

# Μελέτη της υδάτινης απορροής και στερεοπαροχής της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού. Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής

Κ. Νικά<sup>1</sup>, Σ. Πούλος<sup>1</sup>, Θ. Γκουρνέλος<sup>1</sup> και Π. Νάστος<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη – Ζωγράφου, 15784, Αθήνα, [poulos@geol.uoa.gr](mailto:poulos@geol.uoa.gr)

<sup>2</sup>Εργαστήριο Κλιματολογίας και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη – Ζωγράφου, 15784, Αθήνα, [nastos@geol.uoa.gr](mailto:nastos@geol.uoa.gr)

## Περίληψη

Ο Βοιωτικός Ασωπός αποστραγγίζει τις σχετικά ξηρές περιοχές της Βοιωτίας και της ΒΑ Αττικής. Η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 721 km<sup>2</sup>, αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα και κύριο χαρακτηριστικό του είναι η μη συνεχής ροή του και τα μικρά ποσά στερεοπαροχής. Στην παρούσα εργασία προσδιορίζεται η επιφανειακή απορροή του Βοιωτικού Ασωπού μέσω δύο προσεγγίσεων (εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου και εφαρμογή του μοντέλου Thornthwaite) και η στερεοπαροχή μέσω των εμπειρικών εξισώσεων των Renfro (1972), Jansen and Painter (1978), Koutsogiannis and Tarla (1987) και Probst (1992). Τέλος επιχειρείται μια εκτίμηση των μελλοντικών μεταβολών των παραπάνω παραμέτρων, ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής. Η μέση ετήσια απορροή του Βοιωτικού Ασωπού για το χρονικό διάστημα 1958-2000, που αντιστοιχεί σε συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Δούνας κ.ά. 1978), ισούται με 76,83x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (1<sup>η</sup> προσέγγιση), ενώ εκείνη που αντιστοιχεί σε ικανότητα αποθήκευσης υγρασίας εδάφους 175 mm (2<sup>η</sup> προσέγγιση) ισούται με 74,27x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Το αιρούμενο φορτίο εκτιμάται στα 28-93 tn/km<sup>2</sup> με το ολικό φορτίο να μην ξεπερνά τους 120 tn/km<sup>2</sup>. Τέλος, λόγω της κλιματικής αλλαγής η επιφανειακή απορροή αναμένεται να μειωθεί κατά 18,35% στο εγγύς μέλλον (2021-2050) και κατά 45,15% στο απώτερο (2071-2100). Παρομοίως, η στερεοπαροχή αναμένεται να μειωθεί κατά 2,46 % στο εγγύς μέλλον (2021-2050) και κατά 15,72 % στο απώτερο (2071-2100).

## Abstract

Rivers with intermittent or ephemeral flow dominate the Mediterranean Europe and in particular areas with semi-dry climate conditions. Given the contribution of the small river systems to landscape evolution and to pollution of coastal area, there is a tremendous lack of systematic measurements of discharge and sediment load in small (<1000 km<sup>2</sup>) catchments. Asopos River drains an area of 721 km<sup>2</sup> having its sources on Kithaironas Mountain and debouching to the south Evoikos Gulf. The eastern part of its drainage basin is considered as one of the most industrialised areas of Greece, incorporating more than 220 industrial and handcraft plants. Lithologically, it consists mostly of limestone, marl and Quaternary deposits. The permeable character of its substrate favors infiltration and percolation of the greatest part of precipitation volumes, which combined with the low level of rainfall leads to minimum quantities of running water during the biggest part of the year. In addition, the aforementioned small runoff combined with small topographic slopes result also to low values of sediment yield. This study aims to determine current and future surface runoff and sediment yield of Asopos River. In the case of surface runoff estimation, two approaches are followed: the first approach is related to the calculation of the water balance considering several parameters involved, while the second one utilizes the Thornthwaite monthly water balance program (software of U.S. Geological Survey). In both cases, the source data used were those of the monthly temperature and rainfall taken from four nearby meteorological stations of the National Meteorological Service. The mean annual runoff corresponding to evapotranspiration coefficient 50% of the atmospheric precipitation is equal to 76,8 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (1<sup>st</sup> approach), while the one provided by Thownrwaite' model for soil moisture storage capacity of 175 mm (2<sup>nd</sup> approach) is equal to 74,3x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Due to the lack of sediment yield measurements, the calculation of sediment yield was made with the application of the equations provided by Renfro (1972), Jansen & Painter (1978), Koutsogiannis & Tarla (1987) and Probst (1992). The estimated suspended sediment load is about 28-93 tones/km<sup>2</sup>, while

its total load does not exceed 120 tones/km<sup>2</sup>. Finally, the estimation of future levels of surface runoff and sediment yield of Asopos was based on simulations of monthly rainfall and temperature levels, according to the regional climate model RAMCO-2 (KNMI; the European Project ENSEMBLES), for near (2021-2050) and distant (2071-2100) future in relation to the reference period of 1961-1990. The estimates show that surface runoff is expected to be reduced by 18,35% in near future and by 45,15 % in distant future. Similarly, sediment yield is expected also to be reduced by 2,46 % in near future and by 15,72 % in distant future.

**Λέξεις Κλειδιά:** Βοιωτικός Ασωπός, επιφανειακή απορροή, στερεοπαροχή, κλιματική αλλαγή

**Key words:** Asopos River, surface runoff, sediment yield, climate change

## 1. Εισαγωγή

Στη Μεσόγειο, εκτός από τα μεγάλα ποτάμια συνεχούς ροής, εκβάλλει ένας πολύ σημαντικός αριθμός μικρότερων συστημάτων με διακοπτόμενη ή εφήμερη ροή. Τα συστήματα αυτά κυριαρχούν στην Ελλάδα (καλύπτουν το 42,5% της επικράτειας) ως αποτέλεσμα κλιματικών (ημίξηρο κλίμα) και γεωλογικών (καρστικοί σχηματισμοί) χαρακτηριστικών (Tzoraki et al. 2007).

