

Υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης Σπερχειού

Δ. Κουτσογιάννης και Γ. Τσακαλίας
Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Περίληψη

Παρουσιάζονται και αναλύονται τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του ποταμού Σπερχειού. Για τους σκοπούς της εργασίας, έγινε συλλογή και επεξεργασία όλων των υδρολογικών μετρήσεων της λεκάνης του Σπερχειού, οι οποίες ξεκινούν από το 1949, καθώς και μετρήσεων γειτονικών λεκανών. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στις υδρομετρήσεις στις θέσεις Γέφυρα Καστριού και Γέφυρα Κομποτάδων οι οποίες δεν είχαν αξιοποιηθεί μέχρι σήμερα. Από τα δείγματα που σχηματίστηκαν προκύπτει η εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού του Σπερχειού, το οποίο είναι από τα πιο σημαντικά στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Επιπλέον, παρουσιάζεται ανάλυση τάσεων των χρονοσειρών βροχής και απορροής, από την οποία διαφαίνεται η ύπαρξη πτωτικών τάσεων και στα δύο μεγέθη. Τέλος, γίνεται πρόγνωση των πλημμυρικών παροχών σε διάφορες θέσεις, κατά μήκος του Σπερχειού για διάφορες περιόδους επαναφοράς.

Hydrologic characteristics of the Sperchios basin

D. Koutsoyiannis and G. Tsakalias
Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering
National Technical University of Athens

Abstract

The hydrologic characteristics of the Sperchios River basin are presented and analysed. To this aim all hydrologic measurements of the Sperchios basin, starting at 1949, as well as measurements at neighbouring hydrologic basins have been collected and compiled. Special emphasis has been given to the discharge measurements at the locations Kastri Bridge and Kompotades Bridge, which had remained unprocessed until today. From the records formed, the surface water potential of the Sperchios basin was estimated, which proves to be one of the most important in the water district of the Eastern Sterea Hellas. Furthermore, a trend analysis for the rainfall and runoff series is presented, which indicates the existence of falling trends in both series. Finally forecasts of the flood discharge at various locations along the Sperchios river for different return periods are given.

1. Υδρομετρικοί και βροχομετρικοί σταθμοί

Η λεκάνη του Σπερχειού έχει ολική έκταση 1907.2 km². Εκτός από τη συνολική λεκάνη, στην εργασία αυτή μας ενδιαφέρουν και οι υπολεκάνες που βρίσκονται ανάντη των υδρομετρικών σταθμών (α) Γέφυρα Καστριού με έκταση 889.8 km² και (β) Γέφυρα Κομποτάδων με έκταση 1168.9 km².

Για την εκτίμηση των βροχοπτώσεων χρησιμοποιήσαμε τις μετρήσεις των 13 βροχομετρικών σταθμών που φαίνονται στον Πίν. 1. Από αυτούς, οι έξι πρώτοι βρίσκονται εντός της λεκάνης του Σπερχειού ενώ οι υπόλοιποι επτά βρίσκονται σε γειτονικές λεκάνες.

Για την εκτίμηση της επιφανειακής απορροής, χρησιμοποιήσαμε τους υδρομετρικούς σταθμούς που βρίσκονται στη Γέφυρα Καστριού (με γεωγραφικό πλάτος και μήκος 38.57.00 και 22.12.00 αντίστοιχα) και στη Γέφυρα Κομποτάδων (με γεωγραφικό πλάτος και μήκος 38.51.00 και 22.22.00). Και οι δύο σταθμοί λειτουργούν με ευθύνη του ΥΠΕΧΩΔΕ. Για τη Γέφυρα Καστριού, οι διαθέσιμες μετρήσεις παροχής αρχίζουν από τον Μάρτιο του 1961 και τελειώνουν τον Οκτώβριο του 1981. Για τη θέση Γέφυρα Κομποτάδων οι διαθέσιμες μετρήσεις βρίσκονται στο διάστημα από τον Αύγουστο του 1949 έως και το Νοέμβριο του 1980. Οι μετρήσεις στάθμης, και για τις δύο θέσεις, συνεχίζονται μέχρι και το 1991. Δεν υπάρχει σταθμηγράφος σε κανέναν από τους δύο σταθμούς.

Πίν. 1. Πληροφορίες βροχομετρικών σταθμών.

Όνομα σταθμού	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
Πισιώτα	ΔΕΗ	800	39.01.00	21.54.00
Λαμία	ΕΜΥ	144	38.54.00	22.26.00
Τρίλοφο	ΥΠΕΧΩΔΕ	580	39.00.00	22.13.00
Νεοχώρι (Τυμφρηστού)	ΔΕΗ	800	38.58.00	21.52.00
Ζηλευτό	ΥΠΕΧΩΔΕ	120	38.56.00	22.16.00
Υπάτη	ΕΜΥ	500	38.52.00	22.14.00
Καρπενήσι	ΥΠΕΧΩΔΕ	960	38.55.00	21.48.00
Γραμμένη Οξυά	ΥΠΕΧΩΔΕ	1160	38.44.00	22.00.00
Κρίκελλο	ΔΕΗ	1120	38.48.00	21.51.00
Δρυμαία	ΥΠΕΧΩΔΕ	580	38.43.00	22.34.00
Άνω Μπράλος	ΥΠΕΧΩΔΕ	600	38.44.00	22.28.00
Πυρά	ΥΠΕΧΩΔΕ	1140	38.45.00	22.16.00
Αθ. Διάκος	ΥΠΕΧΩΔΕ	1050	38.42.00	22.11.00

