	0.84	68.46
1988-89	0.60	2.00	5.30	4.15	6.52	15.24	12.71	10.11	5.50	3.65	1.97	1.19	68.93
1989-90	1.00	1.09	1.78	1.52	2.21	2.61	4.87	4.20	2.61	1.53	1.29	0.86	25.55
1990-91	0.68	1.98	17.43	27.49	29.66	31.93	38.62	26.12	9.46	4.56	3.00	1.68	192.61
1991-92	1.21	1.53	1.74	1.65	2.38	3.58	6.45	8.61	5.89	3.12	1.71	1.05	38.93
1992-93	0.74	0.62	0.89	1.05	3.48	6.25	6.22	8.30	4.55	2.37	1.37	0.86	36.70
1993-94	0.57	1.02	2.61	8.53	20.13	16.64	20.75	18.58	7.99	4.46	2.46	1.41	105.16
Μέση τιμή	2.25	4.42	7.21	12.47	17.79	22.67	21.11	14.33	7.29	3.87	2.23	1.37	117.03
Τυπ. απόκ.	4.96	13.41	12.81	14.47	11.37	12.19	11.36	7.25	2.40	1.10	0.61	0.34	72.69

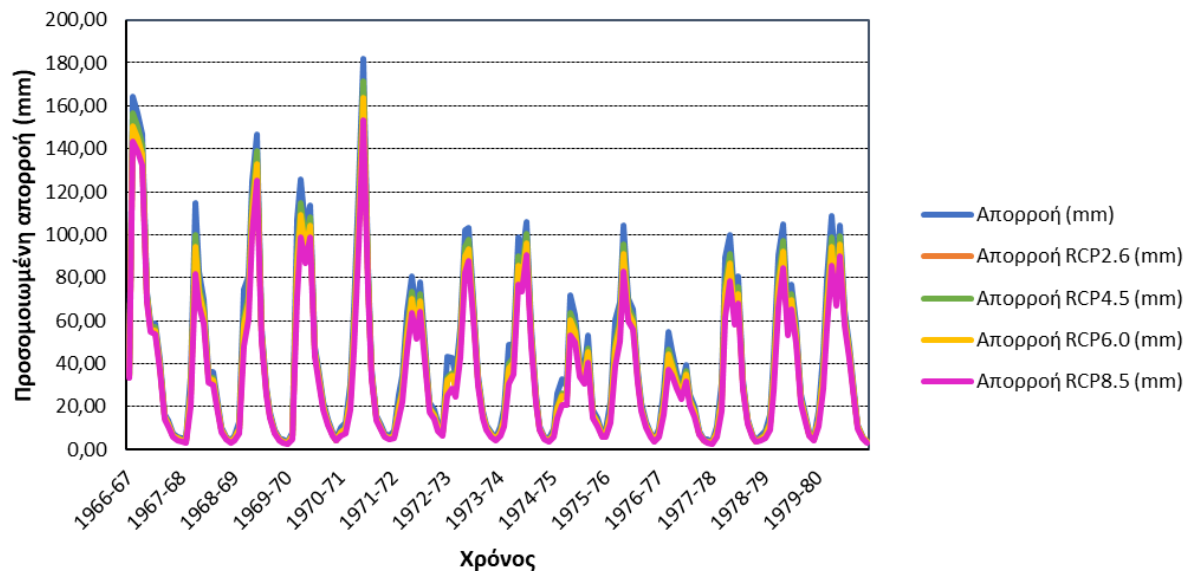
Παράρτημα Γ: Σχήματα

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Καστρί (2030)



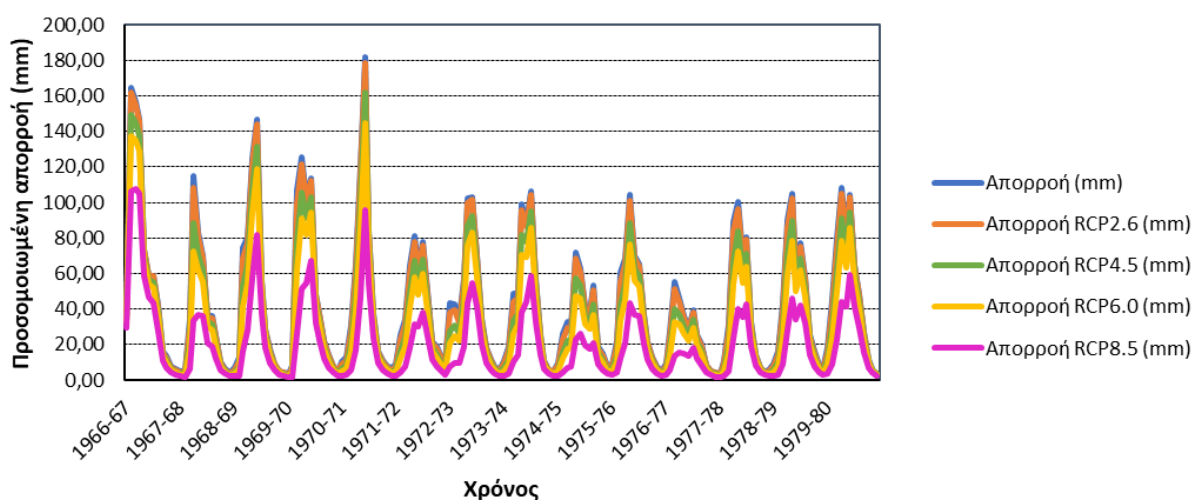
Σχήμα Γ.1: Υδρογραφήματα απορροής με και χωρίς κλιματική αλλαγή υπολεκάνης Σπερχειού ανάτη της γέφυρας Καστρίου (2030)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Καστρί (2050)