Η τρίτη διακυβερνητική επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή προσδιορίζει μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα μια αύξηση της θερμοκρασίας από 2-5 °C και γενικότερα συμπεραίνει ότι θα επέλθει ένα ξηρότερο κλίμα παγκοσμίως με μείωση των κατακρημνισμάτων. Επιπρόσθετα προσδιορίζεται από τους Στουρνάρα κ.ά. (2011) μια μείωση των τιμών ύψους βροχής κατά 3-7% και του συνολικού υδατικού δυναμικού κατά 7-20%, για την περίοδο 2021-2050 και 14-22% επί της βροχόπτωσης και 30-54% επί του υδατικού δυναμικού για την περίοδο 2071-2100, στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας. Η μείωση αυτή του ύψους βροχής και του συνολικού υδατικού δυναμικού με την ταυτόχρονη αύξηση των αναγκών σε νερό και της θέρμανσης του πλανήτη, θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των ποταμών διακοπτόμενης ή εφήμερης ροής (Larned et al. 2010).

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό της τον προσδιορισμό της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας του Βοιωτικού Ασωπού, καθώς και την εκτίμηση των μελλοντικών τους μεταβολών ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής.

## 2. Περιοχή Μελέτης

Ο Βοιωτικός Ασωπός πηγάζει από το οροπέδιο των Λεύκτρων. Η λεκάνη του έχει έκταση περίπου 721 km<sup>2</sup> και περίμετρο 170 km (Παπαϊωάννου κ.ά. 1999). Το μήκος του υπολογίζεται στα 60 km (Δούνας κ.ά. 1978; Ψιλοβίκος και Χαχαμίδου 1987) και αποχετεύει τα νερά του νότιου τμήματος της πεδιάδας των Θηβών, συνεχίζει με διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά, εισέρχεται στη βόρεια Αττική και τελικά εκβάλλει στο νότιο Ευβοϊκό Κόλπο. Ο κύριος άξονας στη λεκάνη του Ασωπού συμπίπτει με τη διεύθυνση των κύριων συστημάτων ρηγμάτων της περιοχής (Θέος 2008). Γενικά το υδρογραφικό δίκτυό του είναι αραιό με μεγάλο μήκους κλάδους, παράλληλου τύπου (Εικ. 1). Χαρακτηρίζεται από μια άνιση ανάπτυξη του βόρειου και νότιου τμήματος εκατέρωθεν του κύριου κλάδου (Φραγκόπουλος 1992).

Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η διακοπτόμενη ροή που παρουσιάζεται μόνο μετά από έντονες βροχοπτώσεις (Μπότσου κ.ά. 2008). Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το 1969 με Προεδρικό Διάταγμα επετράπη η εγκατάσταση βιομηχανικών μονάδων στα Οινόφυτα και το 1979 με Διανομαρχιακή Απόφαση χαρακτηρίστηκε αποδέκτης αποβλήτων, δημιούργησε έντονα προβλήματα ρύπανσης.

Το δέλτα του Ασωπού ποταμού είναι ακιδωτού τύπου και η διαμόρφωσή του οφείλεται κυρίως στην επίδραση της κυματικής ενέργειας. Σύμφωνα με τους Gaki et al. (2011) έχει έκταση 6,5 km<sup>2</sup>. Οι σημερινές εκβολές του ποταμού βρίσκονται στην δυτική οριακή τους θέση (Μαρουκιάν και Λεοντάρης 1988).



Εικόνα 1: Λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού ποταμού

Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος εντάσσεται γεωτεκτονικά στην Πελαγονική ενότητα (Παπανικολάου κ.ά. 1986). Οι σχηματισμοί της περιοχής υδρογεωλογικά διακρίνονται σε (Δούνας κ.ά. 1978): (α) υδροπερατούς (το μεγαλύτερο μέρος των μεσοζωικών ασβεστολίθων, οι μαργαικοί ασβεστόλιθοι του Νεογενούς και οι αδρομερείς αποθέσεις του Τεταρτογενούς), (β) ημιπερατούς (ένα μέρος των ασβεστολίθων, τα μεσοκοκκώδη στρώματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς και οι μανδύες αποσάθρωσης των νεοπαλαιοζωικών στρωμάτων, των υλικών της σχιστοκερατολιθικής διαπλάσεως και των ιζημάτων του φλύσχη) και (γ) υδατοστεγανούς (η σχιστοκερατολιθική διάπλαση πλην των ασβεστολίθων, ο υγιής φλύσχη, τα αργιλομαργαικά στρώματα του Νεογενούς και οι λεπτομερείς αποθέσεις του Τεταρτογενούς).

### 3. Υλικά και Μέθοδοι

Για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας αντλήθηκαν πρωτογενή δεδομένα από τοπογραφικούς χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) κλίμακας 1:50.000 (ΒΑΓΙΑ, ΘΗΒΑΙ, ΧΑΛΚΙΣ, ΕΡΕΤΡΙΑ, ΚΗΦΙΣΙΑ, ΑΘΗΝΑ-ΕΛΕΥΣΙΣ, ΕΡΥΘΡΑΙ), καθώς και από τον γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) κλίμακας 1:500.000. Δημιουργήθηκε μια ψηφιακή βάση δεδομένων για την περιοχή μελέτης με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS. Σημειώνεται ότι όλοι οι μαθηματικοί υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον του Microsoft Office Excel.

Για την περιοχή μελέτης δεδομένου ότι δεν υπάρχουν μετρήσεις παροχών, η επιφανειακή απορροή ( $Q$ ) υπολογίστηκε έμμεσα ακολουθώντας δύο προσεγγίσεις. Η πρώτη αναφέρεται στον υπολογισμό των επιμέρους παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου σε μηνιαία βάση, του προσδιορισμού δηλαδή του ποσού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται μηνιαία η λεκάνη απορροής ( $P$ ), της εξατμιδοδιαπνοής ( $ET$ ) και της ποσότητας του ύδατος που κατεισδύει εντός του εδάφους ( $I$ ). Η δεύτερη προσέγγιση στηρίζεται στο μηνιαίο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite, όπως αυτό περιγράφεται από τον Mather (1978).

Και στις δυο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές των βροχομετρικών υψών και οι ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες από τέσσερις (4) μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΜΥ (βλέπε Πίν. 1).