2. Κατάρτιση και επεξεργασία υδρολογικών δειγμάτων

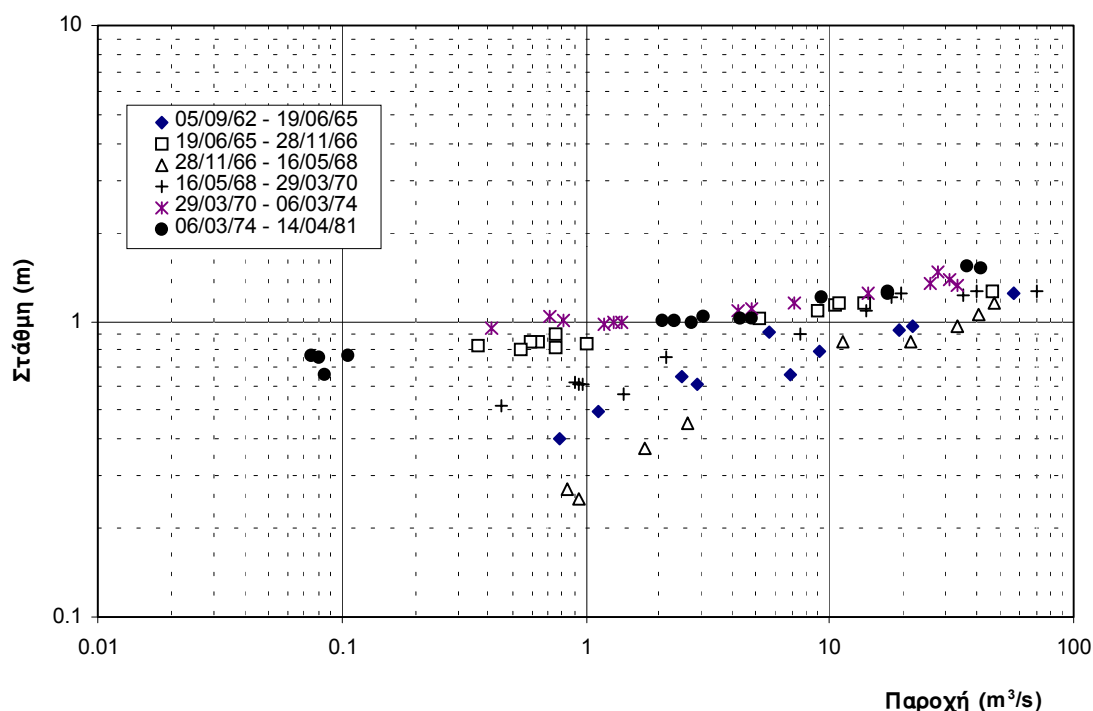
Για τη μελέτη των κατακρημνισμάτων, πραγματοποιήσαμε έλεγχο ομογένειας των σημειακών βροχομετρικών δεδομένων σε ετήσιο χρονικό βήμα και για τους 13 σταθμούς. Χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης και δεν ανιχνεύσαμε καμία στατιστικά σημαντική ανομογένεια. Συμπληρώσαμε τα κενά των χρονοσειρών των 13 βροχομετρικών σταθμών, σε μηνιαία κλίμακα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Με βάση τις τελικές σημειακές χρονοσειρές βροχής, εκτιμήσαμε τις σειρές μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης για τις τρεις λεκάνες, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Thiessen. Για τις ανάγκες της εκτίμησης πλημμυρικών παροχών, εξαγάγαμε τις χρονοσειρές μεγίστων υψών βροχής για διάρκεια βροχόπτωσης μίας και δύο ημερών, τόσο σε σημειακή όσο και σε επιφανειακή βάση.

Η διερεύνηση της επιφανειακής απορροής απαιτήσε πολύ μεγαλύτερη προσπάθεια, δεδομένου ότι οι μετρήσεις και στους δύο υδρομετρικούς σταθμούς δεν είχαν αναλυθεί στο παρελθόν. Καταρτίσαμε καμπύλες στάθμης-παροχής για τις δύο θέσεις μέτρησης παροχής. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήσαμε το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης PINAX (Tsakalias and Koutsoyiannis, 1995), το οποίο λειτουργεί στα πλαίσια της τράπεζας υδρολογικών και μετεωρολογικών

πληροφοριών ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ (Papakostas et al., 1994). Στο Σχ. 1, το οποίο αποτελεί ένα από τα αποτελέσματα του συστήματος PINAX, φαίνονται οι μετρήσεις που ορίζουν τις περιόδους σταθερής καμπύλης στάθμης-παροχής, για τη Γέφυρα Καστριού.

Με χρήση των ημερήσιων δεδομένων στάθμης και των καμπυλών στάθμης-παροχής υπολογίσαμε σειρές ημερήσιων παροχών για τις δύο υδρομετρικές θέσεις. Επίσης, καταρτίσαμε χρονοσειρές μέσης μηνιαίας και ετήσιας παροχής και για τις δύο θέσεις. Τέλος, εξαγάγαμε και χρονοσειρές μέγιστων μέσων παροχών, για διάρκεια μίας και δύο ημερών. Όλες οι εργασίες κατάρτισης χρονοσειρών έγιναν με βάση προγράμματα του ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟΥ.