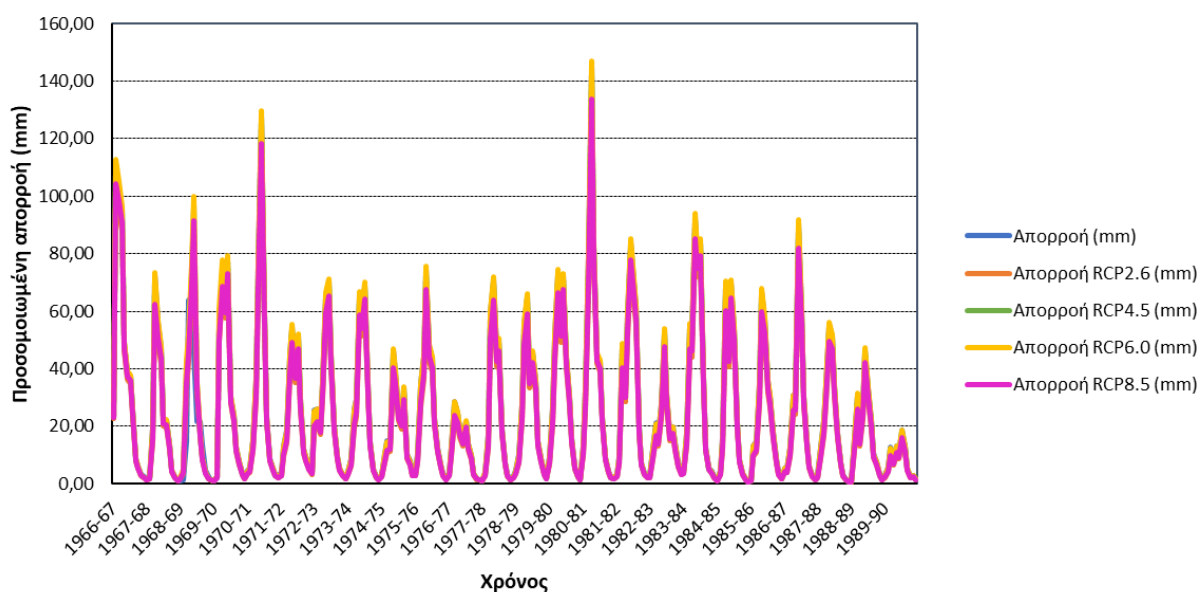
Σχήμα Γ.2: Υδρογραφήματα απορροής με και χωρίς κλιματική αλλαγή υπολεκάνης Σπερχειού ανάτη της γέφυρας Καστρίου (2050)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Καστρί (2100)



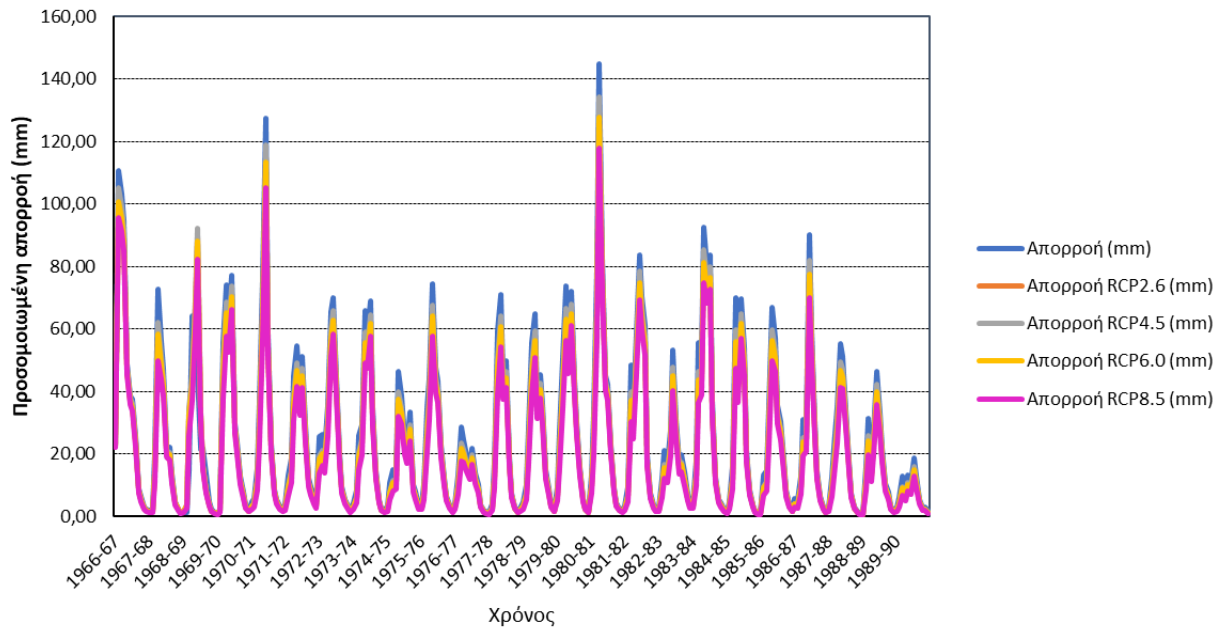
Σχήμα Γ.3 Υδρογραφήματα απορροής με και χωρίς κλιματική αλλαγή υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Καστρίου (2100)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Κομποτάδες (2030)