Ο υπολογισμός του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής (1<sup>η</sup> προσέγγιση) στη λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού πραγματοποιήθηκε μέσω της μεθόδου των πολυγώνων Thiessen. Ο σχεδιασμός του χάρτη της Εικόνας 2, που παρουσιάζει τα πολύγωνα Thiessen και τις επιμέρους περιοχές επιρροής, καθώς και οι σχετικές εμβαδομετρήσεις έγιναν μέσω του λογισμικού GIS- ARC VIEW.

Για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής στη λεκάνη του Ασωπού ποταμού (1η προσέγγιση) εφαρμόστηκε η μέθοδος του Coutagne (1949). Επισημαίνεται ότι κατά την εκτίμηση χρησιμοποιήθηκαν δημοσιευμένες τιμές οι οποίες αφορούν στην περιοχή του μέσου του Ασωπού (Δούνας κ.ά. 1978) και στην περιοχή μεταξύ Μεγάρων και Ερυθρών (Δούνας 1971).

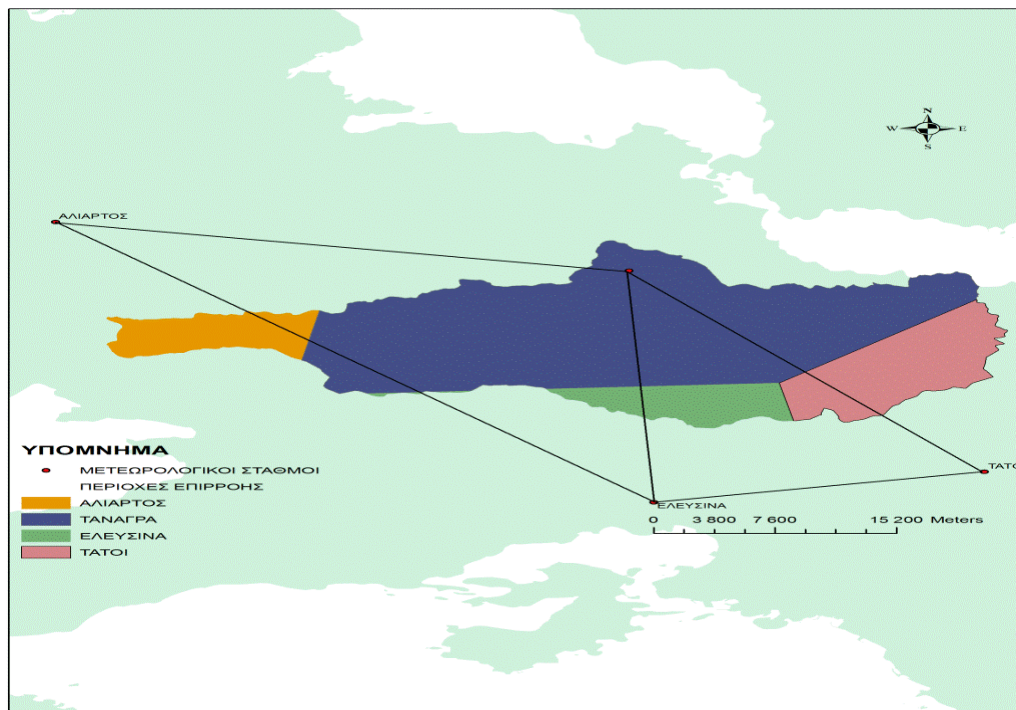
Πίνακας 1 : Μέσο μηνιαίο βροχομετρικό ύψος (P σε mm) και μέση θερμοκρασία (T σε °C) των μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής μελέτης και οι χρονικές περιόδους που καλύπτουν τις μετρήσεις. Πηγή: Ε.Μ.Υ.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡ.	ΤΑΝΑΓΡΑ 1958-2000		ΑΛΙΑΡΤΟΣ 1958-1997		ΕΛΕΥΣΙΝΑ 1958-2000		ΤΑΤΟΪ 1958-2000	
	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	65,36	7,3	70,04	7,1	46,89	9,2	68,55	7,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	49,43	7,5	73,63	8,2	38,72	9,5	49,58	8,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	54,77	9,6	96,35	10,6	42,17	11,4	50,19	9,8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	26,71	13,3	83,32	15,2	25,45	15,2	24,64	13,5
ΜΑΙΟΣ	22,62	18,2	70,91	20,6	18,96	20,3	20,58	18,4
ΙΟΥΝΙΟΣ	11,25	22,9	72,71	25,7	7,87	25,03	10,8	23
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,90	25,1	38,67	27,2	5,36	27,7	10,52	25,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	9,55	24,9	30,60	26,2	5,15	27,5	4,87	25,5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	17,93	21,3	17,07	22,6	11,86	23,8	13,44	21,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	48,42	16,8	6,28	16,9	40,81	18,9	47,98	17,04
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	62,93	12,7	13,54	12	62,29	14,5	57,58	12,7
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	76,04	9,2	22,19	8,6	65,69	10,97	76,37	9,3
ΕΤΗΣΙΟ	452,9	15,73	595,29	16,74	371,23	17,83	435,09	16,02

Τέλος η κατείσδυση (1<sup>η</sup> προσέγγιση) υπολογίζεται με τη βοήθεια πινάκων από τη βιβλιογραφία που μας δίνουν τους συντελεστές κατείσδυσης των κυριότερων γεωλογικών σχηματισμών (Ψωμιάδης 2010).