Ο έλεγχος των μηνιαίων χρονοσειρών επιφανειακής απορροής έγινε με σύγκριση των χρονοσειρών των δύο σταθμών μεταξύ τους καθώς και με τις σειρές των επιφανειακών βροχοπτώσεων των αντίστοιχων λεκανών. Γενικά υπήρξε καλή συμφωνία ανάμεσα στις διάφορες χρονοσειρές, όπως διαπιστώνεται και από το Σχ. 2. Σε ορισμένα, όμως, τμήματα των χρονοσειρών ανιχνεύτηκαν σφάλματα. Έτσι, στη σειρά της μηνιαίας απορροής της λεκάνης ανάντη Κομποτάδων διαπιστώσαμε πρόβλημα για τα δεδομένα του υδρολογικού έτους 1971-72, όπου οι υπολογισμένες παροχές ήταν υπερβολικά χαμηλές. Τα δεδομένα αυτά δεν τα χρησιμοποιήσαμε περαιτέρω. Αντίστοιχο πρόβλημα φαίνεται να υπάρχει στις απορροές της λεκάνης ανάντη του Καστριού από το υδρολογικό έτος 1976-77 και μετά (βλ. Σχ. 2). Ενδεχομένως, το πρόβλημα αυτό οφείλεται στην αστάθεια της κοίτης του υδατορεύματος Βιστρίτσα, το οποίο συμβάλλει στο Σπερχείο στην περιοχή της Γέφυρας Καστριού. Παρόλο που η βασική κοίτη του υδατορεύματος συμβάλλει ανάντη της Γέφυρας Καστριού, υπάρχουν δευτερεύουσες κοίτες (Δέλτα) που συμβάλλουν κατάντη και έτσι είναι δυνατό κατά περιόδους να διασκορπίζεται η παροχή του υδατορεύματος σε περισσότερες κοίτες, πράγμα που οδηγεί σε αβεβαιότητα ως προς την έκταση της συμβάλλουσας λεκάνης απορροής.



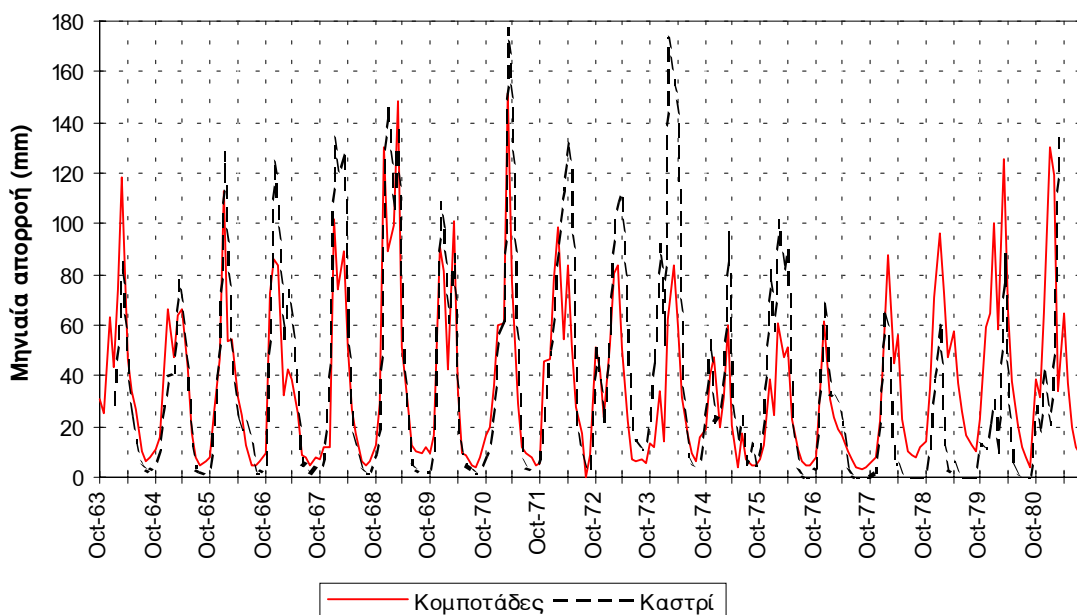
Σχ. 1 Ανίχνευση περιόδων σταθερής καμπύλης στάθμης-παροχής για τον υδρομετρικό σταθμό Γέφυρα Καστριού.

Για την πιο αξιόπιστη αλλά και πιο ενδιαφέρουσα χρονοσειρά απορροής της λεκάνης ανάντη Κομποτάδων κάναμε εκτεταμένες εργασίες συμπλήρωσης των κενών, διόρθωσης των σφαλμάτων και επέκτασης, και εξαγάγαμε τελικά μια πλήρη σειρά μηνιαίων απορροών που ξεκινά από το υδρολογικό έτος 1949-50 και φτάνει μέχρι το 1989-90 (41 έτη). Για τις εργασίες αυτές αξιοποιήσαμε τη συσχέτιση της μηνιαίας απορροής (α) είτε με τη μηνιαία απορροή του προηγούμενου μήνα (για