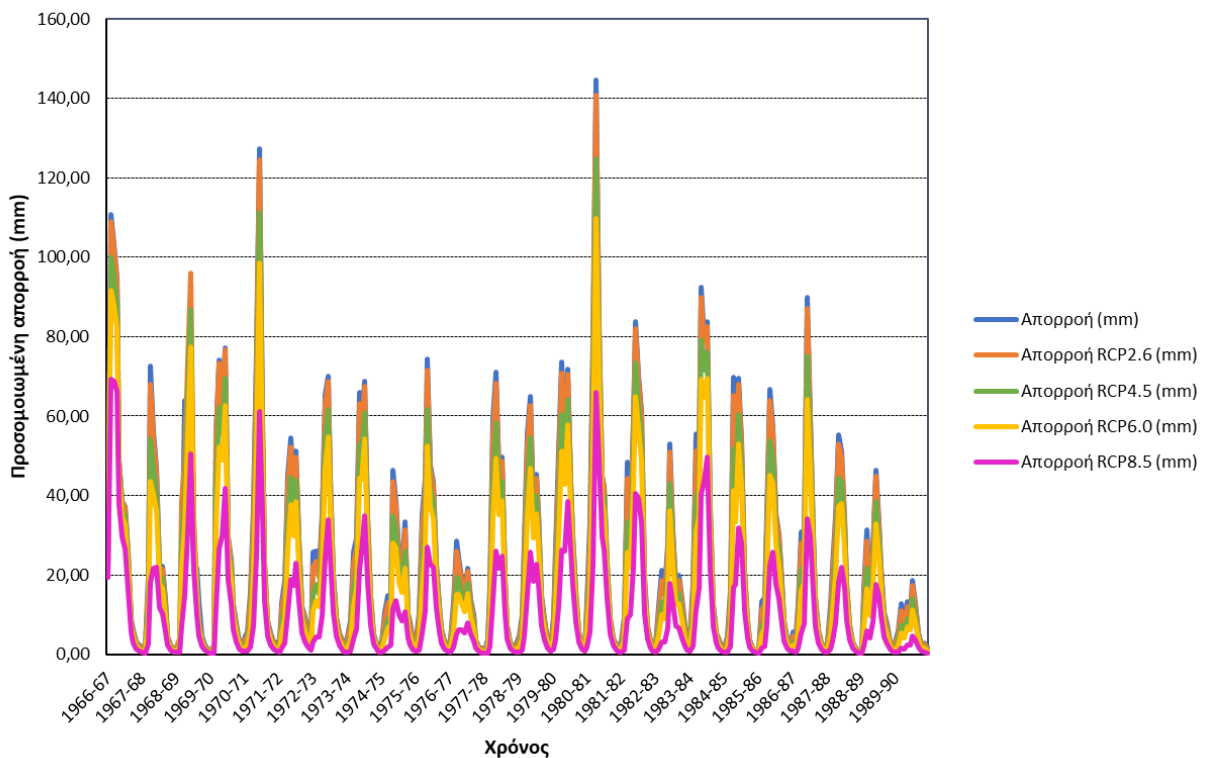
Σχήμα Γ.4: απορροής με και χωρίς κλιματική αλλαγή υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων (2030)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Κομποτάδες (2050)



Σχήμα Γ.5: απορροής με και χωρίς κλιματική αλλαγή υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων (2050)

Συγκριτικό υδρογράφημα απορροών στη θέση Κομποτάδες (2100)



Σχήμα Γ.6: απορροής με και χωρίς κλιματική αλλαγή υπολεκάνης Σπερχειού ανάντη της γέφυρας Κομποτάδων (2100)