Κατά την 2<sup>η</sup> προσέγγιση ο προσδιορισμός της επιφανειακής απορροής έγινε μέσω του λογισμικού του U.S. Geological Survey (USGS) που περιγράφεται αναλυτικά από τους McCabe and Markstrom (2007). Τα δεδομένα που εισάγονται είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία και το συνολικό βροχομετρικό ύψος (Πίν. 1). Ακόμη, εισάγονται το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής μελέτης (38°), που σχετίζεται με τον υπολογισμό της διάρκειας της ημέρας (δυναμική εξατμισοδιαπνοή), ο συντελεστής άμεσης απορροής (5%), το κατώφλι θερμοκρασίας βροχής (3,3°C), το κατώφλι θερμοκρασίας χιονιού (-10°C) και ο μέγιστος ρυθμός τήξης του πάγου (50%). Τέλος, για την ικανότητα αποθήκευσης υγρασίας στο έδαφος, λαμβάνονται τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 100 mm και 250 mm (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1997; Μπότσου κ.ά. 2008). Επισημαίνεται ότι σε εργασία των Τζιμόπουλου και Πλιάτσικα (2005), που αφορούσε το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, η ικανότητα κατακράτησης υγρασίας του εδάφους έχει

ληφθεί ίση με 100 mm, ενώ ο Καραπάνος (2005) για τον νομό Αχαΐας λαμβάνει υπόψη του τιμή ίση με 135 mm. Επιπρόσθετα, για την περιοχή του Ασωπού ποταμού ο Θέος (2008) υπολογίζει τιμή της ικανότητας κατακράτησης υγρασίας στα 118 mm για την ζώνη υψομέτρου 0-400 m, 109 mm για υψόμετρα 400-700m και 173 mm για την ζώνη υψομέτρου 700-1400 m.



Εικόνα 2: Πολύγωνα THIESSEN και περιοχές επιρροής κάθε βροχομετρικού σταθμού στη λεκάνη απορροής του Βοιωτικού Ασωπού. Με διαφορετικό χρώμα απεικονίζονται οι επιμέρους περιοχές επιρροής. Το ύψος βροχής που μετρήθηκε σε κάθε βροχομετρικό σταθμό θεωρείται ότι είναι το ύψος βροχής που έπεσε στο πολύγωνο που το περιβάλλει.

Η αναζήτηση μεθοδολογιών εκτίμησης της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας – δεδομένης της έλλειψης μετρήσεων- έγινε στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία με κριτήριο οι εμπειρικές σχέσεις να μπορούν να δώσουν αποτελέσματα βασισόμενες στα λιγοστά δεδομένα που διαθέτουμε για την περιοχή μελέτης. Παράλληλα τα χαρακτηριστικά των υδρογραφικών δικτύων που έχουν εφαρμοστεί οι σχέσεις αυτές θα πρέπει να ταιριάζουν με τα χαρακτηριστικά του Βοιωτικού Ασωπού. Κατά αυτόν τον τρόπο οδηγηθήκαμε στην εφαρμογή των εξισώσεων Renfro (1972), Jansen και Painter (1978), Κουτσογιάννης και Ταρλά (1987) και Probst (1992).

Η εκτίμηση των μελλοντικών τιμών επιφανειακής απορροής και στερεοπαροχής του ποταμού Βοιωτικού Ασωπού στηρίχθηκε στις προσομοιώσεις των μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, από το περιοχικό κλιματικό μοντέλο RAMCO-2 (KNMI) (van Meijgaard et al. 2008) από το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα ENSEMBLES και αφορούν το εγγύς μέλλον 2021-2050 και το μακρινό μέλλον 2071-2100 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1961-1990.

### 3. Αποτελέσματα - Συζήτηση

#### 3.1 Επιφανειακή Απορροή

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P) σε  $10^6 \text{ m}^3$  και η μέση μηνιαία κατείδυση (I) σε  $10^6 \text{ m}^3$  υπολογισμένη για κάθε μια από της περιοχές επιρροής των πολυγώνων Thiessen.

Ο προσδιορισμός της κατείδυσης έγινε μέσω του βαρυκεντρικού συντελεστή κατείδυσης που προέκυψε από βιβλιογραφικά δεδομένα και είναι της τάξης του 45% για τα ανθρακικά πετρώματα, 10% για τον φλύσχη, 15% για τις νεογενείς αποθέσεις, 20% για τις αλλουβιακές αποθέσεις, 25% για τα ριπίδια κλιτύων και τις αποθέσεις αναβαθμίδων, 8% για τους οφιόλιθους και 13% για τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση (Ψωμιάδης 2010).

Το μέρος της κατείδυσης που επανέρχεται και προστίθεται στην απορροή δεν έχει προσμετρηθεί αλλά θεωρείται πολύ μικρό με βάση τα μικρά ύψη βροχής σε συνδυασμό με την μορφολογία (μικρές κλίσεις) και την λιθολογία της λεκάνης απορροής.

Πίνακας 2 : Μέσος μηνιαίος όγκος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P σε  $10^6 \text{ m}^3$ ) και μέση μηνιαία κατείδυση (I σε  $10^6 \text{ m}^3$ ) των τεσσάρων υπο-περιοχών (πολύγωνα Thiessen) καθώς και του συνόλου της λεκάνης του Ασωπού ποταμού.

	Τανάγρα		Αλιάρτος		Ελευσίνα		Τατόι		Λεκάνη	
	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
	$10^6 \text{ m}^3$		$10^6 \text{ m}^3$		$10^6 \text{ m}^3$		$10^6 \text{ m}^3$		$10^6 \text{ m}^3$	
<b>I</b>	32,34	7,93	4,06	0,95	2,66	1,06	7,65	2,51	46,71	12,44
<b>Φ</b>	24,45	6	4,27	0,99	2,2	0,87	5,54	1,82	36,45	9,68
<b>M</b>	27,1	6,64	5,58	1,3	2,39	0,95	5,6	1,84	40,67	10,73
<b>A</b>	13,21	3,24	4,83	1,12	1,44	0,57	2,75	0,9	22,24	5,84
<b>M</b>	11,19	2,74	4,11	0,96	1,08	0,43	2,3	0,75	18,67	4,88
<b>I</b>	5,57	1,36	4,21	0,98	0,45	0,18	1,21	0,4	11,43	2,92
<b>I</b>	3,91	0,96	2,24	0,52	0,3	0,12	1,17	0,39	7,63	1,99
<b>A</b>	4,72	1,16	1,77	0,41	0,29	0,12	0,54	0,18	7,33	1,86
<b>Σ</b>	8,87	2,18	0,99	0,23	0,67	0,27	1,5	0,49	12,03	3,16
<b>O</b>	23,95	5,87	0,36	0,09	2,32	0,92	5,36	1,76	31,99	8,63
<b>N</b>	31,13	7,63	0,78	0,18	3,54	1,4	6,43	2,11	41,88	11,33
<b>Δ</b>	37,62	9,22	1,29	0,3	3,73	1,48	8,53	2,8	51,16	13,8
<b>Ετ.</b>	<b>224,06</b>	<b>54,94</b>	<b>34,49</b>	<b>8,03</b>	<b>21,07</b>	<b>8,37</b>	<b>48,57</b>	<b>15,93</b>	<b>328,19</b>	<b>87,26</b>

Στον Πίνακα 3 δίνονται οι μέσες ετήσιες τιμές της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ανά περιοχή επιρροής του κάθε μετεωρολογικού σταθμού, προσδιορισμένες μέσω της μεθόδου Coutagne (1949).