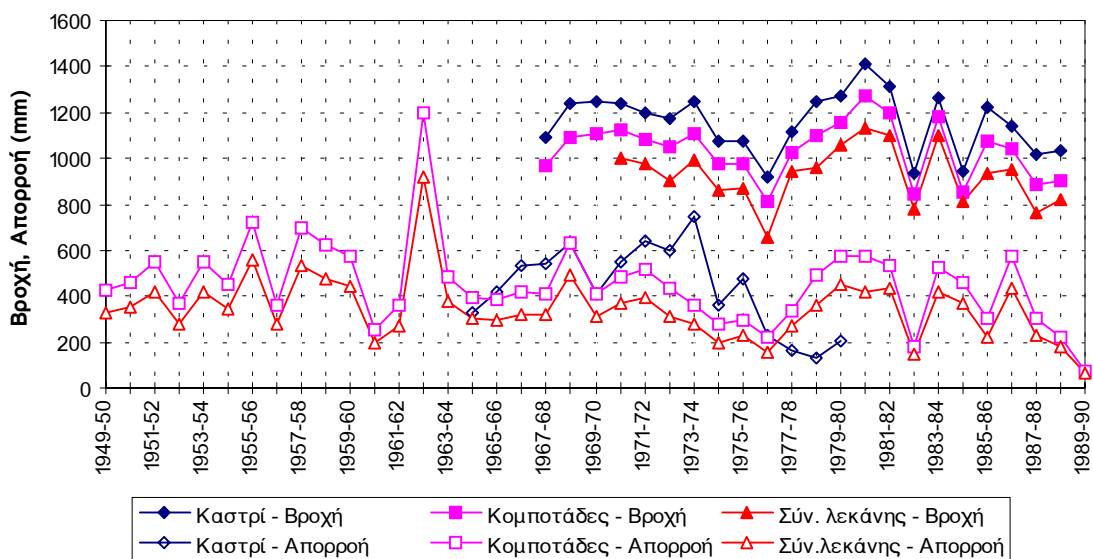
τους θερινούς μήνες), (β) είτε με την επιφανειακή βροχόπτωση της ίδιας λεκάνης για τον ίδιο μήνα (για ορισμένους χειμερινούς μήνες), (γ) είτε, τέλος, με την απορροή για τον ίδιο μήνα της γειτονικής λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού (από μετρήσεις στη Σήραγγα Καρδίτσας, για τους υπόλοιπους μήνες). Για τις εκτιμήσεις χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο MOVE.1 (Maintenance Of Variance Extension), γνωστή και ως οργανική συσχέτιση (Hirsch κ.ά., 1993, σ. 17.48). Πρόκειται για παραλλαγή της γραμμικής παλινδρόμησης που αίρει το μειονέκτημα της μεροληπτικής εκτίμησης της διασποράς, το οποίο έχει η τελευταία.

Με αναγωγή της χρονοσειράς απορροής στους Κομποτάδες εκτιμήσαμε μια αντίστοιχη χρονοσειρά απορροής για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού. Για το σκοπό αυτό πήραμε υπόψη τις βροχοπτώσεις στις δύο λεκάνες και θεωρήσαμε ότι για κάθε μήνα ο συντελεστής απορροής της συνολικής λεκάνης είναι μειωμένος κατά 15% σε σχέση με τον αντίστοιχο συντελεστή της λεκάνης ανάντη Κομποτάδων. Αυτή είναι μια εύλογη παραδοχή που δικαιολογείται από τον πιο πεδινό χαρακτήρα αλλά και το μικρότερο ύψος βροχής της ενδιάμεσης υπολεκάνης (κατάντη των Κομποτάδων), αλλά πάντως αποτελεί μια υποκειμενική επιλογή. Για την περίοδο όπου δεν υπήρχαν μετρήσεις βροχόπτωσης κάναμε επέκταση της χρονοσειράς απορροής στο σύνολο της λεκάνης, παίρνοντας ως βάση την αντίστοιχη χρονοσειρά στους Κομποτάδες και χρησιμοποιώντας τη μέθοδο MOVE.1.

Οι ετήσιες χρονοσειρές επιφανειακής βροχής και απορροής απεικονίζονται στο Σχ. 3.



Σχ. 2 Διακύμανση μηνιαίας απορροής στις λεκάνες απορροής ανάντη των υδρομετρικών σταθμών Κομποτάδες και Καστρί του Σπερχειού για την κοινή περίοδο μετρήσεων. (Έχουν διορθωθεί οι απορροές του υδρολογικού έτους 1971-72 στους Κομποτάδες.)



Σχ. 3 Διακύμανση των ετήσιων χρονοσειρών βροχής και απορροής στις τρεις υπολεκάνες του Σπερχειού.

3. Επιφανειακό υδατικό δυναμικό

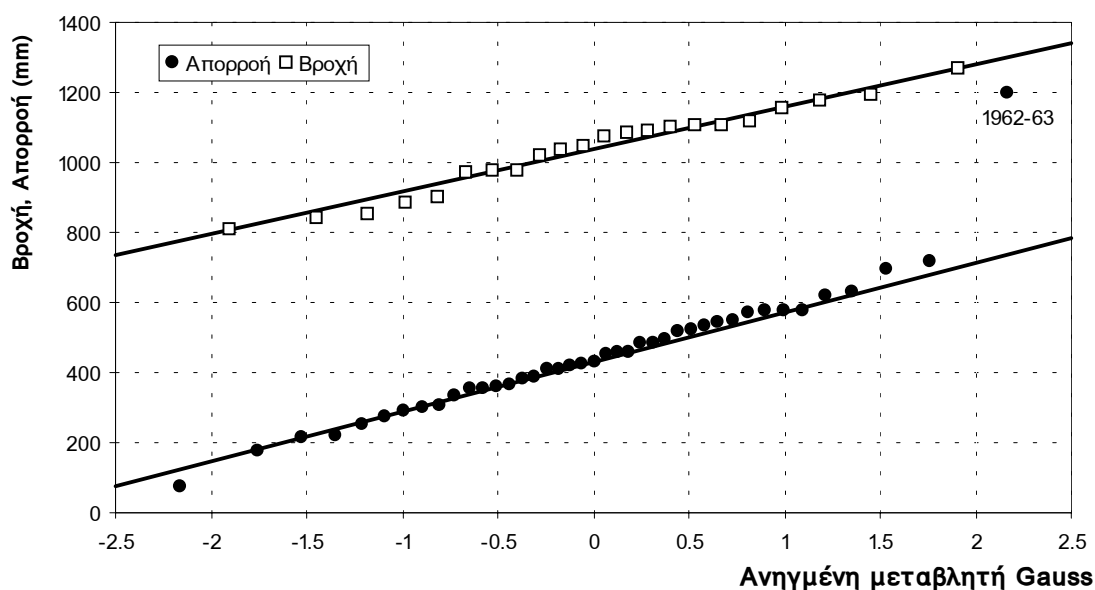
Από την επεξεργασία των χρονοσειρών βροχής και απορροής προκύπτει ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση στο σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού υπερβαίνει τα 925 mm και ο ετήσιος συντελεστής απορροής κυμαίνεται από 0.19 μέχρι 0.46 με μέση τιμή 0.33. Το επιφανειακό υδατικό δυναμικό του συνόλου της λεκάνης υπερβαίνει τα 650 hm³, πράγμα που την κατατάσσει πρώτη ανάμεσα στις λεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Περισσότερα στοιχεία για τους συντελεστές απορροής δίνονται στον Πίν. 2 και για το επιφανειακό υδατικό δυναμικό στον Πίν. 3. Ας σημειωθεί ότι το επιφανειακό υδατικό δυναμικό της γειτονικής λεκάνης του Βοιωτικού Κηφισού, η οποία έχει παρόμοια (ελαφρά μεγαλύτερη) έκταση είναι υποδιπλάσιο της παραπάνω τιμής (333 hm³, Μαμάσης κ.ά., 1990).

Πίν. 2 Συντελεστές απορροής στις τρεις υπολεκάνες του Σπερχειού.

Υπολεκάνη	Ανάτη Καστριού	Ανάτη Κομποτάδων	Σύνολο (Εκτίμηση)
Έκταση (km ²)	889.8	1168.9	1907.0
Περίοδος ταυτόχρονων μετρήσεων βροχής και απορροής	1967-77	1967-89	1970-89
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	1149.6	1037.7	926.6
Μέση ετήσια απορροή (mm)	518.1	414.8	309.3
Μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής	0.45	0.40	0.33
Ελάχιστη-μεγιστη ετήσια τιμή συντελεστή απορροής	0.25 - 0.60	0.21 - 0.58	0.19 - 0.46

Πίν. 3 Επιφανειακό υδατικό δυναμικό του Σπερχειού

Υπολεκάνη	Ανάτη Καστριού		Ανάτη Κομποτάδων		Σύνολο (Εκτίμηση)	
	M.T.	T.A.	M.T.	T.A.	M.T.	T.A.
Έκταση (km ²)	889.8		1168.9		1907.0	
Περίοδος μετρήσεων	1964-80		1949-90		1949-90	
Μέσο ετήσιο ύψος απορροής (mm)	435.2	185.4	450.7	185.3	345.5	142.6
Μέσος ετήσιος όγκος απορροής (hm ³)	387.2	165.0	526.8	216.6	658.9	271.9
Μέση υπερετήσια παροχή (m ³ /s)	12.3	5.3	16.7	6.9	20.9	8.6



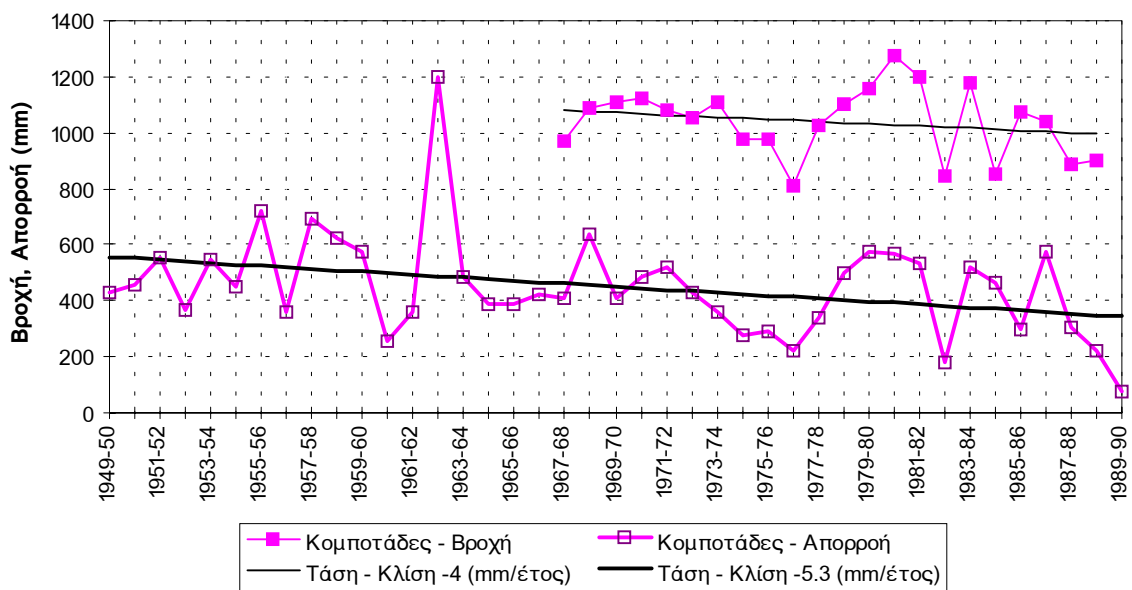
Σχ. 4 Εμπειρική και θεωρητική συνάρτηση κατανομής της ετήσιας βροχής και απορροής στη λεκάνη ανάντη Κομποτάδων σε χαρτί κανονικής κατανομής.