Πίνακας 3 : Έκταση A σε  $\text{km}^2$  των τεσσάρων υπο-περιοχών της λεκάνης απορροής του Ασωπού ποταμού (πολύγωνα Thiessen) και μέση ετήσια εξατμισοδιαπνοή ET σε  $10^6 \text{ m}^3$  (μέθοδος Coutagne) για κάθε μια από αυτές.

Περιοχή Σταθμού Επιρροής	A ( $\text{km}^2$ )	ET ( $10^6 \text{ m}^3$ )
<b>Τανάγρα</b>	494,73	190,27
<b>Αλιάρτος</b>	57,93	27,96
<b>Ελευσίνα</b>	56,76	18,7
<b>Τατόι</b>	111,64	41,63
<b>Λεκάνη</b>	<b>721,06</b>	<b>278,56</b>

Για το σύνολο της λεκάνης η μέση ετήσια εξατμισοδιαπνοή (ET) προσδιορίζεται στο 84,87% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Η τιμή αυτή κρίνεται υπερβολική, λόγω της

γρήγορης διήθησης του ύδατος στους υδροπερατούς σχηματισμούς. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η μέθοδος Coutagne υπολογίζει τη μέγιστη εξατμισοδιαπνοή, καθώς δεν συνυπολογίζονται οι μορφολογικές κλίσεις, η λιθολογία και η φυτοκάλυψη. Έτσι, στα πλαίσια της εργασίας αυτής η επιφανειακή απορροή υπολογίζεται για συντελεστές ET 35%, 40%, 45%, 50% και 55% επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βλέπε Πίν. 4) με βάση τις δημοσιευμένες τιμές ET των Δούνα (1971) και Δούνα κ.ά. (1978), οι οποίοι αναφέρουν συντελεστές εξατμισοδιαπνοής στη λεκάνη του μέσου ρου του Ασωπού ποταμού και στην περιοχή μεταξύ Μεγάρων και Ερυθρών από 35% μέχρι και 55%.

Πίνακας 4 : Επιφανειακή απορροή Q σε  $10^6 \text{ m}^3$  για το σύνολο της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού και για συντελεστές εξατμισοδιαπνοής 35%, 40%, 45%, 50% και 55%.

	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) για ET <sub>35</sub>	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) για ET <sub>40</sub>	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) για ET <sub>45</sub>	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) για ET <sub>50</sub>	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) για ET <sub>55</sub>
<b>ΙΑΝ</b>	17,92	15,59	13,25	10,91	8,58
<b>ΦΕΒ</b>	14,02	12,2	10,37	8,55	6,73
<b>ΜΑΡ</b>	15,71	13,67	11,64	9,61	7,57
<b>ΑΠΡ</b>	8,61	7,5	6,39	5,28	4,17
<b>ΜΑΙ</b>	7,26	6,32	5,39	4,45	3,52
<b>ΙΟΥΝ</b>	4,51	3,94	3,37	2,8	2,22
<b>ΙΟΥΛ</b>	2,97	2,59	2,21	1,83	1,45
<b>ΑΥΓ</b>	2,9	2,53	2,17	1,8	1,43
<b>ΣΕΠ</b>	4,66	4,06	3,45	2,85	2,25
<b>ΟΚΤ</b>	12,16	10,56	8,96	7,36	5,76
<b>ΝΟΕ</b>	15,89	13,8	11,7	9,61	7,52
<b>ΔΕΚ</b>	19,45	16,89	14,34	11,78	9,22
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>126,06</b>	<b>109,65</b>	<b>93,24</b>	<b>76,83</b>	<b>60,42</b>

Τα αποτελέσματα της 2<sup>ης</sup> προσέγγισης, η οποία περιλαμβάνει τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής μέσω του μοντέλου του υδατικού ισοζυγίου (U.S. Geological Survey -USGS) παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Επισημαίνεται ότι το πρόγραμμα έτρεξε για τον κάθε σταθμό επιρροής του Βοιωτικού Ασωπού χωριστά και στην συνέχεια έγινε ο υπολογισμός της σταθμισμένης απορροής της λεκάνης.

Πίνακας 5 : Αποτελέσματα Επιφανειακής απορροής ( $10^6 \text{ m}^3$ ), όπως αυτά προσδιορίστηκαν μέσω του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite και για ικανότητα κατακράτησης υγρασίας του εδάφους 100, 150, 175, 200 και 250 mm.

ΕΔΑΦ. ΥΓΡ.	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΕΤ.
<b>100</b>	43,7	31	22,3	11,7	6,2	3,2	1,7	1	0,9	1,8	2,2	2,6	128,4
<b>150</b>	25,7	22	17,8	9,5	5,1	2,7	1,4	0,9	0,9	1,7	2,2	2,6	92,3
<b>175</b>	16,8	17,4	15,5	8,3	4,6	2,4	1,3	0,8	0,8	1,7	2,1	2,6	74,3
<b>200</b>	11,5	11,6	12,7	6,9	3,8	2	1,1	0,7	0,8	1,7	2,1	2,6	57,5
<b>250</b>	11,5	6,4	5,5	3,3	2,03	1,2	0,7	0,5	0,6	1,6	2,1	2,6	38,04

Παρατηρούμε ότι με βάση την 1<sup>η</sup> προσέγγιση η μέση ετήσια απορροή που αντιστοιχεί σε συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ισούται με  $76,83 \times 10^6 \text{ m}^3$  και αντιστοιχεί σε ένα υδατικό δυναμικό  $0,107 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , ενώ η τιμή που υπολογίζεται κατά την 2<sup>η</sup> προσέγγιση για ικανότητα κατακρατησης υγρασίας 175 mm είναι  $74,27 \times 10^6 \text{ m}^3$  αντιστοιχώντας σε ένα υδατικό δυναμικό  $0,103 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ .

Τα αποτελέσματα και των δύο προσεγγίσεων υπολογισμού της υδατοπαροχής είναι κοντά στην τιμή του υδατικού δυναμικού  $0,10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , η οποία αντιστοιχεί σε μια μέση ετήσια μετρημένη απορροή  $23 \times 10^6 \text{ m}^3$  του 30,3% ( $227 \text{ km}^2$ ) της λεκάνης του Ασωπού ποταμού από τον Θεριανό (1974).

### 3.2 Στερεοπαροχή

Στον Πίνακα 6 που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα υπολογισμού της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας όπως αυτά προσδιορίστηκαν μέσω των εμπειρικών εξισώσεων των Renfro (1972) και USLE (1978), Jansen and Painter (1978), Κουτσογιάννης και Ταρλά (1987) και των δύο εξισώσεων του Probst (1992).

Πίνακας 6: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογισμού στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ( $\text{tn}/\text{km}^2$ )	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ( $\text{tn}/\text{km}^2$ )
USLE (1978) και Renfro (1972)		99,97
Jansen & Painter (1973)	92,4	115,5
Κουτσογιάννης & Τάρλας (1987)	28,21	35,26
Probst 1 (1992)	54,35	67,94
Probst 2 (1992)	92,67	115,84

Σύμφωνα με τους Poulos and Chronis (1997) η μέση ετήσια παροχή σε ίζημα (υπό αώρηση) ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (ιζηματολογικό δυναμικό) των ελληνικών ποταμών κυμαίνεται μεταξύ  $65 \text{ tn}/\text{km}^2$  και  $650 \text{ tn}/\text{km}^2$ , κάτι που έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.

### 3.3 Εκτίμηση των μεταβολών των τιμών επιφανειακής απορροής και στερεοπαροχής λόγω της κλιματικής αλλαγής

Επισημαίνεται ότι για την εκτίμηση της μελλοντικής παροχής ύδατος έχει χρησιμοποιηθεί το μοντέλο THORTHWAITE του U.S. Geological Survey (USGS) ως πιο αξιόπιστο καθώς όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής που υπολογίζονται με την μέθοδο Coutagne είναι υπερεκτιμημένες.

Όπως και στο πρώτο μέρος της παρούσας μελέτης και για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα δεχόμαστε ως τιμή της ικανότητας κατακρατησης εδαφικής υγρασίας τα 175 mm. Στους Πίνακες 7 και 8 παρουσιάζονται οι τιμές της μέσης μηνιαίας απορροής και βροχόπτωσης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα καθώς και οι ποσοστιαίες (%) μεταβολές τους.

Όσον αφορά την τριακονταετία 2021-2050 παρατηρείται γενικά μια μείωση των τιμών ύψους βροχής και συνολικής επιφανειακής απορροής που σε ετήσια κλίμακα φτάνει το 1,3 % και 18,35 %, αντιστοίχως, με την μείωση των τιμών αυτών να συνεχίζεται και για το διάστημα 2071-2100 αγγίζοντας το 14% και 45,15%, αντίστοιχα.

Πίνακας 7: Μέσες μηνιαίες τιμές απορροής και βροχόπτωσης για τα χρονικά διαστήματα 1958-2000 και 2021-2050 και οι % μεταβολές τους. Το (-) υποδηλώνει μείωση της παραμέτρου.

ΜΗΝΑΣ	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) (1958-2000)	Q ( $10^6 \text{ m}^3$ ) (2021-2050)	$\Delta Q$ (%)	P (mm) (1958-2000)	P (mm) (2021-2050)	$\Delta P$ %
ΙΑΝ.	16,79	13,48	-19,71	64,78	57,2	-11,7
ΦΕΒ.	17,41	14,71	-15,51	50,55	47,78	-5,48
ΜΑΡ.	15,52	11,83	-23,78	56,41	49,74	-11,82
ΑΠΡ	8,32	6,13	-26,32	30,84	31,63	2,56
ΜΑΙ	4,56	3,39	-25,66	25,89	24,36	-5,93

ΙΟΥΝ.	2,35	1,80	-23,40	15,85	15,08	-4,85
ΙΟΥΛ.	1,26	0,94	-25,40	10,58	9,15	-13,55
ΑΥΓ.	0,79	0,65	-17,72	10,17	9,98	-1,87
ΣΕΠ.	0,84	0,72	-14,29	16,69	15,42	-7,61
ΟΚΤ.	1,73	1,95	12,72	44,36	51,25	15,54
ΝΟΕ.	2,14	2,24	4,67	58,08	61	5,02
ΔΕΚ.	2,56	2,81	9,77	70,95	76,67	8,06
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>74,27</b>	<b>60,64</b>	<b>-18,35</b>	<b>455,15</b>	<b>449,26</b>	<b>-1,3</b>

Πίνακας 8: Μέσες μηνιαίες τιμές απορροής και βροχοπτώσης για τα χρονικά διαστήματα 1958-2000 και 2071-2100 και οι % μεταβολές τους. Το (-) υποδηλώνει μείωση της παραμέτρου

ΜΗΝΑΣ	Q (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (1958-2000)	Q (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (2071-2100)	ΔQ (%)	P (mm) (1958-2000)	P (mm) (2071-2100)	ΔP (%)
ΙΑΝ.	16,79	11,18	-33,41	64,78	53,78	-16,98
ΦΕΒ.	17,41	10,24	-41,18	50,55	41,8	-17,32
ΜΑΡ.	15,52	5,77	-62,82	56,41	39,05	-30,77
ΑΠΡ.	8,32	3,1	-62,74	30,84	26,56	-13,87
ΜΑΙ	4,56	1,8	-60,53	25,89	19,39	-25,1
ΙΟΥΝ.	2,35	1,08	-54,04	15,85	15,81	-0,28
ΙΟΥΛ.	1,26	0,58	-53,97	10,58	9,41	-11,07
ΑΥΓ.	0,79	0,43	-45,57	10,17	8,31	-18,25
ΣΕΠΤ.	0,84	0,65	-22,62	16,69	15,25	-8,64
ΟΚΤ.	1,73	1,59	-8,09	44,36	43,89	-1,06
ΝΟΕΜ.	2,14	1,95	-8,88	58,08	53,78	-7,41
ΔΕΚ.	2,56	2,38	-7,03	70,95	65,67	-7,44
<b>ΕΤΗΣΙΟ</b>	<b>74,27</b>	<b>40,74</b>	<b>-45,15</b>	<b>455,15</b>	<b>392,7</b>	<b>-13,72</b>