Η διακύμανση της ετήσιας βροχής και απορροής δεν χαρακτηρίζεται από υπερετήσια μνήμη, αφού οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των χρονοσειρών δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικοί. Όπως φαίνεται στο Σχ. 4, οι δειγματικές συναρτήσεις κατανομής και των δύο μεγεθών περιγράφονται ικανοποιητικά από την κατανομή Gauss, η οποία χαρακτηρίζει τις πλούσιες σε υδατικό δυναμικό περιοχές. Η σημαντική απόκλιση που εμφανίζεται σε ένα σημείο, αντιστοιχεί στο υδρολογικό έτος 1962-63, κατά το οποίο σημειώθηκαν ιδιαίτερα μεγάλες βροχές και απορροές σε πολλές υδρολογικές λεκάνες της Ελλάδας. Το εν λόγω σημείο μπορεί να χαρακτηριστεί ως εξωκείμενο (outlier). Αντίθετα, στην περιοχή των χαμηλών παροχών δεν παρατηρούμε εξωκείμενες τιμές, παρόλο που ενδεχομένως θα ανέμενε κανείς τέτοιες λόγω της έντονης ξηρασίας του 1989-90, αφού μάλιστα έχουν σημειωθεί σε άλλες λεκάνες του ελλαδικού χώρου, όπως σε αυτήν του Βοιωτικού Κηφισού. Ας σημειωθεί, πάντως, ότι η αξιοπιστία της τιμής της απορροής που εκτιμήθηκε για το 1989-90 είναι μειωμένη, επειδή δεν προέκυψε από άμεσες μετρήσεις στάθμης και παροχής αλλά από αναγωγή με βάση άλλες χρονοσειρές, όπως αναλυτικότερα περιγράψαμε παραπάνω.

4. Ανίχνευση τάσεων

Η φυσική κλιματική μεταβλητότητα εκδηλώνεται με βαθμιαίες ανοδικές ή πτωτικές τάσεις στις χρονοσειρές των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών, ή ακόμη και με απότομες μεταβολές (άλματα) σε αυτές. Η ανάλυση για τη λεκάνη του Σπερχειού δείχνει έντονες πτωτικές τάσεις στις χρονοσειρές της βροχής και της απορροής. Στο Σχ. 5 είναι έκδηλη η πτωτική τάση των δύο μεγεθών στη λεκάνη ανάντη Κομποτάδων (το ίδιο συμβαίνει και με τις άλλες θέσεις). Οι ρυθμοί μείωσης της βροχής και της απορροής είναι 4.0 mm/έτος και 5.3 mm/έτος, αντίστοιχα. Με εφαρμογή της στατιστικής δοκιμής του Kendall προκύπτει ότι η πτωτική τάση είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 5% για την απορροή, αλλά όχι και για τη βροχόπτωση, επειδή το μικρό μέγεθος του δείγματος της τελευταίας δεν επιτρέπει ασφαλή στατιστικά συμπεράσματα. Στα ίδια αποτελέσματα οδηγεί και ο έλεγχος της γραμμικής συσχέτισης ανάμεσα στην απορροή (ή τη βροχή) και το χρόνο.

Η παραπάνω ανίχνευση τάσεων επιβεβαιώνει πρόσφατες αναλύσεις που έγιναν στη γειτονική υδρολογική λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού. Και εκεί διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις στη βροχή, την απορροή και την εξάτμιση, οι οποίες μάλιστα ξεκινούν από το 1920-21 (Μαμάσης κ.ά., 1990· Κουτσογιάννης κ.ά., 1992· Ναλμπάντης κ.ά., 1994). Οι ποσοστιαίοι ρυθμοί μεταβολής στις δύο λεκάνες είναι παρόμοιοι.



Σχ. 5 Ανίχνευση τάσης στις χρονοσειρές ετήσιας βροχής και απορροής στη λεκάνη ανάτη Κομποτάδων.

5. Στατιστική πρόγνωση πλημμυρικών παροχών

Οι πλημμυρικοί κίνδυνοι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί στην πεδινή περιοχή του Σπερχειού, όπου τα υπάρχοντα αντιπλημμυρικά έργα δεν παρέχουν επαρκή ασφάλεια. Τα διαθέσιμα υδρολογικά δεδομένα δεν παρέχουν άμεση εικόνα της πλημμυρικής δίαιτας του Σπερχειού. Ποτέ δεν έχει μετρηθεί η παροχή σημαντικών πλημμυρών, αλλά ούτε έχουν εγκατασταθεί σταθμηγράφοι στους υδρομετρικούς σταθμούς, ώστε να γίνει δυνατή η ανασύνθεση ιστορικών πλημμυρογραφημάτων. Έτσι η στατιστική πρόγνωση των πλημμυρικών παροχών για διάφορες περιόδους επαναφοράς έχει σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας.

Στην εργασία μας στηριχθήκαμε σε δεδομένα ισχυρών καταιγίδων, όπως αυτά έχουν καταγραφεί στα βροχόμετρα της περιοχής. Από τις σειρές ετήσιων μέγιστων υψών βροχής 24 και 48 ωρών, μετά από στατιστική ανάλυση κατά Gumbel, εκτιμήσαμε τα επιφανειακά μέγιστα ύψη βροχής για περιόδους επαναφοράς από 2 έως 100 χρόνια. Χρησιμοποιώντας με έμμεσο τρόπο και τα αποτελέσματα από όμβριες καμπύλες βροχογράφων τις περιοχής (Δαούλας, 1985) εξαγάγαμε όμβριες καμπύλες για τις επιφανειακές βροχοπτώσεις στο σύνολο της λεκάνης και στις δύο υπολεκάνες που ενδιαφέρουν.

Παράλληλα, καταρτίσαμε συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα για τις τρεις θέσεις χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας, τα οποία επαληθεύσαμε και με τη μέθοδο Snyder.

Κατόπιν, καταρτίσαμε τις καταιγίδες σχεδιασμού για διάφορες περιόδους επαναφοράς, θεωρώντας ολική διάρκεια βροχής 48 ώρες και χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της δυσμενέστερης διάταξης του υετογραφήματος σχεδιασμού. Εκτιμήσαμε το αντίστοιχο ωφέλιμο υετογράφημα με τη μέθοδο SCS για παράμετρο CN = 80. Αυτή η τιμή της παραμέτρου οδηγεί σε απώλειες βροχής 60%-65% για περίοδο επαναφοράς 2 ετών και 35%-40% για περίοδο επαναφοράς 100 ετών. Οι απώλειες αυτές είναι εύλογες για τη λεκάνη Σπερχειού.

Τέλος, με συνδυασμό του ωφέλιμου υετογραφήματος και του μοναδιαίου υδρογραφήματος συνθέσαμε τα πλημμυρογραφήματα για τις διάφορες θέσεις και περιόδους επαναφοράς. Υποθέσαμε βασική ροή που κυμαίνεται από 10 m³/s στο Καστρί μέχρι 20 m³/s στην εκβολή στο Μαλιακό κόλπο, δηλαδή περίπου ίση με τη μέση υπερετήσια παροχή στην κάθε θέση. Τα βασικά χαρακτηριστικά των πλημμυρών σχεδιασμού φαίνονται στον Πίν. 4 και η μεταβολή της παροχής πλημμύρας συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς απεικονίζεται στο Σχ. 6.

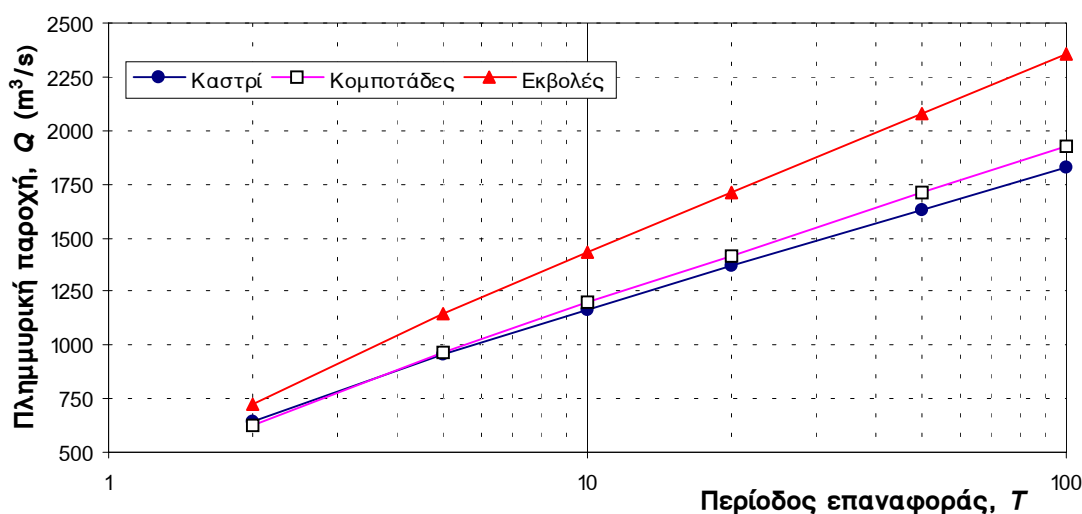
Διευκρινίζουμε τα ακόλουθα σημεία που χαρακτηρίζουν την εφαρμογή της πιο πάνω μεθόδου πρόγνωσης πλημμυρικών παροχών:

- Δεν υποθέσαμε διαφοροποίηση των περιόδων επαναφοράς βροχής και παροχής. Σε αντίθετη περίπτωση οι πλημμυρικές παροχές θα ήταν μεγαλύτερες.
- Αγνοήσαμε τη συνεισφορά της τήξης χιονιού στην πλημμυρική παροχή, η οποία και πάλι θα οδηγούσε σε επαύξηση της πλημμυρικής παροχής.
- Δεν πήραμε υπόψη τη φυσική ανασχεση των πλημμυρών που ενδεχομένως πραγματοποιείται κατά μήκος της πεδινής κοίτης σε περιπτώσεις κατάκλυσης εκτάσεων έξω από την κοίτη του ποταμού. Οι φυσικές ανασχές οδηγούν σε μείωση της παροχής αιχμής. Η εκτίμησή τους απαιτεί τη χρήση λεπτομερούς υδραυλικού μοντέλου χωροχρονικής εξέλιξης της πλημμύρας, πράγμα που ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της εργασίας.

Οι εκτιμήσεις των πλημμυρών της παρούσας εργασίας είναι σημαντικά μεγαλύτερες (περίπου κατά 50%) από παλιότερες εκτιμήσεις (Δαούλας, 1986). Επίσης, είναι σημαντικά μεγαλύτερες από ανάλογες εκτιμήσεις στη γειτονική λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού. Αυτή η διαφοροποίηση εξηγείται από το γεγονός ότι στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού για την ίδια έκταση λεκάνης παρατηρούνται αισθητά μεγαλύτερα μήκη και σημαντικά μικρότερες κλίσεις (περίπου υποδιπλάσιες), πράγμα που οδηγεί σε επιβράδυνση της απορροής. Επίσης στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, παρόλο που οι εντάσεις βροχής έχουν περίπου ίδιο μέγεθος, εμφανίζονται μικρότεροι συντελεστές απορροής (περίπου υποδιπλάσιοι σε ετήσια βάση).

Πίν. 4 Βασικά χαρακτηριστικά καταιγίδων και πλημμυρών σχεδιασμού για διάφορες περιόδους επαναφοράς (Η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται στη βροχόπτωση).