Το διάστημα 2021-2050, σε μηνιαία βάση, παρατηρείται γενικά μια αύξηση της βροχοπτώσης κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου, ενώ η τάση είναι πτωτική για τους υπόλοιπους μήνες. Όμως για το διάστημα 2071-2100 οι μεγαλύτερες μειώσεις εμφανίζονται κατά τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, που αποτελούν και τη βασική περίοδο βροχοπτώσεων στον ελληνικό χώρο.

Για την περίοδο Μάρτιου – Ιουλίου και το διάστημα 2021-2050 σημαντική είναι η μείωση της επιφανειακής απορροής με μεταβολές που κυμαίνονται κοντά στο 25%, ενώ για το 2071-2100 η μείωση φαίνεται να ξεπερνά το 50% την ίδια περίοδο.

Επισημαίνεται ότι οι παραπάνω υπολογιζόμενες μεταβολές έρχονται σε συμφωνία με αυτές που προσδιορίστηκαν στην πρόσφατη επιστημονική έκδοση της Τραπέζης της Ελλάδος (Στουρνάρας κ.ά. 2011).

Τέλος, στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές της στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφάνειας, όπως αυτές προσδιορίστηκαν με τις διάφορες μεθόδους, για τις δύο μελλοντικές περιόδους και οι αντίστοιχες μεταβολές τους από την περίοδο 1958-2000.

Πίνακας 9: Μέσες ετήσιες τιμές της συνολικής στερεοπαροχής (SY) του Βοιωτικού Ασωπού για κάθε ένα από τα χρονικά διαστήματα (1958-2000, 2021-2050 και 2071-2100). Οι τιμές αναφέρονται στο συνολικό φορτίο μεταφοράς του ποταμού (θεωρώντας ότι το αιωρούμενο αποτελεί το 75% του συνολικού φορτίου σύμφωνα με τους UNESCO (1985) και Skoulikidis (1996) )

Μέθοδοι Προσδιορισμού Στερεοπαροχής	SY (tn/km <sup>2</sup> ) (2021-2050)	SY (tn/km <sup>2</sup> ) (2071-2100)	SY (tn/km <sup>2</sup> ) (1958-2000)	% (2021-2050)	% (2071-2100)
USLE	98,61	85,57	99,97	-1,36	-14,4
Jansen & Painter	115,83	100,55	115,5	0,29	-12,94
Κουτσογιάννης & Τάρλας	34,64	29,234	35,26	-1,76	-17,09
Probst (1)	64,3	55,9	67,94	-5,36	-17,72
Probst (2)	111,06	96,8	115,84	-4,13	-16,44

Έτσι για το χρονικό διάστημα 2021-2050 παρατηρείται μια μείωση του φορτίου μεταφοράς του ποταμού που κυμαίνεται ανάλογα με την μέθοδο προσδιορισμού από 1,36 % έως 5,36% (μέση τιμή 2,46%), ενώ για το διάστημα 2071-2100 η μείωση γίνεται ακόμα μεγαλύτερη με τιμές που κυμαίνονται από 12,94 % έως 17,72 % (μέση τιμή 15,72%).

#### 4. Συμπεράσματα

Η μέση ετήσια απορροή του Βοιωτικού Ασωπού για το χρονικό διάστημα 1958-2000, που αντιστοιχεί σε συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 50% και σε ικανότητα αποθηκευσης υγρασίας εδάφους 175 mm εκτιμάται σε 74,3 - 76,8 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Γενικά, η επιφανειακή απορροή χαρακτηρίζεται από απότομες μεταβολές και γενικά από μικρές τιμές που οφείλονται κυρίως στα μικρά ύψη ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και στην μεγάλη κατείδυση μέσω των αδρομερών αποθέσεων του Νεογενούς και Τεταρτογενούς και των υδροπερατών ασβεστολίθων.

Το αιωρούμενο φορτίο για το διάστημα 1958-2000 εκτιμάται στα 28-93 tn/km<sup>2</sup> με το ολικό φορτίο να μην ξεπερνά τους 120 tn/km<sup>2</sup>. Οι γενικά μικρές εκτιμώμενες τιμές στερεοπαροχής δικαιολογούνται από την μικρή επιφανειακή απορροή του ποταμού, την λιθολογία, την φυτοκάλυψη, ενώ κατά τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης αναμένεται να είναι ακόμη χαμηλότερη.

Με βάση τα σενάρια κλιματικής αλλαγής, η επιφανειακή απορροή αναμένεται να μειωθεί κατά 18,35 % στο εγγύς (2021-2050) και κατά 45,15 % στο απώτερο (2071-2100) μέλλον. Παρομοίως, η στερεοπαροχή αναμένεται να μειωθεί κατά 2,46 % το διάστημα 2021-2050 και κατά 15,72 % το διάστημα 2071-2100.

Με βάση τα ανωτέρω η μικρή σχετικά απορροή του Ασωπού ποταμού, που αναμένεται να ελαττωθεί περαιτέρω τα επόμενα χρόνια, ευνοεί τον εμπλουτισμό των υδάτων σε ρύπους λόγω της περιορισμένης αραίωσης των ανθρωπογενών εισροών, αλλά και διαφόρων πολύπλοκων γεωχημικών μηχανισμών και αλληλεπιδράσεων μεταξύ υδάτων και ιζημάτων. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η συστηματική παρακολούθηση της περιοχής και η θέσπιση μέτρων προστασίας.