Υπολεκάνη	Ανάτη Καστριού (889.8 km ²)		Ανάτη Κομποτάδων (1168.9 km ²)		Σύνολο (1907.0 km ²)	
	Ολ. ύψος βροχής (mm)	Παροχή αιχμής (m ³ /s)	Ολ. ύψος βροχής (mm)	Παροχή αιχμής (m ³ /s)	Ολ. ύψος βροχής (mm)	Παροχή αιχμής (m ³ /s)
Περίοδος επαναφοράς (T)						
2	72.4	641.6	65.1	629.4	61.5	722.9
5	94.4	953.4	85.8	966.8	81.6	1143.3
10	108.9	1163.7	99.4	1196.0	94.9	1433.2
20	122.9	1367.0	112.5	1418.3	107.7	1714.3
50	141.0	1630.6	129.5	1708.0	124.3	2082.0
100	154.5	1827.9	142.2	1926.1	136.6	2357.5



Σχ. 6 Πλημμυρική παροχή συναρτήσει της περιόδου επαναφοράς.

6. Συμπεράσματα

1. Ο υδρομετρικός εξοπλισμός της λεκάνης Σπερχειού και οι μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από το 1949 και μετά επιτρέπουν την εκτίμηση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της λεκάνης. Ωστόσο, η εκτίμηση αυτή δεν είναι όσο αξιόπιστη θα έπρεπε, επειδή (α) δεν υπάρχουν σταθμηγράφοι στους υδρομετρικούς σταθμούς και (β) έχουν σταματήσει οι άμεσες μετρήσεις παροχής μετά το 1980. Τα δύο αυτά προβλήματα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα.
2. Η ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση στο σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού υπερβαίνει τα 925 mm και ο μέσος ετήσιος συντελεστής απορροής φτάνει την τιμή 0.33. Το επιφανειακό υδατικό δυναμικό του συνόλου της λεκάνης υπερβαίνει τα 650 hm³, πράγμα που την κατατάσσει πρώτη ανάμεσα στις λεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.
3. Διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική πτωτική τάση στην επιφανειακή απορροή στη λεκάνη με ρυθμό 5.3 mm/έτος, η οποία μάλλον εξηγείται από ομόρροπη τάση στη βροχόπτωση.
4. Η στατιστική πρόγνωση της πλημμύρας για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού και για περιόδους επαναφοράς 50-100 ετών υπερβαίνει τα 2000 m³/s. Ωστόσο, η αξιοπιστία της πρόγνωσης αυτής είναι μειωμένη εξαιτίας της ανεπάρκειας των δεδομένων.

Αναγνωρίσεις Τα ιστορικά υδρομετρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία ανήκουν στο ΥΠΕΧΩΔΕ. Τα βροχομετρικά δεδομένα ανήκουν στο ΥΠΕΧΩΔΕ, την ΕΜΥ και τη ΔΕΗ. Η αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων έγινε με το σύστημα ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ (Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας). Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε στα πλαίσια των ερευνητικών προγραμμάτων του ΕΜΠ *Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας* με χρηματοδότηση από το ΥΠΕΧΩΔΕ και επιστημονικό υπεύθυνο τον Θ. Ξανθόπουλο και *Ολοκληρωμένη διαχείριση οικοσυστημάτων λεκάνης Σπερχειού* με χρηματοδότηση από την ΕΕ (Πρόγραμμα Life) και επιστημονικός υπεύθυνος τον Μ. Μποναζούντα. Ευχαριστίες εκφράζονται στους συνεργάτες Ν. Μαμάση και Α. Κουκουβίνο για τη βοήθειά τους.

Αναφορές

Δαούλας, Ε., Οριστική μελέτη με πληρότητα μελέτης εφαρμογής διευθετήσεως τάφρου Λαμίας και χειμάρρου Ξηριά κατάντη Νέας Εθνικής Οδού, 1η τμηματική μελέτη, Τεύχος 2, Υδραυλικοί υπολογισμοί, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 1985.

- Δαούλας, Ε., Οριστική μελέτη με πληρότητα μελέτης εφαρμογής αντιπλημμυρικών έργων Σπερχειού, 2η τμηματική μελέτη, Τεύχος 2, Υδραυλικοί υπολογισμοί, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 1986.
- Hirsch R. M., Helsel, D. R., Cohn, T. A., and Gilroy, E. J., Statistical analysis of hydrological data, in *Handbook of hydrology*, D. Maidment (ed.), McGraw-Hill, 1993.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ναλμπάντης, Ι. και Μαμάσης, Ν., Εκτίμηση του κινδύνου ανεπάρκειας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας σε συνθήκες έμμονης ξηρασίας, *Πρακτικά ημερίδας της ΕΥΔΑΠ "Πιθανότητα εμφάνισης ξηρασίας και υδροδότηση της Πρωτεύουσας"*, 1992.
- Μαμάσης, Ν., Ρώτη, Σ., Κουτσογιάννης, Δ. και Ξανθόπουλος, Θ., Υδρολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης, *Πρακτικά ημερίδας της ΕΕΔΥΠ "Προοπτικές επίλυσης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας"*, Γ. Φούντας, 55-64, 1990
- Ναλμπάντης, Ι., Ν. Μαμάσης, Δ. Κουτσογιάννης, Ε. Μπαλτάς, Ε. Αφιάς, Μ. Μιμίκου και Θ. Ξανθόπουλος, Υδρολογικά χαρακτηριστικά της λειψυδρίας, Πρακτικά της ημερίδας του Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων *Το υδροδοτικό πρόβλημα της Αθήνας*, Αθήνα 12 Απριλίου 1994, σσ. 13-28, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1994.
- Papakostas, N., I. Nalbantis and D. Koutsoyiannis, Modern computer technologies in hydrologic data management, *Proc. 2nd European Conference on Advances in Water Resources Technology and Management*, Lisbon, 14-18 June 1994, Balkema, Rotterdam, 285-293, 1994.
- Tsakalias, G., and D. Koutsoyiannis, A comprehensive system for the exploration of hydrologic data homogeneity, Submitted for publication in *Water Resour. Res.*, 1995.