#### Βιβλιογραφία

- Coutagne A. (1949). *Etude générale des variations de débits en fonction des facteurs qui les conditionnent*. La Houille blanches 2, Paris.
- Gaki-Papanastasiou K., Cundy B. and Maroukian H. (2011). *Fluvial versus Tectonic Controls on the Late Holocene Geomorphic and Sedimentary Evolution of a Small Mediterranean Fan Delta System*. The Journal of Geology, 119, 221-234.
- Jansen, J.M.L and R.B. Painter. (1974). *Predicting sediment yield from climate and topography*. Journal of Hydrology, 21, 371-380.
- Koutsogiannis D., Tarla K. (1987). *Estimation of sediment yield in Greece*. Technical Chronicals, 7, 127-154

- Larned S., Datry T., Arscott D. & Tockner K. (2010). *Emerging concepts in temporary-river ecology*. *Freshwater Biology*, 55(4), 717–738.
- Mather, J.R.(1978). *The climatic water balance in environmental analysis*. Lexington, Mass., D.C. Heath and Company, 239 p.
- McCabe, G.J. and Markstrom S.L. (2007). *A monthly water-balance model driven by a graphical user interface*. U.S. Geological Survey Open-File report 2007-1088, 6 p.
- Poulos S.E. & G.T. Chronis. (1997). *The importance of the river systems in the evolution of the Greek coastline*, In: Transformations and evolution of the Mediterranean coastline, *Bulletin de l' Institut Oceanographique*, Monaco, pp 75-96.
- Probst J.L. (1992). *Geochimie et hydrologie de l'érosion continentale. Mécanismes, bilan global actuel et fluctuations au cours des 500 derniers millions d'années*. *Sci. Géol. Mé.m.*, Strasbourg, 94, 161 p.
- Renfro G.W. (1972). *Use of erosion equations and sediment delivery ratios for predicting sediment yield*, *Proceedings USDA Sedim. Labor*. Oxford, Mass. USA, pp. 33-45.
- Skoulikidis N. (1996). *Greek river inputs to the Mediterranean and the mechanisms controlling them*. International Scientific Conference, 8th Annual Meeting of the Provence-Aepes-Cote D'Azur environmental Protection Agency, 9&10 October 1996, Nice
- Tzoraki O., and Nikolaidis N. P. (2007). *A generalized framework for modeling the hydrologic and biogeochemical response of a Mediterranean temporary river basin*. *Journal of Hydrology*, 346, 112-121
- UNESCO (1985). *Recent developments in Erosion and Sediment Yield Studies*. UNESCO Technical Documents in Hydrology, Paris.
- van Meijgaard, E., van Uft, L.H., van de Berg, W.J., Bosveld, F.C., van den Hurk, B.J.J.M., Lenderink, G., Siebesma, A.P. (2008). *The KNMI regional atmospheric climate model RACMO version 2.1*. KNMI technical report, TR-302, KNMI, De Bilt
- Δούνας Α. (1971). *Η γεωλογία της μεταξύ των Μεγάρων και Ερυθρών περιοχής*. ΙΓΜΕ, Αθήνα
- Δούνας Α., Καλλέργης Γ., Μόρφης Α., Παγούνης Μ.(1978). *Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης μέσου ρου του ποταμού Ασωπού*. Εκδόσεις ΙΓΜΕ, Αθήνα
- Θέος Δ. Ν. (2008). *Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης του Ασωπού ποταμού*. Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- Θεριανός Α.Δ. (1974). *Η διαίτα και η γεωγραφική κατανομή των απορροών του Ελληνικού χώρου*. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, XI, 28-58
- Καραπάνος Σ. Η. (2005). *Υδρογεωλογικές συνθήκες των Καρστικών Υδροφόρων Οριζόντων του Ν. Αχαΐας*. Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Γεωφυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Κουτσογιάννης Δ. & Ξανθόπουλος Θ. (1999). *Τεχνική Υδρολογία*. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδάτινων Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα
- Μαρουκιάν Χ., Λεοντάρης (1988). *Προβληματικές για τον άνθρωπο ακτές νοτίου Ευβοϊκού κόλπου, περιοχή Φάρος Αυλίδος- Σκάλας Ωρωπού*. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, XX, 383-398

- Μπότσου Φ., Πούλος Σ.Ε., Δασενάκης Μ., Σκούλλος Μ. (2008). *Εκτίμηση της επιφανειακής απορροής του Βοιωτικού Ασωπού στον Ν. Ευβοϊκό Κόλπο*. 8<sup>ο</sup> Διεθνές Υδρογεωλογικό Συνέδριο, Αθήνα, σ. 641-650
- Παπαϊωάννου Μ., Σπανός Ι., Λοϊζίδου Μ., Mather J. (1999). *Μελέτη της ποιότητας του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή Οινοφύτων Βοιωτίας*. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Πυθαγόρειο Σάμου Τόμος Β' σ. 355-359
- Παπανικολάου Δ. (1986). *Γεωλογία της Ελλάδας*. Εκδόσεις Επτάλοφος ABEE
- Στουρνάρας Γ., Νάστος Π., Γιόζας Γ., Ευελπίδου Ν., Βασιλάκης Εμμ., Παρτσινεβέλου Σ.Α., Ηλιόπουλος Β. (2011). *Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στα Επιφανειακά και Υπόγεια Υδατικά Σώματα του Ελλαδικού Χώρου*. Τράπεζα της Ελλάδας, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα, σ. 29-36 & 52-72.
- Τζιμόπουλος Χ., Πλιάτσικα Δ. (2005). *Έρευνα της διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης Κορώνειας*. Heleco, ΤΕΕ, Αθήνα 3-6 Φεβρουαρίου
- Φραγκόπουλος Ι., Αλεξιάδου Μ., Παναγόπουλος Α. (1992). *Οριστική Υδρογεωλογική Μελέτη Επαρχίας Θηβών*. Υπ. Γεωργίας, Δ/ση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Αξιοποίησης Εδαφοϋδατικών Πόρων, Τμήμα Υδρογεωλογίας, Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, σ. 236-250
- Ψιλοβίκος Α., Χαχαμίδου Ε. (1987). *Συμβολή στην έρευνα των Ολοκαινικών Ελληνικών Δέλτα*. 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Αθήνα, σ. 456-463
- Ψωμιάδης Ε. (2010). *Έρευνα γεωμορφολογικών και περιβαλλοντικών μεταβολών στην υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού με χρήση νέων τεχνολογιών*. Γενικό Τμήμα, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.